

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

MANEJO DO SOLO COM LODO DE ESGOTO EM BANANEIRA IRRIGADA

RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia / Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP
Janeiro-2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

MANEJO DO SOLO COM LODO DE ESGOTO EM BANANEIRA IRRIGADA

RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia / Área de Concentração em Irrigação e Drenagem

BOTUCATU - SP

Janeiro– 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA

LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Barbosa, Rodrigo Domingues, 1975-
B238m Manejo do solo com lodo de esgoto em bananeira irrigada / Rodrigo Domingues Barbosa. - Botucatu : [s.n.], 2008. xvii, 84 f.: il. color., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Hélio Grassi Filho
Inclui bibliografia.

1. Banana. 2. Irrigação. 3. Lodo de esgoto. 4. Manejo do solo. I. Grassi Filho, Hélio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: **MANEJO DE SOLO COM LODO DE ESGOTO EM BANANEIRA IRRIGADA.**

ALUNO: RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

ORIENTADOR: PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO

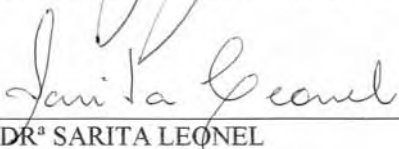
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD



PROF.ª DR.ª SARITA LEONEL



PROF. DR. JOSÉ EDUARDO CRESTE



PROF.ª DR.ª IVANA FÚRIO BATISTA

Data da Realização: 23 de janeiro de 2008.

“A impossibilidade de hoje torna-se realidade amanhã quando os esforços humanos são alimentados pelo entusiasmo e pela paixão”.

(kazu Inamori)

Aos meus pais, *José Barbosa e Maria*, por dedicarem parte de suas vidas na minha formação pessoal e profissional.....

.....Eu dedico.

Aos meus irmãos, *Daniela e Haroldo*, pela amizade sincera e pelo carinho e companheirismo nos momentos difíceis.

Ao meu companheiro, *Júlio César*, pelo apoio, dedicação, cumplicidade, compreensão e, principalmente pela amizade em todas as etapas para a preparação desta tese.

.....Eu ofereço.

Agradecimento Especial

Ao meu orientador *Prof. Dr. Hélio Grassi Filho* pela incansável dedicação, orientação e sugestão na elaboração deste trabalho e prontidão em atender as minhas solicitações durante meus estudos e pela amizade adquirida durante estes anos de convivência.

Minha admiração e gratidão.

“A profunda alegria do coração deve ser sempre como uma bússola a guiar o seu caminho na vida. Você deve segui-la sempre, mesmo que entre por trilhas repletas de dificuldades”.

(Madre Tereza de Calcutá)

AGRADECIMENTOS

Ao *Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo* da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP - campus de Botucatu, pelo apoio e facilidades oferecidas.

Ao *Departamento de Engenharia Rural* da Faculdade de Ciências Agronômicas- UNESP- campus de Botucatu, por conceder-me a oportunidade de realizar o programa de Pós-graduação em Agronomia.

Ao curso de *Pós Graduação em Irrigação e Drenagem* da Unesp de Botucatu, pela oportunidade, em especial ao prof. Dr. João Carlos Cury Saad..

Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao grande amigo *Pedro Alves* pelo apoio, ajuda e pelas palavras de incentivo em todas as etapas.

A *Raquel Fantin Domeniconi* por todo apoio, colaboração, carinho, força, amor e amizade durante as etapas para a preparação desta tese.

Aos *Srs. Jair Viera, Dorival Mariano da Conceição e Noel Batista* pelo auxílio durante a condução do experimento.

Aos *Srs Adenir Pires e José Carlos de Pieri* pelo auxílio nas análises físicas e químicas do experimento.

A todos os amigos do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciência do Solo: *Adilson, José Carlos, Garcia, Nei, Roberto, Fátima, Edinho, Sônia e Isaura.*

Aos acadêmicos do Curso de Agronomia: *Guilherme Pompermayer, Hugo Alexandre Coelho, Beatriz Nastaro, Gianfranco Boscatti, Bianca Frizzarin e Fernanda Groth* pelo auxílio na condução do ensaio.

Aos colegas de profissão: *Fábio Bechelli Tonin, Cassiano Mobr Ricci, Guilherme Castilho da Eira, Marcelo Leonardo, José Guilherme Lança Roidrigues, Jairo da Costa Fernandes Gláucia Moreira, Luciana Manuel Luiz Vitor Sanches e Leonardo Pretto de Azevedo*, que de alguma forma ajudaram para a conclusão deste ensaio.

A todos *os funcionários* do departamento de Engenharia Rural da faculdade de Ciências Agronômicas- UNESP- campus de Botucatu, que de alguma forma me auxiliaram de alguma forma na elaboração desta tese.

Ao amigo *Gustavo Tuma Balasteghin* pelo apoio em todos estes anos.

A todos *os funcionários* do departamento de Produção Vegetal - Horticultura da faculdade de Ciências Agronômicas- UNESP- Campus de Botucatu, que me auxiliaram no trabalho de campo e na parte de pós-colheita dos frutos.

Aos *Professores Doutores Sarita Leonel, Alexandre Costa Crusciol, João Carlos Cury Saad e Sérgio Campos* pelo incentivo e ensinamentos durante a realização do curso.

A todos *os funcionários da biblioteca* e da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu, pela colaboração e compreensão, durante a realização do curso.

A todos que de alguma forma contribuíram e tornaram possível a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	XV
SUMMARY	XVI
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 Lodo de esgoto (LE)	03
2.1.1 Aspectos gerais do lodo de esgoto.....	03
2.1.2 . Composição do lodo de esgoto.....	04
2.1.3 Normas e classificação para utilização de lodo de esgoto na agricultura.....	06
2.1.4 Matéria orgânica no solo	07
2.1.5 Reflexo da utilização agrícola do lodo de esgoto	08
2.1.6 Limitações do uso do lodo de esgoto	11
2.2 Nitrogênio na agricultura.....	12
2.3 Banana	13
2.3.1 Importância da bananicultura	13
2.3.2 Morfologia.....	14
2.3.3 Importância da irrigação para a bananeira.....	15
2.3.4 Importância da nutrição para a bananicultura.....	16
2.3.5 Qualidade de pós-colheita dos fruto	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Localização da área experimental.....	20
3.2 Clima	20
3.3 Caracterização do solo.....	21
3.4 Descrição dos cultivares	21
3.5 Instalação e condução da cultura no campo	22
3.6 Análise química do solo	23
3.7 Análise química e aplicação do lodo de esgoto ao solo	24
3.8 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos	26
3.9 Irrigação: sistema e manejo	27

3.10 Parâmetros a serem avaliados.....	30
3.10.1 Parâmetros biométricos	30
3.10.2 Análise química do tecido vegetal.....	30
3.10.3 Análise química do solo após a implantação da cultura.....	31
3.10.4 Qualidade de pós-colheita dos frutos.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Produtividade.....	33
4.2 Qualidade de pós-colheita dos frutos.....	39
4.3 Análise química do solo	43
4.3.1 pH	45
4.3.2 Matéria orgânica	46
4.3.3 Fósforo.....	47
4.3.4 Potássio, cálcio e magnésio... ..	49
4.3.5 SB, CTC e V%.....	50
4.3.6 Micronutrientes.....	51
4.4 Análise química foliar	54
4.5 Parâmetros biométricos... ..	59
5 CONCLUSÕES.....	62
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios de alguns parâmetros químicos de interesse agrônômico, calculados a partir dos resultados de análises químicas de lodo de esgoto utilizados em experimentos no Estado de São Paulo.....	05
Tabela 2. Concentrações máximas (mg kg^{-1} base seca) permissíveis de metais pesados em lodo de esgoto para uso agroflorestal	06
Tabela 3. Classes de lodo de esgoto ou produtos derivados – agentes patogênicos.....	07
Tabela 4. Análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm e 20-40cm.	21
Tabela 5. Análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0-20cm para o segundo ciclo.	24
Tabela 6. Análise química do material orgânico (LE) utilizado no experimento.....	24
Tabela 7. Época e porcentagem de composto aplicado nas plantas de bananeira	25
Tabela 8. Número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da 2ª penca, peso total, comprimento e diâmetro de frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo	35
Tabela 9. Número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da 2ª penca, peso total, comprimento e diâmetro de frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo	36
Tabela 10. Produtividade (t ha^{-1}) de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto	36
Tabela 11. Textura, Sólidos Solúveis Totais, Acidez e pH de frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo	40
Tabela 12 Textura, Sólidos Solúveis Totais, Acidez e pH de frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.	41
Tabela 13. Teores médios de macronutrientes e valores médios de pH, M.O., SB, CTC e V% de solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.	44

Tabela 14. Teores médios de macronutrientes e valores médios de pH, M.O., SB, CTC e V% de solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.....	44
Tabela 15. Teores médios de micronutrientes em solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.	52
Tabela 16. Teores médios de micronutrientes em solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto 2º ciclo.	52
Tabela 17. Teores médios de macronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.	55
Tabela 18. Teores médios de macronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.....	55
Tabela 19. Teores médios de micronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.....	57
Tabela 20 Teores médios de micronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.	57
Tabela 21: Valores médios de altura e diâmetro de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.	59
Tabela 22: Valores médios de altura e diâmetro de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação do número de pencas por cacho de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	37
Figura 2: Comparação do número de frutos por penca de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	37
Figura 3: Comparação do peso da 2ª penca de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	38
Figura 4: Comparação do peso total dos cachos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.....	38
Figura 5: Comparação do diâmetro dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.....	39
Figura 6: Comparação do comprimento dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	39
Figura 7: Comparação dos valores de textura dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	42
Figura 8: Comparação dos valores de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	42
Figura 9: Comparação dos valores de acidez dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	42
Figura 10: Comparação dos valores de pH dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.....	43
Figura 11: Comparação dos valores de altura de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	60
Figura 12: Comparação dos valores de diâmetro do pseudocaule de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.	61

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Área Experimental de bananeira Nanicao cv. 'IAC 2001'.	22
Foto 2: Adubação convencional.	26
Foto 3: Foto 3- Adubação com lodo de esgoto.	26
Foto 4: Tratamento 6, maior quantidade de lodo.....	27
Foto 5: Tratamento 3, menor quantidade de lodo.....	27
Foto 6: Tanque Classe A utilizado no experimento	28
Foto 7: Microaspersor utilizado.....	29
Foto 8: Área experimental com tensiômetros.....	29
Foto 9: Texturômetro utilizado no experimento.....	32
Foto 10: Início do enchimento do cacho	34
Foto 11: Cacho próximo da colheita	34

RESUMO

Com o intuito de avaliar os efeitos de diferentes doses de lodo de esgoto no crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos da bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ (*Musa AAA*) e nas características químicas do solo em regime irrigado, foi desenvolvido o presente trabalho na Faculdade de Ciências Agrônômicas / UNESP / Botucatu – SP. O lodo de esgoto foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade de Jundiaí, apresentava 3,15% de nitrogênio e 60% de umidade em sua constituição, cujos dados foram utilizados para o cálculo de doses de composto aplicadas ao solo, de acordo com os respectivos tratamentos. O plantio foi realizado no mês de março de 2005, adotando-se o espaçamento de 3,0m entre linhas e 2,5m entre plantas. O delineamento experimental implantado foi o de blocos casualizados, constituído por 3 blocos, 6 tratamentos e 6 repetições, variando os tratamentos de 1 a 6, substituindo em 0, 25, 50, 75, 100 e 125% a adubação nitrogenada química por lodo de esgoto respectivamente, de acordo com o teor deste elemento presente no resíduo, perfazendo um total de 108 plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e comparados pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%. Os efeitos da substituição química pela orgânica no solo foram avaliados por meio de análises químicas de macro e micronutrientes presentes ao mesmo. Os efeitos dos tratamentos no desenvolvimento e produtividade das plantas foram avaliados através dos teores de nutrientes presentes nas folhas, diâmetro médio do pseudocaule, altura média de inserção da inflorescência, número de cachos por planta, massa média do cacho e número médio de frutos por planta. A pós-colheita dos frutos foi avaliada através de análises de textura, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais. A aplicação de lodo de esgoto como fonte de N-orgânico em substituição ao N-mineral não teve influência nas características avaliadas de produtividade e qualidade de frutos de bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ no primeiro e segundo ciclo produtivos. A produtividade média encontrada no experimento foi de 29,6 t ha⁻¹ para o primeiro e de 40,0 t ha⁻¹ para o segundo ciclo. A adubação orgânica promoveu incrementos na matéria orgânica e nos teores de Zn no solo, porém não refletindo nos teores foliares.

GROUND HANDLING WITH SEWAGE SLUDGE IN IRRIGATED BANANA TREE

Botucatu, 2008. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RODRIGO DOMINGUES BARBOSA

Adviser: HÉLIO GRASSI FILHO

SUMMARY

Aiming to evaluate the effects of different dosages of sewage sludge on growth, development, production and quality of banana ‘Nanicão IAC 2001’ fruits (*Musa AAA*) and soil chemical characteristics on irrigated regime, the present work was developed at the School of Agronomy, UNESP, Botucatu – SP. Sewage sludge utilized in this experiment was originated from a Sewer Treatment Station (ETE) located in Jundiaí, composed of 3.15% nitrogen and 60% humidity, data utilized in the calculation of compound dosage applied on the soil, according to each treatment. Planting was conducted in March 2005, adopting a space of 3.0m between lines and 2.5m between plants. The experimental delineation implanted was randomly distributed in blocks, constituted by 3 blocks, 6 treatments and 6 repetitions, with treatments varying from 1 to 6, replacing nitrogen fertilization on 0, 25, 50, 75, 100 and 125% for sewage sludge, in accordance to the level of this element in the residue, totalizing 108 plants.

Data were submitted to variance analysis (ANAVA) and compared by Tukey’s test on a 5% level of significance. The effects resulted by the replacement of chemical to organic soil fertilization were evaluated through the analysis of the presence of macro and micronutrients in the soil. Treatment effects on plants development and production were estimated through level of nutrients on the leaves, pseudostem average diameter, average height of inflorescence insertion, number of bunches per plant, average mass per bunch and average number of fruits per plant. Fruit quality was determined by texture, ph, total titratable acidity and total soluble solids.

Sewage sludge application as an organic N-resource replacing mineral-N did not alter the evaluated fruit production characteristics and quality in the first and second banana

Nanicão IAC 2001' production cycle. Average production on the experiment was 26.24 t ha⁻¹ in the first and 40.0 t ha⁻¹ in the second production cycle. Organic fertilization increased organic matter, Zn content in the soil, not altering foliar concentration.

Keywords: banana, organic fertilization, irrigation, sewage sludge

1 INTRODUÇÃO

A bananeira é uma planta herbácea, tipicamente tropical pertencente à classe das Monocotiledôneas, família *Musaceae*, tendo como centro de origem o continente Asiático. É uma cultura exigente em nutrientes, não só por produzir grande massa vegetativa, mas também por apresentar elevadas quantidades de elementos absorvidos pela planta e exportados pelos frutos.

Em busca de novas alternativas para a substituição da adubação mineral para o suprimento de nutrientes para as diversas culturas, o lodo de esgoto vem sendo utilizado por possuir elevado teor de matéria orgânica, macro e micronutrientes, permitindo a comparação a um biofertilizante em potencial, capaz de proporcionar outros efeitos benéficos ao solo que não são obtidos quando utilizado apenas adubos químicos, como aumento da matéria orgânica e melhoria nas condições físicas do solo como porosidade, aeração, capacidade de retenção de água, entre outras. O lodo de esgoto é rico também em microorganismos e nutrientes tais como nitrogênio e fósforo, essenciais para o desenvolvimento das plantas e obtenção de boa produtividade.

Na fase inicial do desenvolvimento da cultura da banana o suprimento com matéria orgânica é uma prática que traz muitos benefícios, pois estimula o desenvolvimento de raízes, além de fornecer o nitrogênio, que nesta fase é de fundamental importância ao crescimento da planta.

Estudos têm demonstrado que é possível atingir valores acima de 60 t.ha⁻¹ para o cultivar cv. 'Nanicão IAC 2001'; desta forma, adequar técnicas de cultivo às novas necessidades pode aumentar a produtividade, diminuir perdas em todo o processo produtivo e de comercialização e, principalmente, melhorar a qualidade final do produto com conseqüente estímulo ao consumo são objetivos a serem conquistados pela bananicultura, pois embora considerada como fruta de preferência popular e como a mais importante fruta tropical, o consumo em algumas regiões é muito baixo, mesmo considerando seu alto valor nutritivo, como alimento energético e como fonte de vitaminas (A e C) e minerais (Fe e K).

A bananeira é uma planta com elevado e constante consumo de água, assim, ocorrendo deficiência hídrica, principalmente na fase de diferenciação floral e início da frutificação poderá acarretar grande perda na produtividade. Para o bom desenvolvimento exige temperaturas altas, elevada umidade e boa distribuição de chuvas. Com isso, a irrigação é uma prática agrícola de fornecimento de água para as culturas, onde e quando as dotações pluviométricas ou qualquer outra forma natural de abastecimento não seja suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura.

Sendo assim, o presente trabalho teve por finalidade avaliar o crescimento, estado nutricional, produtividade, bem como a qualidade dos frutos de bananeiras 'Nanicão IAC 2001', manejadas com irrigação e aplicação de lodo de esgoto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lodo de esgoto (LE)

2.1.1 Aspectos gerais do lodo de esgoto

A geração de resíduos está relacionada com as atividades humanas, bem como com seu crescimento populacional, sendo a geração de resíduos proporcionada pelo lodo de esgoto uma das mais prejudiciais ao ambiente. Na maioria das cidades brasileiras, o esgoto produzido é lançado diretamente nos cursos d'água. Para reduzir a poluição dos rios há necessidade de se realizar o tratamento, gerando o lodo de esgoto (LE), resíduo produzido pelo sistema de tratamento de águas residuárias (SANTOS, 2001).

A produção desses resíduos tende a aumentar em função do crescimento populacional, industrial e pelo aumento da conscientização em relação à necessidade de despoluição ambiental. A sua destinação final inadequada pode ocasionar sérios problemas

de poluição ao meio ambiente, pois podem causar a disseminação de doenças e a contaminação do lençol freático e das águas superficiais por metais pesados, nitrato e fosfato (TSUTIYA et al., 2002).

Segundo Oliveira (2000), dentre as alternativas para destinação final do lodo de esgoto pode ser citada: a disposição em oceanos, aterro misto com lixo urbano, incineração, produção de agregado leve para a construção civil e a utilização e ou disposição em solos agrícolas.

Para a utilização em solos agrícolas, os estudos revelam uma grande aptidão, quer como condicionante das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pelo seu conteúdo em matéria orgânica, quer como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas. Regiões agrícolas próximas aos grandes centros urbanos são caracterizadas pelo uso intensivo dos recursos naturais, principalmente do solo. Com a adoção de políticas públicas que incentivam a reciclagem de lixos e o tratamento de esgoto, são geradas quantidades apreciáveis de matéria orgânica de origem urbana, disponível aos agricultores. (MOBRICCI, 2006).

O lodo de esgoto contém níveis de matéria orgânica, macro e micronutrientes fundamentais para a fertilidade do solo, além disso, contem teores variáveis de água, microorganismos e metais pesados. No lodo são encontrados elementos como nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), entre outros, em teores variáveis nesses resíduos, dependendo da origem do processo de produção, quantidades essas, às vezes, suficientes para atender as necessidades das plantas.

2.1.2 Composição do lodo de esgoto

Segundo Melo & Marques (2000), a composição do lodo de esgoto varia de acordo com o processo utilizado na estação de tratamento de esgoto, em função do local de origem da área; se tipicamente residencial ou industrial e da época do ano, mas em média pode-se observar que 99,9% do esgoto doméstico é constituído de água e os 0,1% restante apresenta em média 70 % de sólidos orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras, etc.) e 30 % sólidos inorgânicos (areia, sais, metais, etc.) (FERNANDES et al, 2000).

A qualidade do lodo de esgoto está intimamente ligada ao nível sócio-econômico de uma nação, pois é resultante dos hábitos culturais, saneamento, saúde e estágio de desenvolvimento industrial de um país (PIGOZZO, 2003).

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios de alguns parâmetros químicos calculados a partir de lodos de esgoto obtidos no Estado de São Paulo.

Tabela 1. Valores médios de alguns parâmetros químicos de interesse agrônômico, calculados a partir dos resultados de análises químicas de lodos de esgoto utilizados em experimentos no Estado de São Paulo (base seca).

<i>Parâmetro</i>	<i>Unidade</i>	<i>Média ±Desvio Padrão</i>
pH	-----	9,1±2,3
C-Orgânico	g kg ⁻¹	189±70
N-total	g kg ⁻¹	21,5±7,0
C/N	-----	9±3
P-total	g kg ⁻¹	10,8±6,1
K-total	g kg ⁻¹	1,4±0,5
Ca-total	g kg ⁻¹	102,8±75,5
Mg-total	g kg ⁻¹	4,0±2,3
S-total	g kg ⁻¹	10,1±4,4

Fonte: Barreto (1995), Bertoncini (1997), Andrade (1999), Oliveira (2000), Santos et al. (2002), Romeiro (2007)

Analisando a Tabela 1 pode-se verificar que, em média, o C é o elemento presente em maior concentração nos lodos de esgoto, e de acordo com Boyd et al. (1980), este material pode apresentar teor de matéria orgânica entre 18 e 50%, evidenciando a participação expressiva do componente orgânico. Outro elemento de importância na constituição do Lodo de esgoto é o N, que se apresenta em quantidades elevadas, sendo um dos parâmetros utilizados para cálculo da quantidade máxima de lodo a ser aplicada ao solo, em virtude de alguns problemas de ordem ambiental (lixiviação de nitrato). Já o K é encontrado em quantidades muito reduzidas neste material, sendo em geral, necessária sua complementação com fontes químicas para atender a demanda das culturas referente a este elemento.

2.1.3 Normas e classificação para utilização do lodo de esgoto na agricultura

Devido a riscos de contaminação do agroecossistema pela aplicação e manejo incorreto desse resíduo fez-se necessária a criação de uma legislação específica que controle a forma e a qualidade deste lodo a ser aplicado na agricultura.

Com isso, em 29 de agosto de 2006, entrou em vigor a mais recente legislação brasileira que regulamenta a utilização de LE na agricultura, a Resolução nº 375 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, datada de 2006 (CONAMA, 2007), limitando as quantidades máximas de substâncias inorgânicas e orgânicas presentes no lodo de esgoto. A Tabela 2 apresenta os valores máximos de substâncias inorgânicas adotados pelo Brasil, União Européia (U.E.) e Canadá.

Tabela 2. Concentrações máximas (mg kg^{-1} base seca) permissíveis de metais pesados em lodo de esgoto para uso agroflorestal.

Área	As	Cd	Ba	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
SP	41	39	1300	1000	1500	17	50	420	300	100	2800
Canadá	75	20	-	-	-	5	20	180	500	14	1850
U.E.	-	40	-	-	1000-1750	16-25	-	300-400	750-1200	-	2500-4000

Fonte: CONAMA (2007)

Os principais aspectos relacionados ao ambiente e abordados na resolução são: a declividade da área a ser tratada, distância mínima de nascentes de água e leitos de rios, teores totais de alguns metais pesados no solo e espécie vegetal de interesse. Quanto ao LE, aspectos relacionados à degradação da fração orgânica do resíduo, taxa de mineralização do nitrogênio, teores totais de metais pesados e conteúdo de organismos patogênicos estão presentes nos textos normativos.

Straus (2000) afirma que, de acordo com os processos e parâmetros do tratamento do lodo, o conseqüente lodo de esgoto poderá ser caracterizado nas classes A ou B, conforme pode ser observado na Tabela 3. No entanto, a comercialização do lodo de esgoto para uso agrícola só é permitida quando o material se encontra na primeira classe.

Tabela 3. Classes de lodo de esgoto ou produtos derivados – agentes patogênicos.

<i>Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado</i>	<i>Concentração de patógenos</i>
A	Coliformes termotolerantes $<10^3$ NMP g ST ⁻¹ Ovos viáveis de helmintos $<0,25$ ovo g ST ⁻¹ <i>Salmonella</i> ausência em 10g ST ⁻¹ Vírus $< 0,25$ UFP ou UFF g ST ⁻¹
B	Coliformes termotolerantes $<10^6$ NMP g ST ⁻¹ Ovos viáveis de helmintos <10 ovos g ST ⁻¹

Fonte: CONAMA (2007)

ST: sólidos totais

NMP: número mais provável

UFF: Unidade formadora de foco

UFP: Unidade formadora de placa

2.1.4 Matéria orgânica no solo

A matéria orgânica do solo não é apenas uma fonte de nutrientes. Talvez, mais importante sejam as notáveis propriedades de natureza coloidal que apresentam uma estrutura orgânica complexa aliada a uma fina subdivisão de partículas. Através de suas longas cadeias orgânicas, a matéria orgânica funciona como condicionador de solo, agregando partículas minerais e conferindo ao solo condições favoráveis de porosidade e friabilidade. Além disso, aumenta a retenção de água em solos e é responsável, em grande parte, pela capacidade de troca de cátions em solos (RAIJ, 1991).

Embora represente geralmente menos que 5% dos componentes sólidos, a matéria orgânica é responsável por cerca de 30 a 65% da capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos minerais e mais de 50% da de solos arenosos e orgânicos. Portanto, desde que utilizada de forma equilibrada e balanceada, observando-se o conteúdo de nutrientes e o seu preço final, a matéria orgânica pode substituir a adubação química (FERNANDES et al., 2000).

No lodo de esgoto, a matéria orgânica pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração de água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão (TSUTIYA, 2001; CARVALHO, 2001; MELO et al. 2001).

Do ponto de vista biológico, a matéria orgânica é importante por manter o solo em constante dinamismo, pois atua como fonte de energia, carbono e nutrientes para os

organismos que participam do ciclo biológico. Estes efeitos sobre os microorganismos do solo podem ser medidos a partir da biomassa e atividades microbianas, parâmetros que representam uma interação entre os efeitos sobre as condições biológicas do solo (CATTELAN & VIDOR, 1990).

2.1.5 Reflexo da utilização agrícola do lodo de esgoto

A destinação de grande parte do lodo de esgoto tratado e higienizado para aplicação em agrossistemas, visando à reciclagem dos nutrientes e a manutenção da fertilidade do solo já é praticada na França (58 %), Itália (33 %), Suíça (45 %) e Noruega (58 %) (MONTEIRO, 2005).

No Brasil, o uso não é muito difundido, em razão do pequeno número de cidades que possuem estações de tratamento de esgoto-ETE (SILVÉRIO, 2004).

No caso do lodo de esgoto, a aplicação deste resíduo em terras agrícolas tem-se tornado cada vez mais atraente, pelos baixos custos e impactos ambientais relacionados com os demais métodos de disposição, pela presença de nutrientes e matéria orgânica no lodo e pela necessidade de redução nos custos na agricultura (GALDOS et al., 2004).

A Companhia de Saneamento de Jundiaí-CSJ (CSJ, 2004) afirma que além da vantagem de economia para os agricultores, que substituem os fertilizantes químicos pelo uso do lodo de esgoto, existe a vantagem adicional do pouco impacto ambiental causado por este material e o fato de que, se for bem orientado, pode ser sustentável por tempo indeterminado.

Frank (1998), afirmou que o emprego de lodo de esgoto como fertilizante reduziria 60% do consumo de fertilizantes fosfatados atualmente utilizados, indo ao encontro da afirmação de Tsutiya (2000) que na grande São Paulo a produção diária de lodo de esgoto atinge algo em torno de 2,4 toneladas de fósforo.

Berton et al. (1989) em estudos de casa de vegetação, com aplicação de lodo de esgoto em doses equivalentes a 0,40 e 80 t ha⁻¹ (base seca), em cinco solos paulistas, constataram aumentos na produção de matéria seca e absorção de N, P, Ca, Mg e Zn por plantas de milho, em função das doses.

De acordo com Almeida et al. (2005), o incremento da biomassa aérea e radicular de espécies arbóreas aumentou perante doses crescentes de lodo de esgoto aplicadas no plantio.

Spadotto & Ribeiro (2006) afirmam que a utilização de lodo de esgoto em solos agrícolas tem como principal benefício a incorporação de macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e dos micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio). Segundo os mesmos autores, o lodo de esgoto interfere nas propriedades físicas de maneira semelhante à matéria orgânica, aumentando a retenção da umidade em solos arenosos e melhorando a permeabilidade e infiltração em solos argilosos, mantendo por determinado tempo, uma boa estrutura e estabilidade dos agregados na superfície. Estudos conduzidos por Galassi et al. (2006) mostraram a eficiência do lodo no fornecimento dos macronutrientes à cultura da banana e no incremento dos níveis de matéria orgânica do solo.

Segundo Malta (2001), o lodo de esgoto melhora o nível de fertilidade, elevando o pH, diminuindo o teor de alumínio trocável, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a capacidade de fornecer nutrientes para as plantas; e ainda, por conter em sua constituição teores elevados de matéria orgânica e de outros nutrientes, promovem o crescimento de organismos do solo, os quais são de fundamental importância para a ciclagem dos elementos.

O potencial agrônômico do lodo de esgoto está fundamentado basicamente nos elevados teores de carbono orgânico presentes na sua composição. Aumentar o teor de C-orgânico de um solo pode significar melhorias nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Além disso, esse resíduo apresenta quantidades apreciáveis de nutrientes, com destaque para nitrogênio e fósforo (GOBBI, 2003).

De acordo com Kocsis & Maria (2004), os solos que receberam a adição de lodo de esgoto apresentaram maior umidade, podendo chegar a 40%, enquanto que os solos sem adição de lodo não ultrapassam 30%, comprovando a melhora da retenção de umidade no solo.

O lodo de esgoto pode ser utilizado para recuperar áreas degradadas, cujos solos sofrem profundas alterações físicas e/ou químicas e conseqüentemente, apresentam condições impróprias ao desenvolvimento da vegetação. Normalmente nessas áreas aplica-

se uma única vez quantidades relativamente elevadas de lodo de esgoto chegando a atingir até uma dosagem de 495 t ha^{-1} (SHIROTA & ROCHA, 1997).

A adubação orgânica com bio sólidos aumenta os teores de Ca, Mg. Estes dados foram também confirmados nos trabalhos de Marques (1996); Silva et al. (1998); Fiest et al. (1999); Simonete et al. (1999); Fortes & Cardoso. (1999); Galli et al. (1999); Corrêa (2001); Tsutiya (2001); Melfi & Montes (2001) e Melo et al. (2001). O aumento no teor de Ca pela aplicação de lodo de esgoto ao solo pode ser muito elevado no caso de se fazer o uso de cal no processo de desinfecção.

O lodo de esgoto não tem sido boa fonte de K, devido a este nutriente ser facilmente solubilizado em água, encontrando-se em baixos teores. Silva et al. (1998) encontraram diminuição no teor de K com o aumento da doses de lodo de esgoto.

Aumentando os valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ também aumentará a soma de bases. O aumento da saturação por bases e de capacidade de troca de cátions do solo através da aplicação de lodo de esgoto, melhorando as características químicas do solo, foram verificados nos trabalhos de Melo et al. (1993); Bertoncini & Mattiazzo (1999); Galli et al. (1999); Simonete et al. (1999); Fiest et al. (1999); Carmo et al. (2000) e Corrêa (2001).

Como fornecedores de nutrientes às plantas, o lodo de esgoto tem sido eficiente principalmente para fósforo (BETTIOL & CARVALHO, 1982 a, b; BOARETTO et al. 1982; VILLAS BOAS et al. 1984; BERTON et al. 1989; MARQUES et al. 1993; SIMONETE et al. 1999; CORRÊA, 2001 e MELFI & MONTES 2001). Silva et al. (1998) mostraram que o lodo de esgoto apresenta menor custo de P_2O_5 e N em relação a fontes tradicionais (ST e uréia).

No entanto, é preciso cuidado porque o uso exclusivo de lodo de esgoto como fertilizante poderá causar deficiências nutricionais para as culturas devido ao desequilíbrio no teor de nutrientes oferecidos (SOUZA, 2004). De acordo com essa afirmação é necessária a utilização de adubos minerais como complemento nutricional para não acarretar em deficiência para as plantas.

2.1.6 Limitações do uso do lodo de esgoto

Diversos trabalhos demonstraram que a aplicação do lodo de esgoto promove o aumento da concentração de metais no solo, entretanto, o comportamento desses elementos ainda gera muitas dúvidas no que diz respeito à absorção desses metais pesados pelas plantas e a possibilidade desses elementos alcançarem concentrações fitotóxicas nos solos ou nas plantas (SIMONETE & KIEHL, 2002).

Apesar de ser fonte de material orgânico e de nutrientes, o lodo de esgoto pode apresentar como limitação a contaminação do solo com metais pesados. A agravante reside no fato de que a planta retira do solo elementos não essenciais, como os metais Al, Ag, Cd, Cr, Hg, Pb, que exercem efeitos negativos sobre o crescimento das plantas e sobre os processos bioquímicos que ocorrem no solo, pois na presença desses elementos a decomposição do material orgânico adicionado ao solo, a mineralização do nitrogênio e a nitrificação podem ser inibidos (TSUTIYA, 2001).

Em geral, esses elementos formam complexos com a matéria orgânica, diminuindo sua mobilidade no solo. No entanto, com a formação de complexos de baixo peso molecular pode ocorrer movimentação em profundidade (MELO, 2002).

O balanço entre a adição e a extração dos metais pesados nos solos indica que as concentrações desses elementos tendem a aumentar de acordo com as atividades industriais e agrícolas, sendo a completa remoção desses contaminantes praticamente impossível (MELO, 2002).

Outra limitação importante é a presença de microorganismos (vírus, bactérias, fungos, protozoários e helmintos) patogênicos aos seres humanos, porém esta é uma condição passível de ser reduzida com tratamento adequado do material. Soccol & Paulino (2000) discutiram amplamente os riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso de lodo de esgoto.

É importante ressaltar a falta de aceitação pública da utilização do lodo tanto por parte dos produtores quanto por parte dos consumidores finais dos produtos cultivados com esse resíduo, o que pode ser um grande problema para a viabilidade da atividade. O lodo que sai das estações de tratamento normalmente apresenta aspecto visual e odor desagradável. Além disso, o repúdio existente à utilização de dejetos humanos como

fertilizantes pode prejudicar a aceitação e a comercialização de produtos que tenham sido cultivados utilizando lodo de esgoto (SOUTO, 2007).

A teoria conhecida como bomba relógio, considera que a capacidade de adsorção de um metal no solo tende a aumentar com a adição de lodo de esgotos, devido ao acréscimo de matéria orgânica. Assim, os metais pesados disponíveis no solo aumentariam, colocando em risco o ambiente e a possibilidade de penetrar na cadeia alimentar. Porém, esses incrementos na capacidade de adsorção diminuiriam aos níveis iniciais devido à decomposição de matéria orgânica e interrupção do depósito de lodo de esgotos (MARQUES et al., 2001).

Ainda que haja alguns riscos, é possível reconhecer diversos benefícios originários da aplicação do lodo de esgoto, tais como, redução de custos e melhor emprego de energia alternativa na atividade de adubação, conservação do ambiente e das características físicas e químicas do solo.

2.2 Nitrogênio na agricultura

O lodo de esgoto por conter predominantemente N orgânico deve ser mineralizado para ser aproveitado pela planta. O processo de mineralização envolve a passagem do N – orgânico para o inorgânico, e isso é feito por uma série de organismos quimiorganotróficos presentes no solo (VICTÓRIA et al, 1992).

O manejo da adubação nitrogenada deve fornecer ao mesmo tempo uma adequada disponibilidade de nitrogênio no solo e absorção pela cultura, evitando assim, perdas por lixiviação de NO_3^- . A aplicação de quantidades criteriosas definidas do resíduo (CETESB, 1999) e o parcelamento na aplicação, levando em consideração a marcha de absorção de nitrogênio da cultura contribuem para o uso eficiente como fonte de N e torna-se ambientalmente seguro (MENGEL & KIRKBY, 1987; MARTENS, 2001).

O nitrogênio aplicado via lodo de esgoto é um dos mais importantes, conforme relatado por Glória (1992); Melo et al. (1994); Vieira (2000); Simonete et al. (1999); Galli et al. (1999) e Corrêa (2001). A formação de amônia ocorre paulatinamente à medida que o material orgânico vai sendo mineralizado (ANDRADE, 1999), sem que haja quantidade excessiva de nitrato no solo (VIEIRA, 2000).

A aplicação de resíduos em solos agrícolas pode alterar de forma significativa a dinâmica do nitrogênio (N) no sistema (ANDRADE & MATTIAZZO, 2000; OLIVEIRA, 2000; FONSECA, 2001; SIMONETE et al, 2003 e SHI et al, 2004), principalmente quando se pretende fornecer esse nutriente via lodo de esgoto.

O N contido no lodo de esgoto poderá restringir a taxa de aplicação mais do que teores de metais pesados, devido à mineralização de sua carga orgânica e subsequente à lixiviação de nitrato (OLIVEIRA, 2000), quando em doses acima de $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ou equivalente em N, acima de $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A maioria dos nutrientes do lodo está na forma orgânica, como foi destacado por Sabey (1980) e Munhoz (2001), apenas cerca de 30 a 50 % do N total esteja na forma prontamente aproveitável pelas plantas no primeiro ano.

Os lodos de esgoto são, de uma maneira geral, fertilizantes nitrogenados de liberação lenta. Além do N, os lodos de esgotos contêm P e micronutrientes essenciais, como Fe e Zn. Normalmente a concentração de K no lodo de esgoto é baixa para suprir as necessidades das culturas agrícolas. Quando aplicado em taxas agronômicas, os lodos de esgotos podem reduzir em muito o custo de produção, pela menor utilização de fertilizantes minerais solúveis. No Colorado (EUA), a constante aplicação de $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de lodo de esgoto a cada dois anos resulta uma produção de trigo comparável com uma aplicação de $55\text{-}65 \text{ kg N ha}^{-1}$, na forma de fertilizante nitrogenado comercial. Na região metropolitana de São Paulo, estima-se uma produção de aproximadamente 500 t de lodo de esgoto seco por dia. Considerando-se uma média de 3% de N orgânico e uma taxa de mineralização de 20% ao ano, somente os lodos de esgotos da região metropolitana de São Paulo poderiam suprir 3 t de N por dia (LAMBAIS & SOUZA, 1999).

2.3 Banana

2.3.1 Importância da bananicultura

A bananicultura é cultivada na maioria dos países tropicais, sendo o Brasil o segundo maior produtor com 6,6 milhões de toneladas produzidas em uma área de aproximadamente 495,4 mil ha. (AGRIANUAL, 2007).

A produção da fruta se distribui por praticamente todo o território nacional e ocupa em alguns estados elevada importância social e econômica, caracterizada por empregar intensa mão de obra familiar e é geralmente cultivada por pequenos agricultores (SOUZA & FILHO, 1999).

O estado de São Paulo é, na atualidade, o maior produtor de bananas, com uma produção anual estimada em 1,2 milhões de toneladas. Bahia e Santa Catarina, que em 2005 produziram 971 mil toneladas e 668 mil toneladas, respectivamente, são o segundo e terceiro maiores produtores da fruta no País (AGRIANUAL, 2007). Entretanto ainda é caracterizada por uma cultura de baixa produtividade e baixo nível tecnológico, o que acaba por dificultar a penetração do produto no mercado internacional, voltando toda sua produção para o mercado interno, estando o consumo *per capita* em torno de 20 Kg hab⁻¹ ano⁻¹ (CORDEIRO, 2000).

2.3.2 Morfologia

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas da classe das *Monocotyledoneae*, ordem *Zingiberales*, família *Musaceae*, da qual fazem parte as subfamílias *Heliconioideae*, *Strelitzoideae* e *Musaceae*. Esta última inclui cultivares partenocárpicas (SOUZA, 2005). A bananeira Nanica pertence ao grupo AAA, apresentando baixa estatura, os cachos pesam entre 25 a 45 Kg e seus frutos são delgados, longos e encurtados (SILVA et al,1999).

É uma planta monocotiledônea, herbácea e perene, apresentando um caule subterrâneo (rizoma), de onde saem um sistema radicular fasciculado, podendo atingir horizontalmente até 5 m. No entanto, distribuindo-se em sua maior parte nas camadas superficiais do solo, atingindo principalmente os 30 cm superficiais (SILVA et al 1999).

O rizoma é a parte onde as demais estruturas da planta se apóiam compostas pelo córtex que é a mais externa e o cilindro central, bastante fibroso e envolvido pelo córtex, o qual é mais carnoso (MOREIRA, 1987).

O pseudocaulé, resultante da união das bainhas foliares, termina com uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida. Uma planta pode emitir de 30 a 70 folhas, com o aparecimento de uma nova folha a cada 7 a 11 dias. Do centro da copa

emerge a inflorescência com brácteas ovaladas de coloração normalmente roxo-avermelhada, em cujas axilas nascem as flores (DANTAS et al., 1999). Cada grupo de flores reunidas forma uma penca (mão), que varia de 7 a 15 pencas, dependendo do cultivar, com um número variável de frutos (dedos), originados por partenocarpia. Os frutos inicialmente são verdes, tornando-se amarelos com a maturação (DANTAS et al., 1999).

Segundo Siqueira (1984), o diâmetro do pseudocaule é provavelmente o parâmetro mais importante para se correlacionar positivamente com as características de produção.

2.3.3 Importância da irrigação para a bananicultura

Atualmente, com aumento contínuo da população mundial, o desenvolvimento da agricultura, a intensidade dos cultivos, a escassez de água e mão-de-obra em algumas regiões, se requer maior eficiência e controle nas aplicações de água. Desta forma, a água deverá ser usada de maneira eficiente na produção de alimentos. Portanto, o suprimento de água é, literalmente, um dos principais fatores que influenciam no crescimento e no rendimento das plantas.

No ano compreendido entre o segundo semestre de 2003 e o primeiro semestre de 2004, a agricultura irrigada respondeu por 44% do total dos alimentos produzidos no mundo. Nesse período a utilização mundial de água distribui-se da seguinte maneira: 70% para a agricultura, 20% para a produção industrial e apenas 10% para abastecimento urbano domiciliar (AGRIANUAL, 2007).

A técnica de irrigação visa, sobretudo, proporcionar as plantas, no momento oportuno à quantidade de água necessária para seu ótimo crescimento e desenvolvimento e assim, evitar a diminuição dos rendimentos provocada pela sua falta durante as etapas de desenvolvimento sensíveis à escassez.

A cultura da bananeira é muito sensível ao déficit hídrico, sendo necessária a adequada distribuição de umidade nos pomares durante todo o ciclo para que a planta possa expressar seu potencial produtivo (POSSIDEO, 1984). Possui em sua constituição acima de 90% de água em sua parte vegetativa e cerca de 75% nos seus frutos sendo assim uma espécie extremamente exigente em água.

No que se diz respeito à cultura da bananeira, não há restrição à maioria dos métodos de irrigação. Sua escolha dependerá das condições locais de cultivo, como, por exemplo, o tipo de solo e o seu relevo, o custo de implantação, quantidade e qualidade de água e da mão de obra disponível. No entanto, a irrigação localizada, em especial, o gotejamento e a microaspersão são bastante utilizados em regiões onde a água é fator limitante proporcionando praticar uma agricultura irrigada intensiva, com produtos de alto valor econômico. Segundo Bernardo (1995), são sistemas caracterizados por maior eficiência de irrigação, pois permitem maior controle da lamina d'água aplicada, menor perda por evaporação, percolação, escoamento superficial e maior eficiência no uso da adubação.

As irrigações por gotejamento ou microaspersão estão se tornando cada vez mais populares em áreas com escassez de água. Portanto, para utilizar um destes sistemas na cultura da bananeira, recomenda-se uma linha de gotejadores ou microaspersores para cada fileira de plantas (OLIVEIRA, 1999).

Pesquisas têm mostrado que em cultivos irrigados por superfície a bananeira cultivar Nanicão chegou a produzir 100 t ha^{-1} (BARRETO et al, 1983). Outros estudos avaliando o efeito da irrigação em países produtores, levando-se em conta a evapotranspiração e a umidade do solo, mostraram que a utilização da irrigação na cultura da banana proporcionou um aumento na produtividade gerando a ganhos de 100% (MOREIRA, 1987).

2.3.4 Importância da nutrição para a bananicultura

A nutrição do bananal é um dos aspectos mais importantes do cultivo, pois sua produção está diretamente relacionada com a fertilidade do solo. De modo geral, os problemas nutricionais ocorrem em razão do desconhecimento das necessidades da bananeira pelos produtores e sendo assim, as adubações preventivas não são realizadas. Aliado a esses aspectos é comum a ocorrência do desbalanço, principalmente entre os nutrientes cálcio, potássio, magnésio e micronutrientes. Existem casos do plantio em solos com difícil manejo, com altos teores de cálcio, magnésio e pH muito elevados. Solos

inadequados ao plantio da banana com drenagem deficiente ou com altos teores de sódio dificultam o manejo nutricional (CORDEIRO & MOREIRA, 2006).

Esta cultura demanda grandes quantidades de nutrientes para manter um bom desenvolvimento e obtenção de altos rendimentos, pois produz grande massa vegetativa, absorvendo e exportando elevadas quantidades de nutrientes. Potássio (K) e nitrogênio (N) são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção da bananeira. Por isso uma adubação bem realizada é um dos fatores que mais influenciam a produção, bem como sua qualidade e resistência às doenças (CARVALHO et al., 1986).

Brasil et al. (2000) relata que a aplicação de 100 Kg de N e 240 Kg de K₂O planta⁻¹ ano⁻¹ atingiu melhores resultados em relação à altura de plantas, número de pencas, número de frutos por penca e conseqüentemente o aumento do peso do cacho. Em um outro experimento com banana Terra conduzido no litoral Sul da Bahia, Borges & Silva (2002) relataram que com a aplicação de 267 Kg ha ano⁻¹ de N fornecido pelo esterco de curral também aumentou o número de frutos por cacho e o comprimento médio dos frutos.

Segundo Romeiro (2007), a avaliação da disponibilidade de nutrientes pelos fertilizantes minerais e orgânicos é de fundamental importância para recomendação de um sistema mais sustentável que o praticado atualmente, visto que a inserção de M.O. no sistema produtivo da bananeira otimiza produções subseqüentes, resultam na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo.

2.3.5 Qualidade de pós-colheita dos frutos

A banana é uma das principais frutas exportadas, mas está longe de liderar as exportações para os países mais desenvolvidos, que possuem os mercados mais exigentes do mundo. O produto nacional é desqualificado para os mercados europeus e norte-americanos, pois não atende às exigências dos mesmos, principalmente em relação às qualidades organolépticas da fruta (MATTHIESEN & BOTEON, 2004).

Mesmo o Brasil se destacando como o segundo maior produtor de bananas, a questão limitante para a exportação, além do alto consumo interno é a falta de controle de qualidade gerando perdas. Estudos desenvolvidos por Souza et al. (1995) relataram que até chegar às mãos do consumidor, as perdas giram em torno de 30%, sendo mais de 5% na

lavroua, 2% no processo de embalagem, de 6% a 10% no segmento atacadista, de 10% a 15% no varejo e de 5% a 8% no consumidor.

Chitarra & Chitarra (2005) relataram que as perdas variam de 40 a 70% dependendo da variedade e da região onde são produzidas e das condições de transporte e armazenamento.

A colheita é uma operação básica de extrema relevância na qualidade e conservação pós-colheita dos frutos, por isso na determinação do ponto de colheita deve-se levar em consideração o destino que se dará à fruta, a fim de se obter maior qualidade e durabilidade. (MEDIANA, 1978)

Chitarra & Chitarra (1984) afirmaram que existem métodos subjetivos e objetivos que podem definir o ponto de colheita da banana; o subjetivo é realizado através de observações, tais como dias a partir da emergência da inflorescência, consistência de polpa e mudanças ou desaparecimento da angulosidade dos frutos; o objetivo é feito pela análise da relação polpa/casca e pelo calibrador que mede o diâmetro dos frutos localizados na porção mediana da segunda penca.

A falta de cuidados durante a fase de colheita até a maturação da fruta pode comprometer todo o trabalho de formação do bananal e a sua produção, pois as frutas podem obter uma cotação muito baixa no mercado, insuficiente para cobrir as despesas da colheita e do transporte para o local de sua comercialização. É necessário, portanto, que se dispensem os devidos cuidados durante o tratamento de pós-colheita da fruta (BLEINROTH, 1984).

Essas alterações caracterizam-se pelo amadurecimento do fruto de banana e consequentemente pela mudança de cor e sabor do fruto, em virtude do aumento no teor de sólidos solúveis devido a hidrólise do amido e da propectina (SALES, 2002). Tais valores, segundo pesquisas de Pinto (1978), Carvalho (1984) e Chitarra & Chitarra (1984) variaram de 0,92% a 22,36%.

Muitas transformações ocorrem durante o amadurecimento da banana, principalmente no amido, açúcares, acidez, pH, sólidos solúveis totais e taninos (LAL et al., 1974).

Em banana verde, o ácido oxálico, predomina sobre os ácidos málico e cítrico, porém este ácido diminui com o amadurecimento, dando lugar ao ácido málico como o

mais importante (BLEINROTH, 1995) e há diminuição dos compostos fenólicos, e conseqüentemente a redução na adstringência. O amadurecimento duplica, em alguns casos triplica a acidez do fruto (TURNER, 2001); além da liberação de substâncias voláteis, os fatores responsáveis pelo aroma e sabor, que são características fundamentais para aceitação da fruta (SOTO BALLESTERO, 1992).

A firmeza da banana deve ser medida, uma vez que é um atributo de qualidade de grande importância para o consumidor (CARVALHO, 1984). O amaciamento da polpa está intimamente relacionado com a degradação de polissacarídeos pécnicos e hemicelulose, bem como o amido (KOJIMA et al., 1994; PANTASTICO, 1975)

A acidez sofre contínuas alterações, além da transformação de pectinas insolúveis em solúveis, resultando em modificações na textura e firmeza do fruto. Ocorrem também, reduções de substâncias como taninos e compostos fenólicos, que conferem à banana gosto de adstringente (ROCHA, 1984).

O sabor dos frutos está relacionado aos teores de ácidos orgânicos da polpa, os quais são classificados como acidez titulável (PALMER, 1971), Juntamente com os açúcares, os ácidos orgânicos são utilizados como substratos para o fornecimento de carbono e para a produção de energia nas diferentes fases do ciclo vital dos produtos vegetais (VILAS BOAS, 1999).

A coloração da casca é importante fator na determinação da qualidade da banana a ser comercializada (PALMER, 1971; RYALL & PENTZER, 1974). Durante o amadurecimento a mais flagrante modificação é o amarelecimento da casca. A clorofila que confere a coloração verde à casca da banana no estágio pré-climatérico, é rapidamente degradada, dando lugar aos carotenóides, pigmentos amarelos que caracterizam a banana madura (VILAS BOAS et al., 2001).

A textura, segundo Torregiani (1993) está associada com a plasticidade e efeito de incorporação de água sobre a matriz pécnica e celulósica dos tecidos dos frutos, o qual é dependente do teor de sólidos insolúveis e conteúdo de água, além dos sólidos solúveis e atividade de água.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O presente trabalho foi instalado no Departamento de Produção Vegetal - Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/ Campus Botucatu, situada no Estado de São Paulo, encontra-se a aproximadamente 786m de altitude, com as coordenadas geográficas 22°52'55'' de latitude Sul e 48°26'22'' a oeste de Greenwich.

3.2 Clima

O município de Botucatu-SP apresenta clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Köppen), e a temperatura média mais quente superior a 22°C (CUNHA et al., 1999).

3.3 Caracterização do solo

O solo da área experimental foi classificado como Terra Roxa estruturada – unidade lageado, álica, textura argilosa e latossólica, segundo classificação realizada por Carvalho et al (1983), atualmente denominado de NITOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 1999).

As principais características químicas do solo foram analisadas pelo Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Recursos Naturais - Ciência do Solo, pertencente à UNESP/Botucatu, segundo metodologia descrita por Raij et al. (2001) e encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Análise química do solo da área experimental nas camadas de 0-20cm e 20-40cm.

Camadas	pH	MO	P	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					
20	5,4	26	15	1,5	35	16	52	81	64
40	5,2	23	8	1,3	30	15	47	81	59

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo.(DCS-FCA).

3.4 Descrição dos cultivares

A bananeira Nanicão cv. 'IAC 2001' é conhecida também como 'Banana d'Água', 'Caturra', 'Casca Verde', 'Baé' e 'Inglesa'. É um cultivar instável geneticamente (grupo genômico AAA) e por isso, muito sensíveis às mutações, originaram-se de uma única variedade denominada Lacatan (TRINDADE, 1997). Apresenta tolerância ao Mal-de-Sigatoka e por isso é uma variedade bastante promissora, visto que esta doença está presente em praticamente todas as áreas onde se cultiva banana e acarreta em grandes custos para os bananicultores no seu controle. As plantas são normalmente vigorosas, pseudocaule verde claro com manchas escuras, pecíolos de base aberta, frutos delgados, longos e de cor amarela esverdeada ao amadurecer. A polpa apresenta cor branca cremosa a amarela pálida e é muito doce quando madura. Os frutos são consumidos como fruta fresca, ou utilizados na produção de bananadas, purê, banana passa, pó de banana para exportação, flocos, etc (TRINDADE, 1997).



Foto 1- Área Experimental de bananeira Nanicão cv. 'IAC 2001'.

3.5 Instalação e condução da cultura no campo

O solo onde se instalou o experimento foi preparado 45 dias antes do plantio das bananeiras, recebendo as operações de aração, gradagem, aração e gradagem, de acordo com os dados apresentados pela análise do solo (Tabela 4), não se verificou necessidade de realizar calagem para elevar a saturação de bases a 60%, bem como elevar o teor de magnésio acima de $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, de acordo com recomendação para a cultura (RAIJ et al., 1997)

As covas foram abertas com auxílio de broca acoplada ao trator, nas dimensões de 60 cm de diâmetro x 60 cm de profundidade, as quais foram preparadas com 20 litros de lodo de esgoto e 66g de superfosfato simples (18% de P_2O_5). As mudas de bananeiras Nanicão cv. 'IAC 2001' foram obtidas através do processo de micropropagação, compradas de uma empresa particular situada na cidade de Artur Nogueira especializada em propagação *in vitro* e colocadas em estufa do Departamento de Produção Vegetal – Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/ Campus Botucatu, para adaptação às condições climáticas locais antes de ir ao campo.

O plantio foi realizado no dia 10 de março de 2005, adotando-se o espaçamento de 3,0 m entre linhas e 2,5 m entre plantas, visando mecanizar os tratos culturais, principalmente o controle de plantas invasoras, o que proporcionou uma área de 7,5 m² planta⁻¹ e representou 1333 plantas ha⁻¹. Foi utilizada durante o experimento uma área de 810 m², sendo 108 plantas no total. Segundo a análise de solo inicial, as quantidades requeridas de N, P₂O₅ e K₂O foram respectivamente de 430, 110 e 450 Kg ha⁻¹, sendo parceladas em março, abril e maio de 2005, apenas variando as doses de N nos tratamentos em função do teor do nutriente no material (lodo de esgoto) utilizado. Durante os anos de 2005 e 2006, todos os tratos culturais foram realizados à medida que se faziam necessários, como controle de ervas invasoras, desbrota, desfolha, adubação, controle de pragas e doenças, irrigação, escoramento, eliminação do coração, colheita e corte do pseudocaule, de acordo com as recomendações para a cultura.

3.6 Análise química do solo

No ano de 2006, entre o primeiro e segundo ciclo da cultura foram retiradas as amostras de solo para análise química, aplicação das adubações de produção parceladas em três vezes.

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo – UNESP/Botucatu, sendo determinados os teores de macro e micronutrientes disponíveis (potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, zinco, manganês e ferro), além de características químicas como pH, teor de matéria orgânica (M.O.), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). As amostras foram secas em estufa e analisadas conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001). Os dados da análise do solo para a adubação do experimento encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm para o segundo ciclo.

Trat.	pH	MO	P	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³					
1	4,3	26,5	21,6	2,3	17,8	6,2	26	92	28	0,62	6,0	48,0	19,6	1,8
2	4,6	31,1	45,0	2,4	32,7	8,0	43	99	43	0,62	6,3	54,3	17,8	7,2
3	4,2	30,9	26,9	1,9	20,0	3,1	25	104	24	0,80	7,5	74,7	22,6	30,0
4	4,4	32,6	84,9	2,1	32,7	5,4	40	116	34	0,95	9,9	92,0	26,7	24,1
5	4,6	34,4	75,9	2,0	31,5	4,7	38	101	38	0,83	9,7	99,0	26,8	36,0
6	4,2	35,0	43,2	2,1	25,1	4,7	33	123	27	0,92	11,0	91,0	27,4	38,9

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo(DCS-FCA).

De posse dos resultados e de acordo com a recomendação de adubação para a cultura da bananeira (RAIJ et al., 1997) foram calculadas as doses de N, P e K necessários para uma produção esperada de 50-60 t ha⁻¹. Assim, as quantidades requeridas pela cultura de N, P e K foram de 430, 60 e 450 kg ha⁻¹, respectivamente, parceladas em 3 aplicações e de acordo com os respectivos tratamentos, realizadas nos meses de setembro, outubro e novembro de 2006. Para todos os tratamentos, as quantidades de P₂O₅ e K₂O (superfosfato triplo e cloreto de potássio) adicionadas foram iguais, visto que todos estavam no mesmo nível de exigência nutricional, segundo Raij et al, (1997). A aplicação de LE foi calculada apenas considerando-se a quantidade de N presente no composto, substituindo em 0, 25, 50, 75, 100 e 125% a dose de N químico recomendado deste elemento presente no lodo de esgoto respectivamente.

3.7 Análise química e aplicação do lodo de esgoto ao solo

O lodo de esgoto utilizado no experimento tem origem na ETE da cidade de Jundiaí, e apresenta composição química conforme dispõe a Tabela 6

Tabela 6. Análise química do lodo de esgoto (LE) utilizado no experimento.

pH	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Porcentagem na matéria seca											mg kg ⁻¹ matéria seca			
4,7	8/1	3,15	2,2	0,18	46	25,56	1,18	0,21	1,72	1080	378	31300	520	1070

Fonte: Laboratório de análises de fertilizantes e corretivos (DCS – FCA).

A análise química destes materiais segue metodologia de LANARV (1988). A taxa de mineralização do N presente no LE adotada foi de 30%, de acordo com as normas

estabelecidas pelo CONAMA (2007) para disposição deste resíduo no solo e, a dose de lodo aplicado foi calculada considerando o teor de N presente no material e seus respectivos tratamentos. A umidade (Um) do material foi determinada pelo método padrão da estufa, onde foram coletas amostras da pilha do composto, pesa-se o material úmido (PU), leva-o a estufa até peso constante e a seguir obtém-se o peso seco (PS). A partir da equação abaixo, define-se a umidade do material.

$$Um (\%) = \frac{(PU-PS)}{PS} \times 100$$

A umidade calculada do lodo utilizado no experimento foi de 60%, utilizada para o cálculo da quantidade de material a ser aplicado ao solo. O LE foi aplicado ao redor das plantas, após a aplicação dos fertilizantes químicos nos tratamentos que os utilizavam, para diminuir as perdas, principalmente pela volatilização do N presente na uréia.

Para o cálculo da adubação tomou-se como referência a produtividade esperada de 50-60 t ha⁻¹ (RAIJ et al., 1997) e a análise de solo da área (Tabela 5), sendo determinada a aplicação das quantidades apresentadas no item 3.8. A época e porcentagem de aplicação foram realizadas conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7. Época e porcentagem de composto aplicado nas plantas de bananeira.

Época de aplicação	% aplicada
Setembro/ 2006	30%
Outubro/ 2006	40%
Novembro / 2006	30%



Foto 2- Adubação convencional.



Foto 3- Adubação com lodo de esgoto.

3.8 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O experimento seguiu o delineamento estatístico em blocos casualizados com 6 repetições, em esquema fatorial 3x6x6, sendo 3 blocos, 6 tratamentos e 6 repetições, perfazendo um total de 108 plantas. Os tratamentos variaram de 1 a 6, substituindo em 0, 25, 50, 75, 100 e 125% a dose de Nitrogênio químico recomendado para a cultura pelo equivalente deste elemento presente no lodo de esgoto, respectivamente.

Os tratamentos e as quantidades de Nitrogênio no primeiro e segundo ano de cultivo foram caracterizados desta forma:

- T1- 100% do N recomendado fornecido por uréia, no cultivar IAC 2001, sendo 980 kg de uréia por ha⁻¹.
- T2- 75% do N recomendado fornecido por uréia (735 kg por ha⁻¹) e 25% por LE (10,75 t ha⁻¹) no cultivar IAC 2001
- T3- 50% do N recomendado fornecido por uréia (490 kg por ha⁻¹) e 50% por LE (21,50 t ha⁻¹) no cultivar IAC 2001.
- T4- 25% do N recomendado fornecido por uréia (245 kg por ha⁻¹) e 75% por LE (32,25 t ha⁻¹) no cultivar IAC 2001.
- T5- 100% do N recomendado fornecido por LE (43 t ha⁻¹) no cultivar IAC 2001.
- T6- 125% do N recomendado fornecido por LE (53,75 t ha⁻¹) no cultivar IAC 2001.



Foto 4- Tratamento 6, maior quantidade de lodo.



Foto 5- Tratamento 3, menor quantidade de lodo.

3.9 Irrigação: Sistema e Manejo

O sistema de irrigação por microaspersão autocompensante utilizado no experimento apresentava vazão de 28 L h^{-1} por aspersor, cobrindo um raio de molhamento de 1,25m. Assim, considerando-se o espaçamento de 2,5m entre plantas, utilizou-se 1 microaspersor por planta para satisfazer as necessidades hídricas da cultura, apresentando coeficiente de uniformidade de distribuição de água de 95%, segundo metodologia proposta por Keller e Karmelli (1975) para o seu cálculo.

O suprimento de água para o projeto foi obtido de umas fontes naturais, situadas dentro do campus da UNESP, onde o seu bombeamento até um reservatório com capacidade de 150 m^3 , situada em cota superior ao experimento, permitia o funcionamento do sistema por gravidade.

Durante o experimento, a irrigação se processava de maneira a repor a quantidade de água utilizada pelas plantas devido à evapotranspiração da cultura, calculada com base na evaporação do Tanque Classe A. Assim, mediu-se a quantidade de água evapotranspirada pela cultura, calculando a lâmina a ser aplicada de acordo com a seguinte equação:

$$L_{ap} = \frac{E \times K_p \times K_c}{E_f}$$

L_{ap} : lâmina a ser aplicada

E: evaporação obtida pelo Tanque Classe A

K_p : coeficiente do tanque

K_c : coeficiente da cultura

E_f : eficiência do sistema



Foto 6- Tanque Classe A utilizado no experimento.

O tempo de irrigação foi obtido pela razão entre a lâmina a ser aplicada e a intensidade de aplicação do microaspersor. Como a vazão do emissor era de 28 L h^{-1} e a área de molhamento igual a $4,91 \text{ m}^2$, a intensidade de aplicação fornecida é de $5,7 \text{ mm h}^{-1}$.



Foto 7- Microaspersor utilizado.

Para definir o momento de irrigar foram utilizadas baterias de tensiômetros, nas profundidades de 20 e 40 cm, o que ocorria quando a coluna de mercúrio atingia 22,8 cm de Hg. A lâmina aplicada era o somatório dos valores diários da evapotranspiração da banana desde a última irrigação, descontada a eventual precipitação pluviométrica ocorrida no período.



Foto 8- Área experimental com tensiômetros.

Exemplo de lâmina de água aplicada durante o experimento:

- Condição inicial do tanque: 96,25 mm - dia 30/07/07
- Condição final do tanque: 70,56 mm - dia 03/08/07
- Evaporação de: 25,69 mm
- Vazão do microaspersor: 0,028 m³ h⁻¹
- Área molhada: 4,91m²

$$\text{Intensidade de aplicação} = \frac{0,028 \cdot 1000}{4,91} = 5,7 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Lâmina Aplicada} = \frac{25,69 \times 1,1 \times 1,0}{0,9} = 31,4 \text{ mm}$$

$$\text{Tempo de irrigação} = \frac{31,4}{5,7} = 5,5 \text{ horas ou } 5 \text{ horas e } 30 \text{ minutos}$$

3.10 Parâmetros a serem avaliados

3.10.1 Parâmetros biométricos

A cada três meses, a partir do quarto mês após o plantio, foram avaliados parâmetros biométricos como altura de plantas, utilizando uma régua previamente marcada, os diâmetros médios do pseudocaule, utilizando paquímetro, e no período de frutificação foram avaliados o número de frutos por cacho e peso dos cachos.

3.10.2 Análise química do tecido vegetal

A cada ano, as plantas foram amostradas, onde foi coletada a terceira folha, a contar do ápice, com a inflorescência no estágio de todas as pencas femininas descobertas

(sem brácteas) e apresentando até três pencas masculinas. A coleta era realizada coletando-se 10-25 cm da parte interna mediana do limbo, eliminando-se a nervura central (TRINDADE, 1997).

Depois de coletadas, as amostras foram acondicionadas em saco de papel comum e encaminhadas para análise, onde eram secas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura variando entre 65 – 70°C até peso constante, sendo as folhas moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/Campus de Botucatu, para as determinações analíticas dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

3.10.3 Análise química do solo após a implantação da cultura

Anualmente foram retiradas amostras de solo das parcelas, onde três amostras simples eram homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas para posteriormente ser retirada 1 amostra composta, para determinação dos parâmetros M.O., V%, CTC, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Estas análises químicas foram executadas pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/Campus de Botucatu, segundo metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983). Destaca-se que, as análises químicas para determinação de boro foram realizadas em extrato de água quente e o cobre, manganês e zinco em extrato de DTPA a pH 7,3.

3.10.4 Qualidade pós-colheita dos frutos

As análises de qualidade de frutos foram realizadas apenas no dia da colheita, objetivado comparar a influência dos tratamentos de campo na qualidade de frutos, uma vez que apenas no momento da colheita os frutos apresentavam-se nas mesmas condições de maturação (frutos da 2ª penca).

Foi determinado o pH onde após a homogeneização da polpa o extrato aquoso obtido foi utilizado para a determinação em potenciômetro, conforme técnicas

desenvolvidas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Além do pH, foi determinada Acidez total titulável (ATT) onde utilizou-se NaOH a 0,1 N para a titulação, Sólidos solúveis totais (SST), que para determinação triturou-se o material e homogeneizou-se e conseqüentemente foram realizadas as leituras pelo refratômetro digital e os resultados expressos em porcentagem, conforme Associação of Official Analytical Chemistry (A.O.A.C, 1992). Para a textura, foi utilizado o texturômetro, com uma ponta de prova A9/1000, realizando-se medições transversalmente à região da polpa com a casca. Os resultados foram expressos em gramas-força (gf).



Foto 9- Texturômetro utilizado no experimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade

Nas Tabelas 8-10, são apresentados os resultados de produtividade (número de pencas por cacho, número de frutas por penca, peso da segunda penca, peso total), de diâmetro e comprimento do fruto da bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ respectivamente coletados no primeiro e segundo ano de cultivo.



Foto 10- Início do enchimento do cacho.



Foto 11- Cachos próximos da colheita.

Para o primeiro ciclo da cultura, apenas o número de frutos por penca apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, onde o tratamento com 25% de adubação orgânica e 75% de adubação mineral apresentou os melhores resultados (Tabela 8). Os demais parâmetros analisados tiveram uma pequena diferenciação, mas não diferiram estatisticamente. Pode-se relatar que este tratamento obteve uma produção de 32,68 t ha⁻¹ (Tabela 10).

Sunday (2006), em contra partida do que foi visualizado neste trabalho, observou em um experimento de banana cultivar Agbagba maior produtividade no tratamento com apenas fertilização orgânica (48,08 t ha⁻¹), quando comparado aos tratamentos que receberam adubação orgânica e inorgânica (25,85 t ha⁻¹), ou que receberam adubação inorgânica (33,46 t ha⁻¹), e ainda à testemunha que não recebeu fertilização (12,42 t ha⁻¹).

Em um experimento com adubação orgânica e irrigação com bananeiras ‘Nanicão IAC2001’, Marcílio et al (2006), relataram valores parecidos para o peso total (17,81kg) e para o número de pencas por cacho (8,84) para o primeiro ciclo da cultura.

Tabela 8: Número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da 2ª penca, peso total, comprimento e diâmetro de frutos de bananeira 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		Nº pencas /cacho	Nºfrutos /penca [#]	Peso 2ª Penca (kg)	Peso Total (kg)	Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)						
100	0	8,1	14,1 a b	2,8	18,7	16,5	38,7
75	25	8,8	14,8 a	2,6	20,4	17,0	37,0
50	50	8,3	13,9 a b	2,5	17,9	16,4	38,3
25	75	8,3	14,1 a b	2,5	20,1	16,9	37,0
0	100	8,2	13,5 a b	2,4	17,0	16,4	37,6
0	125	7,8	13,0 b	2,4	17,0	16,5	38,3
Média		8,2	13,9	2,5	18,5	16,6	37,8
Fc		1,56 ^{NS}	4,67*	0,27 ^{NS}	1,47 ^{NS}	0,37 ^{NS}	0,47 ^{NS}
CV (%)		5,78	3,57	20,92	11,49	4,27	4,77

[#] letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Damatto Júnior (2005), em um experimento com bananeiras com cultivar 'Prata Anã' com irrigação, variando doses de um composto orgânico em substituição a adubação mineral obteve média de produtividade de 26,24t ha⁻¹, sendo esta superior ao do país, que foi de 12,17t ha⁻¹ no ano de 2003(FAO, 2004). Os benefícios da irrigação podem ser visualizados em Coelho et al. (2006), onde relatou médias de produção de 42 t ha⁻¹ em bananeiras cultivar 'Grand Naine', sob diferentes níveis de irrigação.

Com relação ao segundo ciclo, os resultados da análise de variância para nº de penca/cacho, nº de frutos/penca, peso da segunda penca (kg), peso total (kg), comprimento (cm) e diâmetro (mm), não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade.

Sousa et al. (2004), também não verificaram diferenças significativas para os parâmetros de massa média dos frutos, massa média dos cachos e produtividade em um experimento testando doses crescentes de nitrogênio via fertirrigação em bananeiras cultivar 'Grand Naine' em um ano de cultivo.

Em contrapartida com os resultados obtidos, Borges & Silva (2002) que verificaram em bananeira cultivar 'Terra' melhores resultados com adubação orgânica em substituição à adubação com nitrogênio mineral para número de frutos por cacho, comprimento dos frutos e peso do cacho.

Tabela 9: Número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da 2ª penca, peso total, comprimento e diâmetro de frutos de bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ irrigada, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		Nº pencas /cacho	Nº frutos /penca	Peso 2ª Penca (kg)	Peso Total (kg)	Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)						
100	0	10,8	16,7	2,6	23,2	16,7	34,4
75	25	11,2	16,9	3,0	24,5	17,3	34,9
50	50	10,4	16,4	3,0	24,4	17,2	36,3
25	75	10,8	17,0	3,3	25,3	17,7	35,7
0	100	11,1	16,8	3,3	28,4	17,6	37,6
0	125	10,2	15,5	2,8	24,1	17,4	38,0
Média		10,8	16,6	3,0	25,0	17,3	36,1
Fc		0,74 ^{NS}	1,42 ^{NS}	1,44 ^{NS}	1,14 ^{NS}	2,51 ^{NS}	1,37 ^{NS}
CV (%)		7,35	5,06	13,54	11,84	2,28	5,97

Os resultados de diâmetro e comprimento (Tabela 8 e 9) encontrados neste experimento estão de acordo com Jesus et al. (2004) que em um experimento de análise química e física do cultivar Nanicão observaram uma média para o diâmetro de 37,7 mm e de 14,8 cm para o comprimento.

Tabela 10: Produtividade ($t\ ha^{-1}$) de bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ irrigada, no manejo do solo com lodo de esgoto.

Tratamento		Produtividade ($t\ ha^{-1}$)	
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	1º ciclo	2º ciclo
100	0	24,94	30,95
75	25	27,21	32,68
50	50	23,88	32,55
25	75	26,81	33,75
0	100	22,68	37,89
0	125	22,68	32,15
Média		24,70	33,33

Em contrapartida, Moreira et al. (2006) observou uma média de 42,17 mm para o diâmetro e um comprimento de 19,30 cm em análise física de frutos de bananeira cultivar Tropical, sob diferentes tensões de água no solo.

Contudo, verificou-se um aumento em todos os parâmetros, exceto diâmetro, entre a planta matriz e a planta filha em todos os tratamentos (Figuras 1-6). Tal comportamento da planta observados no segundo ciclo de cultivo está relacionado com a intensificação do seu desenvolvimento, emissão de folhas e raízes, juntamente com a translocação de

assimilados a partir da planta matriz, correlacionando com os resultados observados por Gomes (1988) e Gomes (2004).

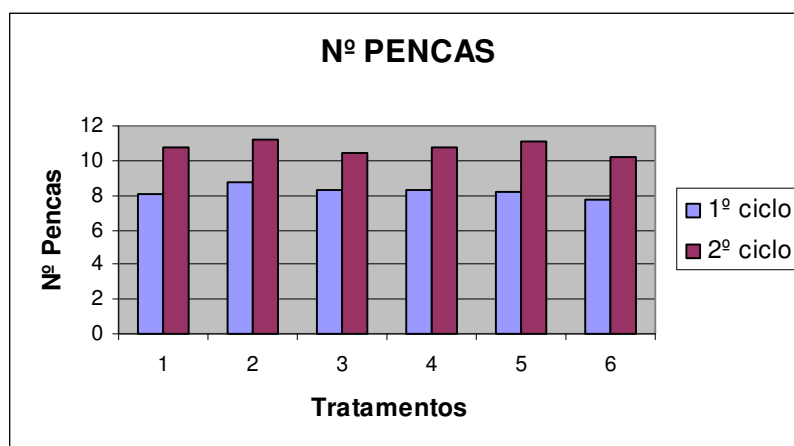


Figura 1: Comparação do número de pencas por cacho de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

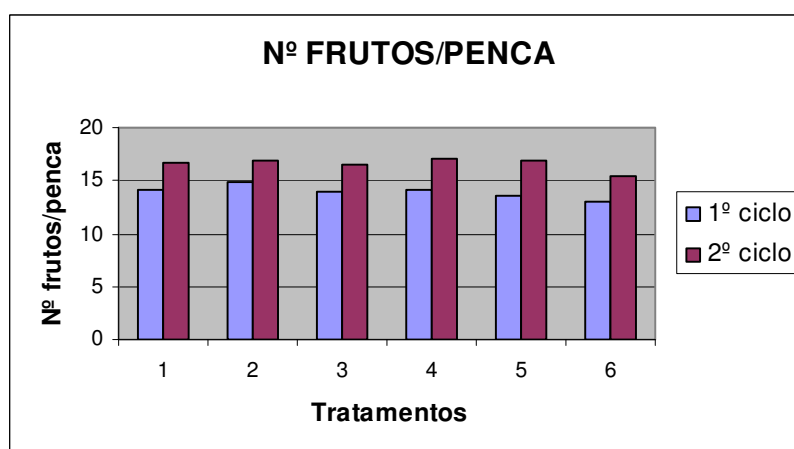


Figura 2: Comparação do número de frutos por penca de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

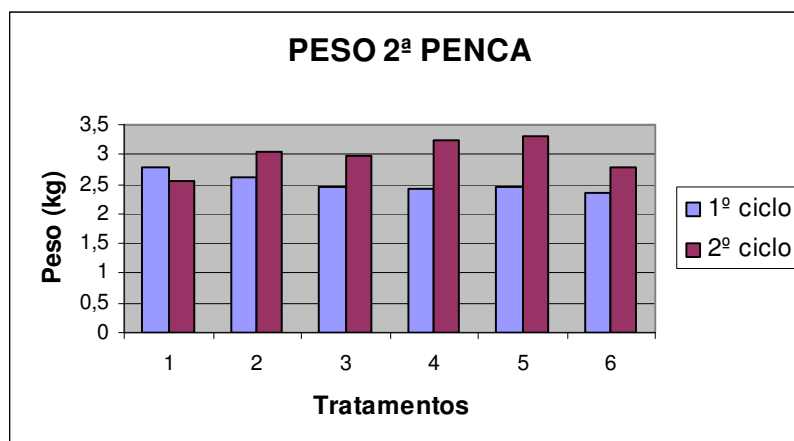


Figura 3: Comparação do peso da 2ª penca de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

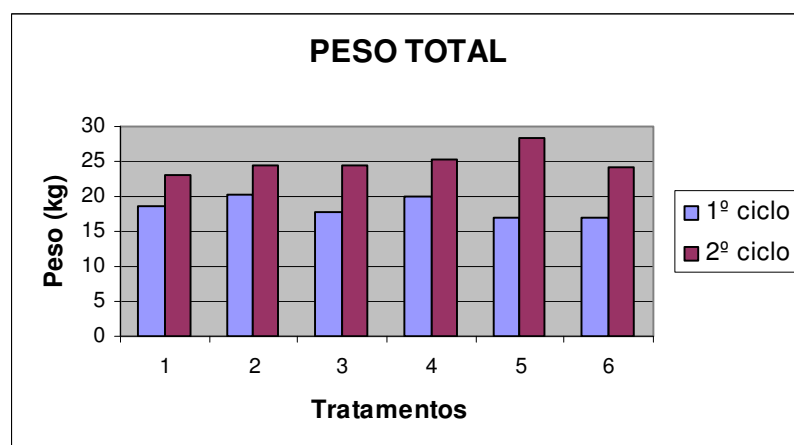


Figura 4: Comparação do peso total sem engajo dos cachos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

Podemos relatar que o diâmetro do fruto tem crescimento inversamente proporcional que o comprimento do mesmo, o que está em concordância com Damatto Júnior et al. (2006) ao analisarem os frutos de bananeira ‘Prata Anã’ com diferentes doses de composto orgânico em substituição ao potássio.

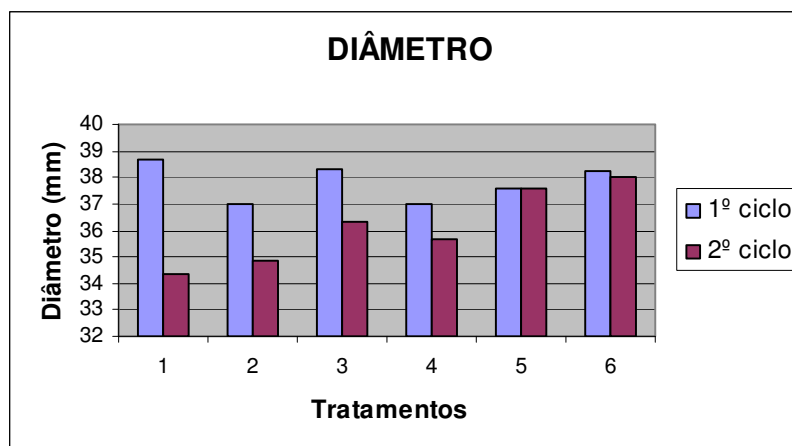


Figura 5: Comparação do diâmetro dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

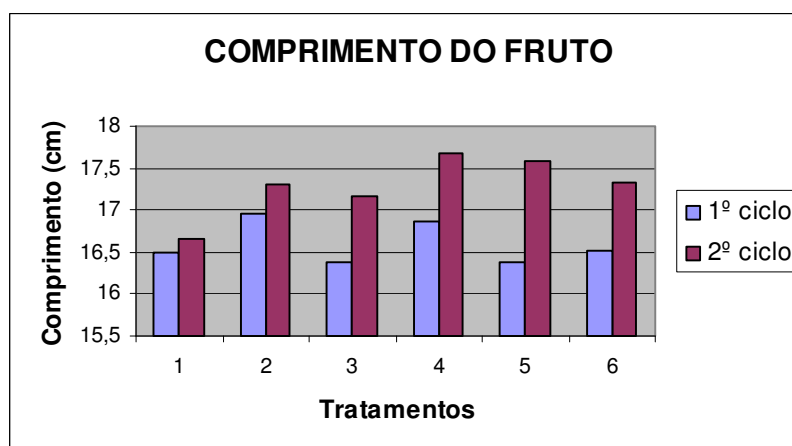


Figura 6: Comparação do comprimento dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos

4.2 Qualidade pós-colheita dos frutos

Os resultados da análise de variância dos dados médios de textura, sólidos solúveis totais, acidez e pH, no período de colheita dos frutos das plantas de bananeira ‘Nanicão IAC2001’ no primeiro e segundo ciclo da cultura não mostraram diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabelas 11 e 12).

As doses de adubação orgânica não interferiram nos valores obtidos para firmeza dos frutos (Tabelas 11 e 12), apresentando como média geral 1020 gf para o primeiro ciclo e de 1008 gf para o segundo ciclo, Com esses resultados pode-se observar que os frutos apresentavam-se muito firmes, ou seja, ainda estavam verdes, porém já apresentavam

calibre para serem colhidos. Após a colheita, no processo de amadurecimento, os frutos rapidamente tornam-se mais macios e, segundo Cerqueira et al. (2002), quando maduros, e sem casca apresentam valores médios de firmeza em torno de 22,4 gf.

Tabela 11: Textura, Sólidos Solúveis, Acidez total titulável e pH de frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		Textura (gf)	SST (°Brix)	Acidez (g 100g ⁻¹)	pH
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)				
100	0	1016,5	3,8	0,20	5,61
75	25	1022,5	3,0	0,19	5,58
50	50	1021,5	2,9	0,18	5,51
25	75	1022,5	2,8	0,19	5,62
0	100	1020,7	3,3	0,21	5,58
0	125	1021,3	3,0	0,19	5,63
Média		1020,9	3,0	0,19	5,58
Fc		0,73 ^{NS}	1,62 ^{NS}	0,85 ^{NS}	1,16 ^{NS}
CV (%)		0,45	9,59	9,55	1,30

Os valores de pH de frutos no primeiro ciclo apresentaram uma média acima (5,58) dos encontrados por Soto Ballester (1992), que cita que o pH em frutos de bananeira variou 4,2 a 4,8. Porém esses valores são influenciáveis pelo ponto de maturação em que os frutos foram colhidos, pois a banana é um fruto climatérico, em cujo processo de maturação sofre modificações em suas características, como é o caso do pH, tendo tendência ao aumento com a diminuição da acidez (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Jesus et al. (2004) relataram que o cultivar ‘Nanicão’ apresentou média de 4,83 e Manoel (2005) observou no cultivar Nanica um valor médio de pH de 4,88 estudando irradiação de plantas climatizadas em bananeiras Nanica.

Tabela 12: Textura, Sólidos Solúveis, Acidez Total Titulável, e pH de frutos de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		Textura (gf)	SST (°Brix)	Acidez (g 100g ⁻¹)	pH
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)				
100	0	999,5	3,2	0,18	5,92
75	25	996,3	3,4	0,18	5,70
50	50	1020,8	3,1	0,19	5,62
25	75	1011,8	3,0	0,18	5,70
0	100	1013,8	3,0	0,16	5,57
0	125	1011,1	3,3	0,20	5,77
Média		1008,9	3,2	0,18	5,71
Fc		1,33 ^{NS}	1,17 ^{NS}	0,68 ^{NS}	1,03 ^{NS}
CV (%)		1,38	8,17	12,88	3,66

A acidez total titulável, representada pelo teor de ácido málico, que tem influência sobre o sabor dos frutos, sendo que para esta variável não houve influência da adubação com lodo de esgoto sobre os tratamentos com N-mineral, estando os resultados apresentados nas Tabelas 11 e 12. O valor médio determinado para acidez foi baixo para o primeiro e segundo ciclos (0,18 g 100g⁻¹), possivelmente, estes valores são devidos às condições climáticas locais e tendem a aumentar com o amadurecimento dos frutos, pois se desenvolvem ácidos simples e orgânicos (predominando o ácido málico), também ocorre diminuição de compostos fenólicos, acarretando uma redução na adstringência e aumento da acidez dos frutos (SOTO BALLESTERO, 1992). Rossignoli (1983) & Bleinroth (1995) relataram que o intervalo de acidez em banana pode variar de 0,17 a 0,67g 100g⁻¹.

A avaliação dos sólidos solúveis é muito importante, pois determina o teor de açúcar dos frutos, e quanto maior o valor dos SST mais adocicado é o fruto. Para o primeiro ciclo e segundo ciclo da cultura, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos para esta variável (Tabelas 11 e 12), sendo que o teor médio encontrado foi de 3,0 ° Brix e 3,18 ° Brix respectivamente.

Observou-se que os teores de sólidos solúveis apresentaram-se muito baixo, mas como a banana é uma fruta climatérica, no processo de amadurecimento, esses teores tendem a aumentar (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Cerqueira et al. (2002) & Ribeiro (1998) determinaram valores médios de sólidos solúveis totais para frutos maduros de bananeira de 23,42 °Brix.

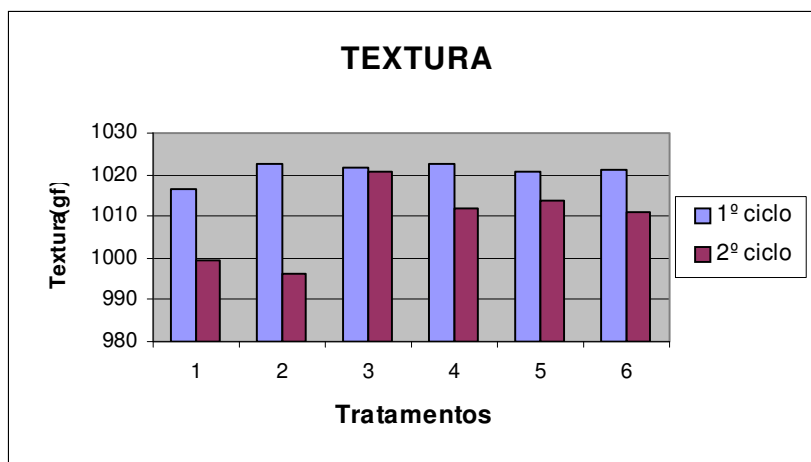


Figura 7: Comparação dos valores de textura dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

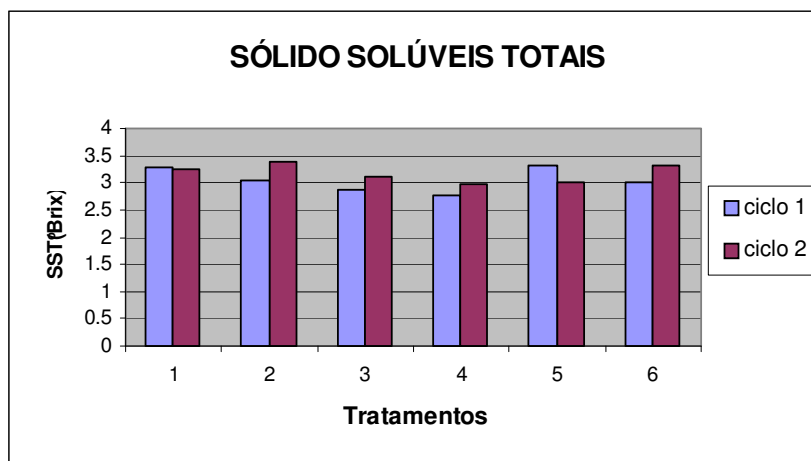


Figura 8: Comparação dos valores de sólidos solúveis totais (SST) dos frutos de ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

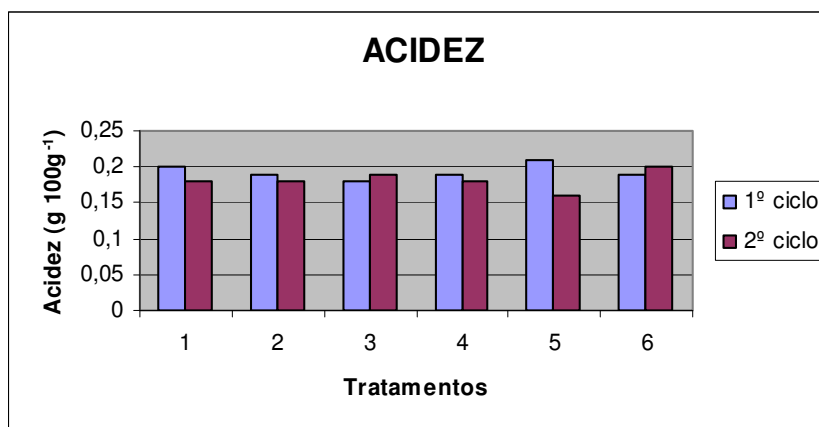


Figura 9: Comparação dos valores de acidez dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

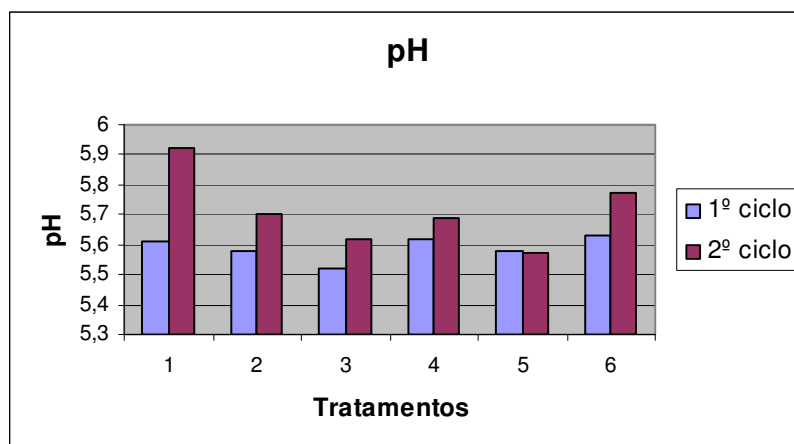


Figura 10: Comparação dos valores de pH dos frutos de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

Verificando os dados das Figuras 8 e 10, podemos relatar que as qualidades dos frutos do segundo ciclo tendiam serem superiores as do primeiro ciclo, pois apresentavam teores de pH e SST superiores aos do ciclo. O nível de acidez estava praticamente dentro de um mesmo patamar e em conta partida, os resultados encontrados para textura do primeiro ciclo estavam acima, mostrando que os frutos do segundo ciclo estavam com um índice de maturação mais elevada (Figuras 7 e 9).

Guerra (2001), trabalhando com parcelamento de nitrogênio e potássio verificou comportamentos semelhantes, apresentando teores mais elevados de SST no segundo ano de cultivo. Gomes (2004), trabalhando com doses de potássio em bananeira ‘Prata Anã’, obteve resultados semelhantes, onde o SST foi superior na planta filha.

4.3 Análise química do solo

Para a análise dos parâmetros pH, M.O., P, K, Ca, Mg, SB, CTC e V%, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância para a comparação, e os resultados indicavam que apenas o parâmetro Matéria Orgânica (M.O.) apresentou diferença estatística significativa (Tabela 13), onde verificou-se um aumento linear com o acréscimo de lodo de esgoto por ocasião das adubações de cobertura. O tratamento 6 (0% N-mineral; 125% N-orgânico) apresentou maior valor no primeiro ciclo de cultivo, com média de $35,3 \text{ g dm}^{-3}$,

quando comparado a tratamento 1 (100% N-mineral; 0% N-orgânico), com média de 26,7 g dm⁻³.

Este resultado já era esperado, já que uma das principais vantagens da aplicação do lodo de esgoto ao solo é proporcionar o aumento dos teores de matéria orgânica do mesmo, melhorando uma série de relações tanto de natureza química, física quanto biológica. Cabe ressaltar que a matéria orgânica possui uma elevada quantidade de nutrientes, tais como N, P, e principalmente, dos micronutrientes essenciais ao desenvolvimento dos vegetais. Atua ainda na melhoria das relações físicas do solo como estrutura, porosidade, aeração, e principalmente no que diz respeito à irrigação, no aumento da capacidade de retenção de água no solo.

Tabela 13: Teores médios de macronutrientes e valores médios de pH, M.O., P, K, Ca, Mg, SB, CTC e V% de solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		pH CaCl ₂	M.O. [#] g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K -----mmolc dm ⁻³ -----	Ca	Mg	SB	CTC	V%
N-Mineral (%)	N- Orgânico (%)									
100	0	4,37	26,7 b	21,6	2,4	18,0	6,3	43,1	100	26,7
75	25	4,60	31,3 a b	45,3	2,4	32,7	8,0	26,4	102	42,1
50	50	4,23	31,0 a b	27,0	1,9	20,3	3,3	25,1	115	22,6
25	75	4,40	32,7 a b	85,0	2,1	32,7	5,3	40,1	124	34,1
0	100	4,57	34,3 a b	75,7	2,1	31,7	5,0	38,2	106	36,3
0	125	4,17	35,3 a	43,3	2,1	26,0	4,3	32,6	136	24,8
Média		4,39	31,9	49,67	2,2	26,9	5,4	34,3	114	31,1
Fc		1,92 ^{NS}	3,25*	2,28 ^{NS}	1,02 ^{NS}	3,53 ^{NS}	1,31 ^{NS}	2,35 ^{NS}	2,22 ^{NS}	1,64 ^{NS}
CV (%)		4,93	9,23	59,21	15,88	22,35	45,66	24,53	14,52	33,16

letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 14: Teores médios de macronutrientes e valores médios de pH, M.O., P, K, Ca, Mg, SB, CTC e V% de solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K [#] -----mmolc dm ⁻³ -----	Ca	Mg	SB	CTC	V%
N-Mineral (%)	N- Orgânico (%)									
100	0	3,90	28,3	49,3	2,8 a	16,0	3,3	22,3	116,3	19,3
75	25	4,33	30,0	47,3	1,6 b	33,7	6,0	40,7	109,3	37,7
50	50	4,03	30,0	25,3	1,7 b	26,7	3,0	31,7	123,3	26,0
25	75	4,10	29,3	37,0	1,4 b	23,3	3,0	27,7	114,7	24,7
0	100	4,23	28,3	27,7	1,6 b	32,0	3,3	36,3	116,7	31,3
0	125	4,20	28,3	47,3	1,6 b	26,7	2,3	30,3	110,3	28,0
Média		4,13	29,1	39,0	1,8	26,4	3,5	31,5	115,1	27,8
Fc		1,92 ^{NS}	2,27 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,77*	7,21 ^{NS}	1,71 ^{NS}	1,91 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,80 ^{NS}
CV (%)		4,93	4,31	12,59	53,55	18,24	31,94	45,77	30,39	8,49

letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Já no segundo ciclo de cultivo de bananeiras 'Nanicão IAC 2001', apenas o elemento K apresentou diferença estatística significativa ao nível 5% (Tabela 14). Como o lodo de esgoto apresenta valores baixos de K e os tratamentos relacionam proporções entre nitrogênio mineral e orgânico, esta diferença se deve as variações naturais existentes dentro da área experimental e/ou aos fatores correlacionados com experimentos de K realizados anteriormente na mesma área, já que o cálculo da quantidade de K bem como a aplicação deste elemento se processou de maneira igual a todos os tratamentos do referido experimento.

4.3.1 pH

Ao contrário dos resultados obtidos no presente trabalho onde não houve interferência de maiores doses de lodo de esgoto no pH do solo, Marques (1996) e Melo & Marques (2000) relataram que a adição de lodo de esgoto promoveu uma diminuição da acidez potencial e aumento do pH do solo.

Rigolon (2006), ao estudar a aplicação de resíduos urbanos e industriais (lodo de esgoto centrifugado, lodo de esgoto de biodigestor, lama cal e escória) nas culturas de girassol, milho, nabiça e aveia, notou elevação dos valores de pH para todos os resíduos utilizados, fato explicado pela presença de agentes neutralizantes nos materiais lodo de esgoto centrifugado, lama cal e escória como CaO, CaCO₃ e NaCO₃ e SiCO₃ e CaCO₃, respectivamente, segundo Alcarde (1992).

Chiba (2005) verificou diferença significativa entre tratamento que fornecia N à cultura da cana de açúcar na forma de lodo de esgoto quando comparado ao tratamento que utilizava fonte mineral nitrogenada, indicando poder de correção do resíduo quando disposto no solo por ocasião das adubações de cobertura. Vale ressaltar que o lodo utilizado no experimento apresentava pH em torno de 6,0; não sendo portanto alcalino, apesar do efeito de correção obtido no experimento.

Fonseca (2001) em experimento utilizando efluente secundário de esgoto tratado (ESET) na cultura do milho, observou valores de pH mais elevados nos tratamentos que utilizavam maiores lâminas de efluentes, bem como menores valores de acidez potencial nos respectivos tratamentos.

Falkiner & Smith (1997) não somente observaram aumento no pH do solo com a aplicação sucessiva de ESET, como também diminuição do Al^{3+} presente no solo. O mesmo efeito foi relatado por Guedes (2005), que observou aumento do valor de pH do solo estudado mediante aplicação de doses sucessivas de lodo de esgoto, muito provavelmente devido ao pH fortemente alcalino descrito pelo próprio autor.

Diversos autores atestaram que a elevação do pH do solo pela disposição de lodo de esgoto ocorre apenas devido à origem do processo de tratamento do resíduo, sendo que apenas os lodos alcalinos têm propriedade de correção da acidez do solo, independente da natureza e das transformações da fração orgânica desses materiais (OLIVEIRA et al, 1995; REIS, 1998; BERTONCINI & MATIAZZO, 1999; OLIVEIRA et al., 2002).

A adição de lodo de esgoto com características alcalinas atua na correção do pH devido às características intrínsecas do material e não por transformações ocorridas no solo, proporcionando um conjunto de transformação no sistema solo como maior disponibilidade de P, elevação da SB devido principalmente à adição de Ca, e conseqüentemente elevação da CTC e V% do solo (CHIBA, 2005; FONSECA, 2001; SIMONETE et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2002).

Mobricci (2006) ao comparar os efeitos das adubações orgânicas com lodo de esgoto e esterco de curral curtido com adubação mineral na cultura do café observou aumento dos valores de pH do solo quando utilizados os dois tipos de adubos orgânicos comparados ao tratamento adubação mineral. O autor explica que este efeito se deve pelo fato da matéria orgânica, presente em grande quantidade no resíduo, diminuir a toxicidade do Al^{3+} , reduzindo, portanto, a acidez potencial.

4.3.2 Matéria orgânica

Rigolon (2006) observou aumento dos valores médios de matéria orgânica em todos os tratamentos, trabalhando com a aplicação de dois tipos de resíduos urbanos (lodo de esgoto) e dois tipos de resíduos industriais (lama cal e escória), porém apenas os resíduos urbanos conseguiram caminhar em profundidade (abaixo dos 25 cm de profundidade), elevando os teores de matéria orgânica nas camadas mais subsuperficiais do solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Nascimento et al. (2004), Barbosa et al. (2004) & Marciano et al. (2001).

Chiba (2005) em experimento utilizando lodo de esgoto como fonte fornecedora de P à cultura da cana-de-açúcar concluiu que não houve alteração nos níveis de matéria orgânica ao final do experimento, indicando um efeito praticamente nulo do resíduo nesta característica do solo. Esta não influência na matéria orgânica do lodo de esgoto na CTC dos solos também foi encontrada por diversos autores (BERTONCINI, 2002; OLIVEIRA et al., 2002; ANDRADE, 2004) sendo este resultado devido à péssima qualidade da matéria orgânica presente neste resíduo composta basicamente por graxas e óleos (OLIVEIRA, 2000) e compostos fenólicos (BERTONCINI, 2002).

Os mesmos resultados foram obtidos por Silva (2007) que avaliando a disposição de lodo de esgoto seco, lodo de esgoto úmido e adubação mineral aos 18 meses após a implantação da cultura do eucalipto, não encontrou correlação positiva entre a utilização de lodo de esgoto com o teor de matéria orgânica do solo. Porém aos 36 meses de idade, foram observadas diferenças entre os tratamentos devido à aplicação de lodo. Rezende (2005) explica que não se verifica aumento no teor de matéria orgânica em função do aumento da atividade microbiana do solo imediatamente após a aplicação de lodo, provocando uma redução no teor da matéria orgânica e igualando seus valores aos tratamentos que não utilizam fontes minerais.

Lira (2006) avaliando doses crescentes de lodo de esgoto (0, 10, 20 e 40 t ha⁻¹) nas adubações de eucalipto observou concentrações semelhantes na menor dose de lodo (10 ton ha⁻¹) de N, Ca, Mg e K, o último devido a sua complementação por meio de cloreto de potássio, quando comparado ao tratamento adubação mineral, concluindo que o lodo de esgoto é um material capaz de suprir as necessidades da cultura e substituir a adubação mineral praticada pelas empresas florestais.

4.3.3 Fósforo

Rigolon (2006), estudando a aplicação de dois tipos de resíduos urbanos (lodo de esgoto) e dois tipos de resíduos industriais (lama cal e escória) no solo, verificou aumento dos teores de P principalmente na camada superficial do solo, fato explicado pela menor

adsorção de P no solo, já que a matéria orgânica fornece íons orgânicos que competem pelos sítios de adsorção do P, bem como aumentam a formação de quelatos e complexos, proporcionando assim aumento da disponibilidade deste elemento no solo (HUE, 1995).

Em contrapartida, Fonseca (2001) utilizando ESET em experimento na cultura do milho não encontrou aumento nos teores de P do solo quando maiores volumes de efluente foram aplicados via irrigação, isto porque o efluente utilizado no experimento apresentava uma baixa concentração deste nutriente em sua constituição e não foi realizada adubação fosfatada mineral para correção desta deficiência.

Apesar disto, Quin & Woods (1978) e Hook (1981) descrevera aumento no teor de P no solo em áreas que vêm sendo submetidas às aplicações anuais de efluente por um longo período, mesmo sem aplicação de adubos minerais, notadamente no teor de P-orgânico.

Todavia, tornam-se necessários estudos a longo prazo para melhor entender a dinâmica do P proveniente do resíduo no solo, principalmente em solos com carga variável, os quais têm assumido uma grande capacidade em reter P, contribuindo para evitar a lixiviação deste nutriente em profundidades inferiores à zona radicular, reduzindo os impactos que este elemento pode causar nos recursos hídricos.

Chiba (2005) não encontrou correlação entre doses de lodo de esgoto nos teores de P disponíveis no solo na fertilização da cana-de-açúcar. Entretanto, Silva et al. (1998) relataram aumento dos teores de P e Ca com aplicação de doses de lodo de esgoto (0, 15 e 30 t ha⁻¹) em Terra Roxa Estruturada, porém a explicação deve-se não pela presença do P em grande quantidade, mas pelo pH do resíduo na ordem de 10,2, o que ocasionou uma correção no pH do solo e conseqüentemente, maior disponibilidade deste elemento. Já Simonete et al. (2003) aplicando 40 t ha⁻¹ de um lodo de esgoto sem característica alcalinizante, observaram elevação nos teores disponíveis de P num Argissolo, fato explicado pela dose ser 100% maior que a recomendada para a cultura com relação à necessidade deste elemento.

Silva (2007) estudando a disposição de lodo de esgoto úmido, lodo de esgoto seco e adubação mineral na fertilização de eucaliptos, observou aumento na concentração do P devido à aplicação dos lodos seco e úmido em relação aos valores obtidos nos tratamentos com adubação mineral e testemunha, e ainda que, mesmo sem diferir estatisticamente, o

tratamento com lodo seco foi superior ao lodo úmido, devido à decomposição mais rápida do primeiro.

4.3.4 Potássio, cálcio e magnésio

Em virtude do lodo de esgoto ser um material que apresenta baixíssimos valores de K, a sua aplicação no solo não interfere nos níveis pré-existentes deste elemento, necessitando de complementação integral na forma de fertilizantes minerais.

Em concordância com os resultados obtidos no experimento, Fonseca (2001) em experimento utilizando ESET na cultura do milho não observou correlação entre doses do efluente e teor de K, indicando a baixa quantidade deste elemento presente no material.

Já para os elementos Ca e Mg, existe uma grande variação nos efeitos dos diferentes tipos de lodos de esgoto em elevar os níveis deste macronutrientes no solo, pois dependendo da origem do material e do processo de obtenção, as quantidades adicionadas ao solo podem ser consideráveis. O CaO pode ser adicionado a este material com a finalidade de higienização do resíduo, promovendo um teor elevado de Ca na composição do lodo, que pode e deve ser levado em consideração no momento do cálculo da recomendação de adubação e calagem para a cultura.

Incrementos nos teores de Ca foram relatados por Cromer et al. (1984), Speir et al. (1999) e Stewart et al. (1990) em solos florestais, bem como por Johns & McConchie (1994b) em solos cultivados com bananeiras e fertilizados com lodo de esgoto. Já com relação aos níveis de Mg, existem ainda muitas controvérsias sobre os efeitos do lodo de esgoto no acúmulo e incremento deste elemento no solo. Stewart et al. (1990) e Falkiner & Smith (1997) observaram aumento no teor de Mg pela disposição de lodo de esgoto ao solo, enquanto Johns & McConchie (1994a) não notaram elevação dos níveis de Mg com a aplicação de lodo de esgoto em solo cultivado com bananeira. Os mesmo autores encontraram resultados semelhantes para o K, que não apresentou correlação entre o material aplicado ao solo e aumento da quantidade deste elemento no solo.

Falkiner & Smith (1997) observaram aumento no teor de cátions trocáveis (Ca, Mg, K e Na), e assim, obviamente, aumento na saturação por bases no solo quando submetido à disposição de lodo de esgoto nas adubações de cobertura em culturas florestais.

Assim como ocorrido para o P, Chiba (2005) não verificou relação entre doses de lodo de esgoto na fertilização da cana de açúcar para os elementos K e Mg, porém, o Ca dentre todos os macronutrientes foi aquele adicionado em maior quantidade ao solo, devido à origem do processo de tratamento do lodo utilizado durante o experimento.

Silva (2007) estudando a disposição de lodo de esgoto úmido, lodo de esgoto seco e adubação mineral na fertilização de eucaliptos, não observou diferenças significativas para os elementos K e Ca de acordo com os tratamentos, porém observou valores superiores aos obtidos na testemunha. Já para o Mg, o tratamento que utilizava adubos minerais foi superior, já que neste tratamento foi utilizado calcário para correção da acidez do solo, que forneceu uma quantidade de Mg três vezes maior quando comparado aos demais tratamentos.

4.3.5 SB, CTC e V%

Considerando que a SB é a soma dos teores de K+Ca+Mg, já era esperada que este parâmetro não fosse alterado, pois como já descrito, a calagem bem como a adubação potássica foi realizada de maneira equitativa a todos os tratamentos.

De acordo com Rigolon (2006) a SB está diretamente relacionada com o pH do solo, principalmente em solos intemperizados como a maioria dos solos brasileiros, onde as cargas negativas são muito dependentes do pH, assim, como o lodo de esgoto tem a possibilidade de elevar o pH do solo ao longo dos anos quando aplicado sucessivamente, haverá conseqüentemente uma elevação da SB em longo prazo.

Chiba (2005) enfatizou que aplicações sucessivas de lodo de esgoto como única fonte de nitrogênio ocasiona um aumento inicial da saturação por bases, porém em longo prazo, causa um decréscimo deste parâmetro.

Oliveira et al. (2002) em experimento com adição de lodo de esgoto ao solo observou aumento dos valores de CTC do solo, e concluiu que com o aumento dos valores de matéria orgânica no solo (aumento de cargas iônicas) e diminuição da acidez potencial provocada pela adição de lodo de esgoto, ocorreu uma elevação da CTC do solo, haja vista que este é um parâmetro calculado e não efetivo.

Falkiner & Smith (1997) também observaram aumento da CTC de um solo cultivado com espécies florestais submetido à adubações com lodo de esgoto, e tal fato foi atribuído à substituição de íons H^+ na superfície das argilas devido à adição de Ca, Mg, K, Na e HCO_3^- pela adição do resíduo.

O mesmo pode ser atribuído ao V%, pois como tanto a SB quanto a CTC não obtiveram grandes flutuações, o mesmo aconteceu para o V%. Fonseca (2001) em experimento utilizando ESET na cultura do milho verificou aumento dos valores de CTC nos tratamentos que utilizavam maiores lâminas de efluente nas irrigações da cultura durante o experimento.

Chiba (2005) em experimento comparando fonte orgânica (lodo de esgoto) e mineral (uréia) de N para a cultura da cana-de-açúcar não observou efeito significativo dos tratamentos, tanto na CTC, como no V% do solo, indicando que o aporte de cátions trocáveis, via lodo de esgoto, não acarretou acúmulo desses elementos no solo ou estes foram perdidos do sistema seja por absorção pelas plantas ou por lixiviação.

Silva (2007) avaliando a utilização de dois tipos de lodo e adubação mineral, observou valores de SB e conseqüentemente de V% inferiores nos tratamentos com lodo quando comparados ao tratamento adubação mineral, principalmente pelo teor de Mg mais elevado neste último, devido à prática da calagem exercida exclusivamente a ele. O valor de CTC no referido experimento não diferiu estatisticamente entre os tratamentos.

4.3.6 Micronutrientes

Nas tabelas 15 e 16 são apresentados os teores médios de micronutrientes no solo em bananeira irrigada e manejada com lodo de esgoto.

Tabela 15: Teores médios de micronutrientes em solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		B	Cu	Fe	Mn	Zn [#]	
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)						
100	0	0,62	6,0	48	14,6	1,83	c
75	25	0,62	6,3	54	17,8	7,23	b c
50	50	0,80	7,5	75	22,6	30,00	a b
25	75	0,95	9,9	92	26,3	24,10	a b c
0	100	0,83	9,7	99	26,5	36,03	a
0	125	0,92	11,0	91	27,4	38,90	a
Média		0,79	8,39	77	22,5	23,02	
Fc		2,36 ^{NS}	2,15 ^{NS}	2,52 ^{NS}	2,96 ^{NS}	8,04*	
CV (%)		20,41	29,20	30,37	23,49	40,61	

letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Para os elementos B, Cu, Fe, Mn e Zn analisados em Nitossolo Vermelho cultivado com bananeiras Nanicão cv. ‘IAC2001’ no presente experimento e comparados estatisticamente através do teste de Tukey a 5% de significância, apenas o Zn apresentou diferença significativa, tanto no primeiro quanto no segundo ciclo, mostrando uma tendência de acúmulo deste nutriente com o acréscimo de doses lodo de esgoto.

Tabela 16: Teores médios de micronutrientes em solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		B	Cu	Fe	Mn	Zn [#]	
N mineral (%)	N Orgânico (%)						
100	0	0,34	6,2	95	35,4	2,7	b
75	25	0,43	6,8	99	33,6	19,3	a b
50	50	0,57	6,8	102	30,0	44,6	a b
25	75	0,47	7,4	111	51,5	52,7	a b
0	100	0,55	6,8	86	48,7	62,0	a b
0	125	0,57	8,0	112	37,6	110,0	a
Média		0,49	7,0	101	39,5	48,6	
Fc		1,18 ^{NS}	0,88 ^{NS}	0,32 ^{NS}	2,99 ^{NS}	3,84*	
CV (%)		29,51	16,76	30,09	21,95	67,83	

letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

A matéria orgânica é uma importante fonte fornecedora de micronutrientes às plantas quando adicionada ao solo na forma de fertilizante (MELO & MARQUES, 2000). O lodo de esgoto, por ser originário da coleta de esgotos tanto urbanos quanto industriais, devido a deficiências do sistema de coleta, traz consigo alguns metais provenientes da

atividade de indústrias, em especial o Zn. Esta é uma possível explicação para os valores obtidos no presente experimento diferirem quando utilizadas doses maiores de composto.

Em concordância com os dados obtidos no presente experimento, Galdos et al. (2004), Berti & Jacobs (1996), Borges & Coutinho (2004), Rigolon (2006) também observou aumento nos teores de zinco no solo quando aplicado lodo de esgoto na fertilização das culturas, e explica que este efeito está relacionado com a complexação deste elemento por parte da matéria orgânica. Estes complexos de micronutrientes com compostos orgânicos reduzem a precipitação com os óxidos do solo, e devido à vida útil desses complexos serem curtas, ocasionam a liberação deles de maneira contínua e gradativa no solo.

Ao contrário dos resultados obtidos neste experimento, Fonseca (2001) não observou correlação entre a aplicação de ESET e o teor de Zn no solo em experimento com milho. O mesmo autor observou também que não houve influência das doses do efluente nos teores de B, Cu e Zn nas amostras de solo do experimento.

Chiba (2005) também não encontrou diferença significativa entre os teores disponíveis de Mn, Zn e Fe em solo tratado com lodo de esgoto quando comparado ao fertilizado com fontes minerais devido tanto ao aporte destes elementos via lodo de esgoto, quanto a redução do pH promovida pela aplicação de fertilizantes nitrogenados ou mesmo ambos. Embora tenha havido aumento dos teores destes três elementos, este aumento esteve bem abaixo do total adicionado via lodo de esgoto, indicando que apesar de aumentar os teores disponíveis dos elementos no solo, a maior quantidade dos mesmos é transferida para formas pouco disponíveis ou não removidas pelo DTPA, método este, empregado na determinação destes nutrientes.

Efeito semelhante foi encontrado por Borges & Coutinho (2004) em estudo sobre o fracionamento de metais pesados em dois solos (Neossolo e Latossolo) incubados com doses de lodo (0, 10, 20, 40 e 60 t ha⁻¹, base seca) por 120 dias. Os resultados demonstraram que a maior parte do Cu, Mn e Zn estava associada às frações mais estáveis (óxidos) e de menor disponibilidade em relação ao teor total.

Galdos et al. (2004) relataram aumento de nove vezes o teor de Zn de um Latossolo Vermelho tratado com 10,1 t ha⁻¹ de lodo de esgoto em comparação à testemunha

sem lodo. O mesmo não ocorreu para Fe e Mn que já se encontravam em teores considerados elevados no solo.

Já Nascimento et al. (2004) ao trabalharem com dois solos (Argissolo e Espodossolo) tratados com doses de até 60 t ha⁻¹ (base seca) de lodo de esgoto, verificaram aumentos nos teores de Cu, Fe, Mn e Zn, embora os autores também relatem uma baixa recuperação desses metais com DTPA no Argissolo, variando de 3% para o Fe e cerca de 30% para Cu, Mn e Zn.

Silva (2007) analisando a disposição de dois tipos de lodo de esgoto (seco e úmido) comparados à adubação mineral na fertilização de eucaliptos, concluiu que os teores de Cu e Zn no solo aumentaram significativamente quando utilizados os dois tipos de lodo, os teores de B e Fe mostraram-se semelhantes entre os tratamentos com lodo e adubos minerais, enquanto os teores de Mn obtidos foram inferiores nos tratamentos que utilizavam lodo de esgoto.

4.4 Análise química foliar

Para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no tecido foliar das plantas de banana Nanicão cv. 'IAC2001', a análise estatística ao nível de 5% através do teste de Tukey não indicou diferença significativa entre os tratamentos, tanto no primeiro quanto no segundo ciclos (Tabelas 17 e 18).

Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S considerados adequados para a terceira folha de bananeiras estão na faixa de 27-36; 1,8-2,7; 25-30, 2,5-12; 3-6; 2-3 g kg⁻¹, respectivamente, de acordo com Prezotti (1992). De acordo com este autor, o elemento P sempre esteve dentro da faixa considerada adequada, enquanto os elementos N, K, Ca, Mg e S não se enquadraram nesta faixa, porém sempre estiveram muito próximos, indicando que alguns ajustes devem ser feitos para que estas pequenas deficiências sejam corrigidas.

Tabela 17: Teores médios de macronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		N	P	K	Ca	Mg	S
N-Mineral (%)	N- Orgânico (%)						
-----g kg ⁻¹ -----							
100	0	26,7	2,0	39,0	12,3	2,1	1,9
75	25	25,7	2,0	40,0	15,0	2,4	2,0
50	50	24,7	2,0	40,7	15,3	2,5	2,0
25	75	26,0	2,0	37,3	17,7	2,9	1,9
0	100	26,0	2,0	43,3	14,0	2,3	1,9
0	125	25,3	2,0	40,7	14,0	2,3	1,9
Média		25,7	2,0	40,2	14,7	2,4	1,9
Fc		1,76 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,81 ^{NS}	0,87 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,22 ^{NS}
CV (%)		3,45	6,07	9,57	22,45	24,58	11,79

Tabela 18: Teores médios de macronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		N	P	K	Ca	Mg	S
N mineral (%)	N orgânico (%)						
-----g kg ⁻¹ -----							
100	0	29,0	2,0	31,3	7,3	2,7	1,9
75	25	25,7	2,0	27,0	8,7	3,1	2,0
50	50	28,0	2,1	27,0	9,7	3,2	2,1
25	75	26,7	2,0	27,7	8,7	2,8	2,0
0	100	27,3	2,1	30,0	7,7	2,8	2,2
0	125	26,7	2,1	26,3	7,0	2,7	2,1
Média		27,2	2,1	28,2	8,2	2,9	2,1
Fc		2,16 ^{NS}	1,66 ^{NS}	3,56 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,46 ^{NS}
CV (%)		5,05	3,25	6,46	28,72	18,02	14,82

Os resultados estão de acordo com Fonseca (2001) que, utilizando ESET em irrigações no decorrer do experimento, não observou diferença significativa nos teores de N, Mg e S na matéria seca das plantas de milho entre tratamentos com maiores doses do resíduo, em contrapartida, notou menores teores de P, K e Ca no tecido vegetal das plantas nos tratamentos com maiores doses de efluente quando comparados aos demais. O autor relata que como a produção de biomassa foi maior exatamente nestes tratamentos, talvez uma possível diluição desses nutrientes tenha acontecido, provocando menores teores no tecido vegetal.

Oliveira et al. (1995) verificaram aumentos na absorção de P, Ca, Mg, K e S por plantas de sorgo com a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto. O mesmo efeito foi relatado por Simonete et al. (2003) ao trabalharem com milho cultivado num Argissolo tratado com doses crescentes de lodo de esgoto.

Chiba (2005) verificou que a aplicação de lodo de esgoto foi eficiente no suprimento de macronutrientes para a cultura da cana-de-açúcar aos 4,5 e 12 meses de idade, embora na última coleta (12 meses) os teores da maioria dos macronutrientes, exceção feita ao potássio, diminuiu consideravelmente, porém mantendo-se dentro de uma faixa segura para a cultura. O mesmo autor em experimento subsequente, a fim de substituir a adubação fosfatada por lodo de esgoto encontrou efeitos significativos para os teores foliares de N, K, Ca e Mg aos 10 meses após implantação de um canavial, e para os teores foliares de K, Ca, Mg e S aos 16,5 meses após implantação.

Guedes (2005) em parcelas experimentais de eucaliptos tratados com lodo de esgoto úmido, aos 20 e 56 meses de idade, encontrou no tratamento adubação mineral teores de P inferiores aos encontrados em plantas dos tratamentos com lodo, evidenciando a rápida fixação das formas de P mineral adicionada ao solo via adubo. Como o P é um elemento naturalmente presente em baixas concentrações nos solos brasileiros, a adição única e exclusivamente via adubos minerais pode limitar a produção das culturas, haja visto os efeitos de fixação do P serem encontrados em quase todos os solos brasileiros.

Silva (2007) avaliando o efeito de doses crescente de lodo de esgoto úmido e seco complementados com doses de K e B recomendadas para a cultura do eucalipto observou aumento das concentrações de P e Ca e diminuição de Mn nas folhas com o aumento das doses de lodo, tanto seco quanto úmido, quando comparado à testemunha. Para o N, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos lodo de esgoto, testemunha e adubação mineral.

Guedes & Poggiani (2003) observaram efeito semelhante aos encontrados por Silva (2007), onde os teores de N, P, Ca e S aumentaram e os teores de Mg e Mn diminuíram quando comparados os tratamentos lodo de esgoto e adubação mineral, aos 2 e 18 meses de idade de plantas de eucalipto.

Tabela 19: Teores médios de micronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		B	Cu	Fe	Mn [#]	Zn
N orgânico (%)	N mineral (%)	-----mg kg ⁻¹ -----				
100	0	13,3	10,7	116,3	689,3 a	15,7
75	25	12,3	11,7	169,3	517,0 a b	16,0
50	50	12,7	11,0	116,3	649,0 a	15,3
25	75	12,3	11,7	100,7	424,0 b	15,7
0	100	13,3	10,7	96,0	687,7 a	16,0
0	125	13,0	10,0	134,3	635,7 a	15,3
Média		12,8	10,9	122,2	600,4	15,6
Fc		0,44 ^{NS}	1,23 ^{NS}	1,84 ^{NS}	7,24*	0,42 ^{NS}
CV (%)		9,33	9,24	27,99	11,47	5,08

letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 20: Teores médios de micronutrientes em folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		B [#]	Cu	Fé	Mn	Zn
N orgânico (%)	N mineral (%)	-----mg kg ⁻¹ -----				
100	0	20,67 a	9,0	97,3	369,3	18,0
75	25	17,33 a b c	9,3	78,0	345,3	16,3
50	50	13,67 b c	9,3	65,3	451,0	17,3
25	75	13,67 b c	9,7	86,0	319,7	18,0
0	100	12,00 c	9,0	69,0	268,3	17,7
0	125	19,00 a b	9,3	70,0	226,3	17,7
Média		16,06	9,3	77,6	330,0	17,5
Fc		6,54*	0,58 ^{NS}	2,15 ^{NS}	1,70 ^{NS}	0,71 ^{NS}
CV (%)		14,55	6,12	18,53	31,74	7,30

letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Para os nutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido foliar das plantas de banana ‘Nanicão IAC 2001’, a análise estatística ao nível de 5% através do teste de Tukey (Tabelas 19 e 20) mostrou que apenas os micronutrientes Mn e B apresentaram diferença no primeiro e segundo ciclos, respectivamente. Para o Mn, o tratamento 4 (25% N-mineral e 75% N-orgânico) apresentou o menor valor comparado aos demais, com média de 424 mg kg⁻¹. Já no segundo ciclo, o tratamento 1 (100% N-mineral e 0% N-orgânico) apresentou maiores teores de B no tecido vegetal, com média de 20,67 mg kg⁻¹, comparado ao tratamento 5 (0% N-mineral e 100% N-orgânico), que obteve média de 12 mg kg⁻¹.

Os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn adequados à cultura da banana, segundo Prezotti (1992) estão na faixa de: 10-25; 6-30; 80-360; 200-2000 e 20-50 mg kg⁻¹, respectivamente. Todos os micronutrientes, exceção feita ao Zn e Fe, que apresentaram níveis baixos,

encontram-se dentro da faixa considerada adequada pelo autor, indicando que em todos os tratamentos, as plantas foram nutridas de maneira satisfatória, permitindo a elas expressarem todo o seu potencial genético de produção.

Os resultados do presente experimento podem ser comparados aos obtidos por Fonseca (2001) que em experimento utilizando efluente secundário de esgoto tratado (ESET), não observou aumento dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal das plantas de milho com o aumento das doses de efluente nas irrigações da cultura.

Chiba (2005) encontrou efeitos significativos nos teores de Cu, Fe Mn e Zn aos 10 meses após a implantação de um canal tratado com doses de lodo e suprimento de P em diferentes doses de acordo com os tratamentos, bem como significância para os teores de Mn e Zn aos 16,5 meses após a implantação. Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn não diferiram estatisticamente quando comparadas fontes orgânica e mineral de P, porém, quando comparados os tratamentos que utilizavam lodo de esgoto somado à adubação fosfatada química, quanto maior a dose de P, menores os teores de Cu, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal encontrados.

Martins et al. (2003) ao estudarem doses de lodo de esgoto (0, 20, 40, 60 e 80 t ha⁻¹) verificou aumentos nos teores de Zn no tecido vegetal de plantas de milho nas maiores doses estudadas. Já para o Cu, não foi verificado aumento do seu teor com o acréscimo do resíduo no momento das adubações de cobertura e os teores de Fe e Mn reduziram nas maiores doses.

Silva (2007) estudando doses de lodo de esgoto úmido e seco complementados com K e B em comparação com adubação mineral não observou diferença significativa entre os tratamentos para os teores de Cu e Fe. O autor relata que esses resultados podem ser atribuídos à maior diluição dos elementos na biomassa das plantas de eucalipto tratados com lodo e adubo, mesmo havendo maior disponibilidade dos elementos no solo. Os teores de Zn e B aumentaram, o segundo provavelmente devido a complementação feita com fontes minerais, em contrapartida, os teores de Mn diminuíram com o aumento das doses de lodo de esgoto.

A tendência de queda do teor de Mn no tecido vegetal das plantas tem sido relatada por diversos autores que atribuem este efeito ao aumento do pH do solo

proporcionado pela adição deste material, promovendo precipitação do Mn e tornando-o menos disponível às plantas.

4.5 Parâmetros biométricos

No primeiro ciclo de produção da bananeira cv. 'Nanicão IAC 2001' foi observada uma diferença estatística, onde o tratamento com 25% de N-orgânico e 75% de N Mineral apresentou os melhores resultados tanto para altura de plantas como para diâmetro do pseudocaule a 30 cm do solo, como mostra a Tabela 21. Para o segundo ciclo da cultura, as plantas tiveram um grande aumento em altura (2,72m), mas não mais diferenciaram estatisticamente, o mesmo aconteceu para o diâmetro (25,3cm) e conseqüentemente apresentou uma circunferência de 79,60 cm. Gomes (2004) estudando doses de K em bananeiras cv. Prata-anã verificou um grande incremento para altura de plantas e para o diâmetro da circunferência do primeiro para o segundo ciclo.

Em um experimento com adubação orgânica e irrigação, Marcílio et al. (2006), observou em plantas de bananeira 'Nanicão IAC 2001' resultados superiores para a altura de plantas (2,55) e resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho para o diâmetro do pseudocaule (20,19).

Observações realizadas por Alves et al. (1984) evidenciaram que a irrigação pode ter uma grande influência no aumento da altura. Sampaio (1977) verificou entre o primeiro e o segundo ciclo aumento de até 1,0 m nas bananeiras cultivar 'Prata'.

Tabela 21: Valores médios de altura e diâmetro de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 1º ciclo.

Tratamento		Altura [#] (m)	Diâmetro [#] (cm)
N orgânico (%)	N mineral (%)		
100	0	2,08 b	20,5 b
75	25	2,15 a b	21,0 a b
50	50	2,08 b	20,8 a b
25	75	2,20 a	21,6 a
0	100	2,05 b	20,7 b
0	125	2,07 b	21,2 a b
Média		2,10	20,95
Fc		11,49*	3,52*
CV (%)		2,84	0,22

[#] letras minúsculas na vertical indicam diferença significativa a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 22: Valores médios de altura e diâmetro de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto no 2º ciclo.

Tratamento		Altura (m)	Diâmetro (cm)
N orgânico (%)	N mineral (%)		
100	0	2,64	24,2
75	25	2,81	25,8
50	50	2,65	24,8
25	75	2,74	25,7
0	100	2,75	26,3
0	125	2,73	25,2
Média		2,72	25,3
Fc		1,19 ^{NS}	1,91 ^{NS}
CV (%)		3,77	3,70

Pela Tabela 22, podemos verificar que os resultados de altura de plantas (m) e diâmetro (cm) do pseudocaule a 30 cm do solo não apresentaram diferença significativa na análise estatística a 5% de variância.

Podemos ressaltar que a adubação com N-orgânico em substituição ao N-mineral mineral apresentou resultados semelhantes, ao contrario de Borges & Silva (2002) os quais verificaram em bananeira cultivar ‘Terra’ melhores resultados com adubação orgânica em substituição à adubação com nitrogênio mineral, para altura e diâmetro do pseudocaule.

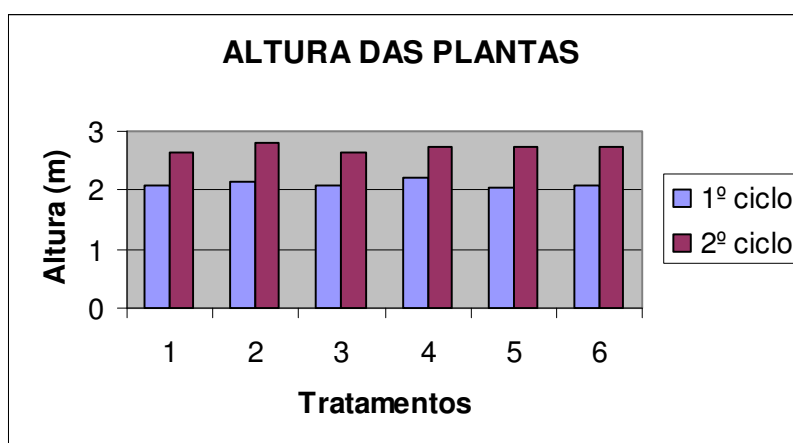


Figura 11: Comparação dos valores de altura de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto 1º e 2º ciclos.

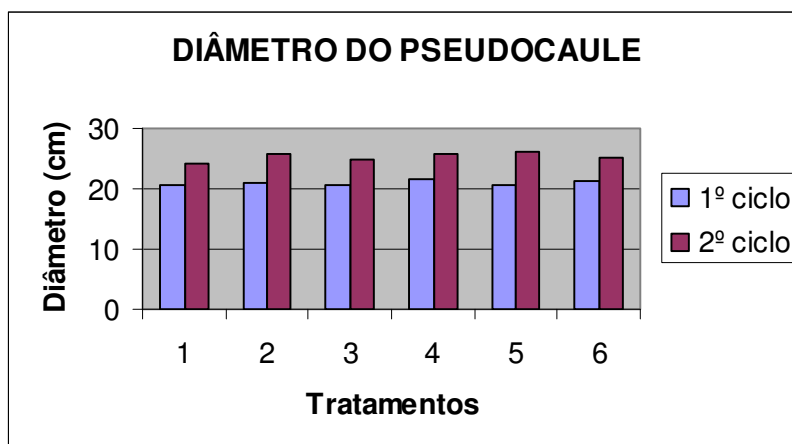


Figura 12: Comparação dos valores de diâmetro do pseudocaule de bananeiras ‘Nanicão ‘IAC 2001’ irrigadas, no manejo do solo com lodo de esgoto entre o 1º e 2º ciclos.

As Figuras 11 e 12 evidenciam um grande aumento para os valores de diâmetro de pseudocaule e para altura de plantas do primeiro para o segundo ano de cultivo em todos os tratamentos estudados.

Barbosa et al (2006) ao estudar doses de um composto orgânico em substituição ao K_2O , também verificou que em três anos de cultivo a bananeira Prata Anã houve um aumento progressivo a cada ciclo para a altura de plantas. Para o diâmetro do pseudocaule, obteve aumento até a segunda geração de plantas, tendo um decréscimo na terceira safra.

5 CONCLUSÕES

A adubação orgânica com lodo de esgoto apresentou níveis crescentes para a matéria orgânica em função da substituição de N-Mineral por N-orgânico.

Os níveis de Zn no solo apresentaram resultados crescentes em função do aumento das doses de adubação com lodo de esgoto, o que não repercutiu nos teores foliares.

Não houve diferença significativa para os parâmetros de produção e pós-colheita, o que mostra que adubação com N-orgânico pode substituir a adubação com N-mineral para os parâmetros estudados neste experimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: Características e interpretações técnicas. **Boletim Técnico**, São Paulo: ANDA, n. 6, 2 ed., 26p 1992.
- ALMEIDA, G. J. F.; POGGIANI, F.; MOREIRA E MOREIRA, R.; STAPE, J.L. Efeito do biossólido aplicado no plantio no desenvolvimento aéreo e radicular de espécies arbóreas In: SIICUSP, 13, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba ESALQ, USP, 2005. CD-Rom.
- ALVES, E. J.; SHEPHERD, K.; MESQUITA, A. L. M. Caracterização e avaliação de germoplasma de banana (*Musa sp*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUICULTURA, 7, 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 1984. v.1, p.201-221.
- ANDRADE, C. A. **Nitratos e metais pesados em solos e plantas de *Eucalyptus grandis* após aplicação de biossólidos da ETE Barueri**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- ANDRADE, C. A. **Fração orgânica de biossólidos e efeito no estoque de carbono e qualidade da matéria orgânica de um Latossolo cultivado com eucalipto**. 2004. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ANDRADE, C. A.; MATTIAZZO, M. E. Nitratos e metais pesados no solo e nas árvores após aplicação de biossólido (lodo de esgoto) em plantações florestais de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 58, p. 59-72, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry**. 11. ed. Washington, DC; 1992. 1015p.
- BANANA. **Agrianual 2007**: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira, São Paulo, 516p, 2007.
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 403-407, 2004.
- BARBOSA, R. D.; DAMATO Jr, E. R., VILLAS BOAS, R. L.; ROMEIRO, J. C. T. Avaliação dos parâmetros biométricos reprodutivos no terceiro ciclo de bananeiras ‘Prata-anã’ em função do efeito residual da adubação orgânica feita no primeiro ciclo. In: XVII REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL - Bananicultura, um negócio sustentável, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 592-596.

BARRETO, M. C. de V. **Degradação da fração orgânica de diferentes resíduos e efeitos em algumas propriedades químicas e físicas de dois solos.** 1995. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BARRETO, A. N.; GOES, E. S.; SILVA, J. F.; ALMEIDA, A. M. Uso do tanque classe “A” na determinação da lâmina de irrigação para a cultura da bananeira. In: EMBRAPA. Departamento Técnico Científico. **Síntese: Tecnologias Geradas pelo Sistema Embrapa.** Brasília: EMBRAPA-DID, 1983. p. 694.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 656 p. 2002.

BERTI, W. R.; JACOBS, L. W. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeat sewage sludge application. **Journal Environment Quality**, Madison, WI, USA, v. 25, p. 1025-1032, 1996.

BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 13, p. 187-192, 1989.

BERTONCINI, E. I. **Mobilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto.** 1997. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

BERTONCINI, E. I. **Comportamento de Cd, Cr, Cu, Ni e Zn em latossolos sucessivamente tratados com biossólido: extração seqüencial, fitodisponibilidade e caracterização de substâncias húmicas.** 2002. 210 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BERTONCINI, E. I., MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 737-744, 1999.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T. Lodo de esgoto como fertilizante para a cultura do milho (*Zea mays* L) híbrido HMD-7974. **Fertilizantes**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 9-11, 1982a.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T. Utilização do lodo de esgoto primário e fertilizante organomineral IPT na cultura do milho. **Fertilizantes**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 14-15, 1982b.

BLEINROTH, E. W. Manuseio pós-colheita, classificação, embalagem e transporte da banana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1, 1984, Jaboticabal.

Anais... Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1984, p. 353-367.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana:** cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. Campinas, 1995. cap.2, p. 133-196.

BOARETTO, A. E.; NAKAGAWA, J. Utilização de lodo de esgoto como fertilizante para a cultura do milho. **Relatório Técnico**, Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 14p. 1982.

BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados no solo após aplicação de biossólidos. I – Fracionamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 543-555, 2004.

BORGES, A. L.; SILVA, T. O. da. Adubação nitrogenada para bananeira terra (*Musa sp.* AAB, subgrupo Terra). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 1, p. 189-193, 2002.

BOYD, S. A.; SOMMERS, L. E.; NELSON, D. W. Changes in the humic acid fraction of soil resulting from sludge application. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, WI, USA, v. 44, p. 1179-1186, 1980.

BRASIL, E. C.; OEIRAS, A. H. L.; MENEZES, A. J. E. A.; VELOSO, C. A. C. Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2407-2414, dez. 2000.

CARMO, C. A. F. de S.; ARAUJO, W. S. de; BERNARDI, A. C. de C.; SALDANHA, M. F. C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. In: **EMBRAPA**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2000. p. 41.

CARVALHO, H. A. **Qualidade de Banana ‘Prata’ previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa**. 1984. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 1984.

CARVALHO, P. C. T. Compostagem (cap. 6). In: **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo, SABESP, 2001. 468p.

CARVALHO, J. G. de; PAULA, M. B. de; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e adubação da bananeira. **A Cultura da Bananeira**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, MG, n. 133, p. 20-32, 1986.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. A. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP**, Botucatu, v. 1, p. 1-95, 1983.

CATTELAN, A.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função das variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 14, p. 125-132, 1990.

CERQUEIRA, R. C.; SILVA, S. de O.; MEDINA, V. M. Características pós-colheita de frutos de genótipos de bananeira (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 3, p. 654-657, 2002.

CETESB Aplicação de lodo de sistema de tratamento em áreas agrícolas; critério para projeto e operação (Manual Técnico). São Paulo, 1999. 32p. (CETESB NORMA P 4230).

CHIBA, M. K. **Uso de lodo de esgoto na cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio e fósforo: parâmetros de fertilidade do solo, nutrição da planta e rendimentos da cultura**. 2005. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 6, p. 761-771, jun. 1984.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora ESAL, FAEPE, 1990. 320p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2º ed. Lavras: Editora ESAL, FAEPE, 2005. 293p.

COELHO, E. F.; PINHO, R. E. C.; SILVA, A. J. P.; COELHO FILHO, M. A.; SANTOS, M. R. Produtividade da bananeira ‘BRS Tropical’ no primeiro ciclo sob diferentes configurações de sistemas de irrigação por microaspersão. In: XVII REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL - Bananicultura, um negócio sustentável, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 359.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 375 sobre a disposição de lodo de esgoto ao solo. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2007.

CORDEIRO, Z. J. M. Introdução. In: **Banana Produção: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 9. (Série Frutas do Brasil, 1).

CORDEIRO, Z. J. M.; MOREIRA, R. S. A bananicultura brasileira. In: XVII REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL - Bananicultura, um negócio sustentável, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 36-47.

CORRÊA J. C. **Utilização de resíduos industriais e urbanos na composição de substratos para mudas de café.** 2001. 188 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CROMER, R. N., TOMPKINS, D., BARR, N. J., HOPMANS, P. Irrigation of Monterey pine with wastewater: effect on soil chemistry and groundwater composition. **Journal of Environmental Quality**, Madison, WI, USA, v. 13, p. 539-542, 1984.

CSJ, Companhia Saneamento de Jundiaí. **Biossólido.** Disponível em:http://www.saneamento.com.br/trat_biossolido.htm. Acesso: 25 ago. 2004.

CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; SCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999. p. 487-491.

DAMATTO JR, E. R. **Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira 'Prata-anã' (Musa AAB).** 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DAMATTO JR, E. R.; VILLA BÔAS, R. L.; LEONEL, S. Efeito residual de composto orgânico na segunda safra de bananeiras 'Prata-anã'. In: XVII REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL - Bananicultura, um negócio sustentável, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 629-633.

DANTAS, J. L. L.; SHEPHERD, K.; SILVA, S. O.; FILHO, W.S.S. Classificação botânica, origem, evolução e distribuição geográfica. In: ALVES, E.J. **A Cultura da Banana: Aspectos Técnicos, Sócio-Econômicos e Agroindustriais.** 2ª Ed. Cruz das Almas, BA, EMBRAPA SPI, 1999. p. 27-33.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, SOLOS, 1999. 412p.

FALKINER, R. A.; SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, Vic, v. 35, p. 131-147, 1997.

FAO–FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat>>. Acesso em: 16 nov. 2004.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L. C. D.; SILVA, R. P.; OLIVEIRA, C. B. Estudo de fontes e doses de matéria orgânica para adubação de cafeeiro cultivado no cerrado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 2000, p. 1042-1043.

FIEST, L. C.; ANDREOLI, C. V.; MACHADO, M. A. M.; CORRÊA, A. R. Influência da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades químicas do solo. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília, 1999 (059-7).

FONSECA, A. F.; **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela adição de efluente de lodo de esgoto tratado.** 2001. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FORTES NETO, P.; CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da aplicação de lodo de esgoto da indústria de papel e celulose sobre as características químicas e a atividade microbiana 59 do solo e o rendimento da matéria seca do milho. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília, 1999, p. 48-52.

FRANK, R. The use of biosolids from wastewater treatment plants in agriculture. **Environmental Management**, New York, v. 9, n. 4, p. 165-169, Apr. 1998.

GALDOS, M. V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutrófico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 569-577, 2004.

GALASSI, L. F. R.; ROMEIRO, J. C. T.; BARBOSA, R. D.; GRASSI FILHO, H. Avaliação dos incrementos de macronutrientes e matéria orgânica no solo pela adição de lodo de esgoto na cultura da banana cv. “IAC 2001” em regime de sequeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19, 2006, Cabo Frio. **Anais...** Cabo Frio: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2006. p. 537.

GALLI, J. A., FRANCO, E. R., BELLINGIERI, P. A., FREITAS, J. C. Avaliação da escória de aciaria na produção de matéria seca, nutrição mineral e aspectos fisiológicos do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília, 1999, p. 33-39.

GLÓRIA, N. A. **Resíduos industriais como fonte de matéria orgânica.** In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1992. p. 129-148.

GOBBI, M. A. **Potencialidade do uso do lodo de esgoto como fonte de macronutrientes no cultivo do milho (*Zea mays* L.) no município de Maringá – PR.** 2003. 122 f. Tese

(Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

GOMES, E. M. **Crescimento e produção de bananeiras ‘Prata-anã’ e ‘Maçã’ fertirrigadas com potássio.** 2004. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

GOMES, J. A. **Absorção de nutrientes pela bananeira cultivar Prata (Musa AAB, subgrupo Prata) em diferentes estádios de desenvolvimento.** 1988. 98 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis*.** 2005. 154 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GUEDES, M. C.; POGGIANI, F. Variações dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 63, p. 188-201, 2003.

GUERRA, A. G. **Fertirrigação com nitrogênio e potássio utilizando sistema de irrigação por microaspersão na cultura da bananeira ‘Prata-anã’.** 2001. 69 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

HOOKE, J. E. Movement of phosphorus and nitrogen in soil following application of municipal wastewater. In: NELSON, D. W.; ELRICK, D. E.; TANJI, K. K. (Ed.) **Chemical mobility and reactivity in soil systems.** Madison, WI: Soil Science Society of America, 1981. p. 241-155.

HUE, N. V. Sewage sludge. In: RECH, G. L. **Soil amendments and environmental quality.** Boca Ration: CRC Press, 1995. p. 149-168.

JESUS, S. C. de; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

JOHNS, G. G.; McCONCHIE, D. M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. I. Field evaluation of effect on plant nutrients and additional elements in leaf, pulp and soil. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, Vic, v. 45, p. 1601-1617, 1994a.

JOHNS, G. G.; McCONCHIE, D. M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, Vic, v. 45, p. 1619-1638, 1994b.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design. S.1:** Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KOCSSIS, M.; MARIA, I. C. de. **O efeito do lodo de esgoto na recuperação da estrutura física de solos degradados.** Disponível em: <
http://www.cibergeo.org/agbnacional/VICBG-2004/Eixo2/E2_230.htm> Acesso em: 25 ago. 2004.

KOJIMA, K.; SAKURAI, M.; KURAISHI, S. Fruit softening in banana: correlation among stress- relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 4, p. 772-778, apr. 1994.

LAL, R. K.; GARG, M.; KRISHNAN, P. S. Biochemical aspects of the developing and ripening banana. **Phytochemistry**, New York, v. 13, n. 11, p. 2365-2370, 1974.

LAMBAIS, M. R.; de SOUZA, A. G. **Impacto de biossólido nas comunidades microbianas dos solos.** In: SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDO NO MERCOSUL, 2, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas, 1999.

LANARV – LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL - **Análise de Corretivos Fertilizantes e Inoculantes:** Métodos Oficiais. Ministério da Agricultura – Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária: 1988, 104p.

LIRA, A. C. S. **Lodo de esgoto em plantações de eucalipto: carbono, nitrogênio e aspectos da fotossíntese.** 2006. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafos**, 1997. 304p.

MALTA, T. S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ.** 2001. 68 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001.

MANOEL, L. **Irradiação e refrigeração na conservação de bananas ‘Prata’ e ‘Nanica’ climatizadas.** 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O.; OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Amarelo saturado e não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2001.

MARCÍLIO, H. C.; ANDRADE, A. L.; PEREIRA, G. A.; ABREU, J. G.; SANTOS, C. C. Avaliação de genótipos de bananeira em sistema orgânico de produção. In: XVII REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 553-556.

MARQUES, M. O. **Incorporação de biossólidos em solos cultivados com cana de açúcar.** 1996. 111 f. Tese (Livre-docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MARQUES, M. O.; CESAR, M. A. A.; SILVA, F. C.; CAMARGO, A. P.; MARQUES, T. A.; BETTIOL, W. Aproveitamento do lodo de esgoto como adubo em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, vol III, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 251-252.

MARQUES, M. O.; MELO, W. J.; MARQUES, T. A. Metais pesados e o uso do biossólido na agricultura. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. de C. T. de; MELFI, A. J.; MELO, W. J. de; MARQUES, M.O. (Ed.). **Biossólidos na Agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p. 365-403.

MARTENS, D. A. **Nitrogen cycling under different soil manegement systems.** Advances in agronomy, New York, v. 70 p. 143-192, 2001.

MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 563-574, 2003.

MATTHIESEN, M. L.; BOTEON, M. **Análise dos princípios pólos produtores de banana no Brasil.** Disponível em:<[http:// www.cepea.esalq.usp/pdf/banana.pdf](http://www.cepea.esalq.usp/pdf/banana.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2004.

MEDIANA, J. C. Cultura. In: ITAL. **Banana: da cultura ao processamento e comercialização.** Campinas: ITAL, 1978. p. 7-62.

MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Impacto dos biossólidos sobre o solo, cap.9 In: **Biossólidos na Agricultura**, 2001. 468p.

MELO, V. P. **Propriedades químicas e disponibilidade de metais pesados para a cultura do milho em dois latossolos que receberam a adição de biossólido.** 2002. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.) **Impacto Ambiental do uso agrícola de lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. cap. 5, p.109-142.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. A. Efeito de doses de lodo de esgoto sobre a matéria orgânica e a CTC de um latossolo cultivado com cana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, vol III, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 253-254.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Efeitos de doses crescentes de lodo de esgoto sobre as frações de matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 18, p. 449-455, 1994.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. Cap. 11.: In: **Biossólidos na agricultura**, 2001. 486p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Fertilizer application. Cap. 6. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th Ed. Wolblaunfen – Bern: International Potash Institute, 1987, p. 303-346.

MOBRICCI, C. A. N. **Adubação mineral, esterco de curral e lodo de esgoto no desenvolvimento inicial do cafeeiro**. 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MONTEIRO, J. V. **Produtividade da mamoneira AL – Guarani 2002 (*Ricinus communis L*) em função de diferentes arranjos populacionais**. 2005. 89 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Lavras, Lavras, 2005.

MOREIRA, J. A. A.; BERNARDES, T.; MENEGUCCI, J. L. P.; STONE, L. F.; PEIXOTO, N. Comportamento produtivo da bananeira tropical sob diferentes níveis de tensão de água no solo. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 357.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 335p.

MUNHOZ, R. O. **Disponibilidade de fósforo para o milho em solo que recebeu lodo de esgoto**. 2001. 74 f., Dissertação (Mestrado) - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2001.

- NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2004.
- OLIVEIRA, S. L. de. Irrigação. In: ALVES, E. J. **A Cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa - Serviço de Produção de Informação, 1999. p. 317-332.
- OLIVEIRA, F. C. **Disposição de lodo e composto de lixo urbano num latossolo vermelho amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solo e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- OLIVEIRA, F. C.; MARQUES, M. O.; BELLINGIERI, P. A.; PERECIN, D. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 52, p. 360-367, 1995.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. Efeito das aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana de açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, p. 505-519, 2002.
- PALMER, J. K. The banana. In: HUME, A. C. (Ed.) **The biochemistry offruits and their products**. London: Academic Press, v. 2, p. 65-101, 1971.
- PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport, AVI. 1975. 560p.
- PIGOZZO, A. T. J. **Disposição de lodo de esgoto: acúmulo de metais pesados no solo e em plantas de milho (*Zea mays L.*)**. 2003. 200 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- PINTO, A. C. Q. **Influência do ácido giberélico, do permanganate de potássio e da embalagem de polietileno na conservação e embalagem de banana ‘Prata’**. 1978. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1978.
- PREZOTTI, L. C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 3ª aproximação**. Vitória: EMCAPA, 1992. 73p. (Circular Técnica, 12).
- POSSIDEO, E. L. de. **Irrigação no nordeste: situação atual e tecnológica**. In: Fundação Baiana para estudos econômicos e sociais (Salvador BA). *Convivência do homem com a seca e a irrigação no Nordeste Salvador*. 1984, p. 41-49.

QUIN, B. F.; WOODS, P. H. Surface irrigation of pasture with treated sewage effluent. I. Nutrient status of soil and pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 419-426, 1978.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: IAC, 1991.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico 100).

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 81, p. 1-31, 1983.

REIS, T. C. **Variação da acidez do solo em resposta a adição de materiais orgânicos**. 1998. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

REZENDE, C. I. O. **Influência da aplicação do lodo de esgoto (biossólido) sobre a concentração e o estoque de nutrientes na biomassa do sub-bosque na serrapilheira e no solo de um talhão de *Eucalyptus grandis***. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

RIBEIRO, D. E. **Avaliação sensorial de frutos de cultivares e híbridos de bananeiras (*Musa spp*)**. 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1998.

RIGOLON, C. M. **Espécies vegetais de cobertura e resíduos industriais e urbanos na cultura da soja em sistema de semeadura direta**. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

ROCHA, J. L. V. da. Fisiologia pós-colheita de banana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1, 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1984, p. 353-367.

ROMEIRO, J. T. C. **Parâmetros químicos da solução de um solo fertilizado com lodo de esgoto em bananeiras irrigadas**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

ROSSIGNOLI, P. A. **Atmosfera modificada por filmes de polietileno de baixa densidade com diferentes espessura para conservação de bananas Prata em condições**

ambiente. 1983. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1983.

RYALL, A. L.; PENTZER, W. T. Handling, transportation and storage fruits and vegetables: fruits and tree nuts. **Westport**, the AVI Publishing, 1974. v. 2, 545p.

SABEY, B. R. The use of sewage as a fertilizer. In: BEWINCK, M. W. **Handboock of organic waste conversion**, van Nostrand Reinhold, 1980. p. 72-107.

SALES, A. N. **Aplicação de 1 - metilciclopropeno em banana ‘Prata-Anã’ armazenada sob baixa temperatura seguida de climatização**. 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SAMPAIO, V. R. Bananeira características de desenvolvimento e de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4, Salvador, 1977, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, p. 53-57.

SANTOS, I. dos. Efeito do lodo de esgoto sobre a atividade microbiana e fiopatógenos habitantes do solo. Botucatu, 2001. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Campus de Botucatu.

SANTOS, D. S.; ANDRADE, C. A.; MATTIAZZO, M. E. Degradação da fração orgânica de lodos de esgoto após aplicação no solo (compact disc). In: FERTIBIO, 2002, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCE/ SBM/ UFRJ, 2002.

SHI, W.; MILLER, B. E.; STARK, J. M.; NOTON, J. M. Microbial nitrogen transformations in response to treated dairy waste in agriculture soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, WI, USA, v. 68, n. 6, p. 1867-1864, 2004.

SHIROTTA, R.; ROCHA, M. T. **Análise de mercado potencial agrícola do lodo de esgoto biológico resultante do tratamento de esgoto urbano na região de Limeira, SP**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 85p.

SILVA, P. H. M. **Produção de madeira, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo em plantios de *Eucalyptus grandis*, após aplicação de lodo de esgoto**. 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEIXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 1-8, 1998.

SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; SHEPHERD, K.; DANTAS, J. L. L. Cultivares cap. 5. In: ALVES, E. J. (Org). **A Cultura da Banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa/ CNPMPF, 1999, p.85-105.

SILVÉRIO, L. Uso agrícola do lodo de esgoto, da matéria orgânica do lixo urbano e de resíduos industriais. **Revista O Agrônomo**, São Paulo, SP, v. 56, n. 1, p. 5-8, 2004.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C. Extração e fitodisponibilidade de metais em resposta a adição de lodo de esgoto no solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 19, n. 3, 2002.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; PLESE, L. P. M., Efeito do lodo de esgoto nas propriedades químicas de um solo podzólico vermelho-amarelo. In: XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999, p. 49-52.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, 2003.

SIQUEIRA, D. L. de. **Variabilidade e correlações de caracteres em clones de bananeira 'Prata'**. 1984. 66 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1984.

SOCOL, V. T.; PAULINO, R. C. Riscos de contaminação do agroecossistema com parasitos pelo uso do lodo de esgoto. In: Bettiol, W.; Camargo, O. A. (Eds.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p. 245-259.

SOTO BALLESTERO, M. **Banana – cultivo y comercialización**. 2ed. San José: Litografía e Imprensa LIL, 1992. 674p.

SOUSA, V. F.; VELOSO, M. E. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B.; d'ALBUQUERQUE JR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção de bananeira 'Grand Naine'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 9, 2004.

SOUTO, L. S. **Resposta da cultura da mamona à fertilização com lodo de esgoto**. 2007. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SOUZA, A. T.; PEIXOTO, A. da N.; WAACHHOLZ, D. **Banana**. Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1995. 103p. (Estudo de economia e mercado de produtos agrícolas, 2).

SOUZA, J. S.; Torres Filho, P. Aspectos socioeconômicos. In: Alves, E.J. (ed). **A cultura da banana**. Aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais. Brasília: EMBRAPA – SP, 1999. p. 507-524.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, SP, 2005.

SOUZA, W. J. O. **Fósforo em solo tratado com biossólido e cultivado com milho**. 2004. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. C. Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria. Botucatu: FEPAF, 2006. 316p. : il., grafs., tabs..

SPEIR, T. W.; VAN SCHAİK, A. P.; KETTLES, H. A.; VICENT, K. W.; CAMPBELL, D. J. Soil and stream-water impacts of sewage effluent irrigation onto steeply sloping land. **Journal of Environmental Quality**, Madison, WI, USA, v. 28, p. 1105-1114, 1999.

STEWART, H. T. L.; HOPMANS, P.; FLINN, D. W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australian. **Environmental Pollution**, v. 63, p. 155-177, 1990.

STRAUS, E. L. Normas de utilização de lodos de esgoto na agricultura. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 215-224.

SUNDAY, O. S. A. Efeito de fertilizantes orgânicos e inorgânicos no desempenho agrônômico de duas espécies de *Musa*. . In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL, 17, 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT, ACAFRUTA, 2006. p. 361.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, v.26, p.59-68, 1993.

TRINDADE, A. V. **O cultivo da banana**, EMBRAPA 1997, p. 13-89.

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 69-105.

TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos, cap 4. In: **Biossólidos na Agricultura**, 2001. 468p.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 2002, 468p.

TURNER, D. W. Postharvest and Storage of tropical and subtropical fruits. Bananas and plantains. In: MITRA, S. **Postharvest storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB internacional, 2001. p. 47-77.

VICTÓRIA, R. L. et al. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N. et al. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.

VIEIRA R. F. Mineralização de nitrogênio em solo suplementado com lodo de esgoto. In: FERTBIO, 2000, Santa Maria, RS. **Trabalho...** Santa Maria: FERTBIO, 2000.

VILAS BOAS, E. V.de.B. **Aspectos Fisiológicos do Desenvolvimento de Frutos**. 1999. 71 f. Curso de Especialização (Pós Graduação “Lato sensu” Ensino à Distancia: Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Manutenção e Qualidade) - FAEPE/DCA, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

VILLAS BOAS, R. L.; BÜLL, L. T.; BOARETTO, A. E. Estudo da disponibilidade de fósforo do lodo de esgoto aplicado ao solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 4, Taubaté. **Anais...** Taubaté: Universidade de Taubaté, 1984. p. 93.

VILAS BOAS, E. V. de B.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B. Características das frutas. In: MATSURA, F. C. A. U., FOLEGATTI, M. I. S. (Ed) **Banana**. Pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 71p. (Série Frutas do Brasil, 16).

ANEXO

Dia de coleta de dados	Leitura (mm)	Pluviômetro (mm)	Complemento para o tanque classe "A" (mm)
5/4/2006	95,32		
6/4/2006	91,94		
7/4/2006	88,56	3,89	
10/4/2006	91,34		
13/4/2006	88,58	4,15	
17/4/2006	79,12	3,12	
18/4/2006	80,22		
19/4/2006	75,64		
20/4/2006	70,08	2,48	
24/4/2006	68,25		97,87
25/4/2006	93,59		
26/4/2006	86,67		
27/4/2006	82,75		
28/4/2006	77,1		
30/4/2006	72,69		
2/5/2006	62,41		
4/5/2006	52,2		
5/5/2006	48,18		
8/5/2006	37,96		93,59
9/5/2006	91,8		
10/5/2006	88,3		
11/5/2006	86,46		
12/5/2006	82,52		
15/5/2006	72,37		
16/5/2006	66,75		
17/5/2006	63,9		
18/5/2006	60,81		
19/5/2006	56,2		
22/5/2006	50,42		
23/5/2006	57,7		
24/5/2006	56,96		
25/5/2006	54,7		
26/5/2006	50,73		
29/5/2006	41,38		
31/5/2006	91		
1/6/2006	88,9		
2/6/2006	85,2		
3/6/2006	80,23		
5/6/2006	74,36		
6/6/2006	72,64		
7/6/2006	70,48		
8/6/2006	65,32		
9/6/2006	62,93		
13/6/2006	48,42		

14/6/2006	44,9		85,62
17/6/2006	81,54		
18/6/2006	77,59		
19/6/2006	72,73		
21/6/2006	63,2		
22/6/2006	60,5		
23/6/2006	57,56		
26/6/2006	62,27	1,97	
27/6/2006	61,66		
28/6/2006	57,92		
29/6/2006	54,62		
30/6/2006	53,13		
3/7/2006	49,24	1,34	90,7
4/7/2006	89,37		
5/7/2006	88,82		
6/7/2006	83,67		
7/7/2006	81,5		
10/7/2006	74,86	0,93	
11/7/2006	72,96		
12/7/2006	70,26		
13/7/2006	67,56		
14/7/2006	63,74		
17/7/2006	50,34		
18/7/2006	47,56		
19/7/2006	45,79		96,14
20/7/2006	93,98		
21/7/2006	88,4		
24/7/2006	72,62		
25/7/2006	68,48		
27/7/2006	59,42		
28/7/2006	49,69		
31/7/2006	59,9	2,45	
1/8/2006	59,98	0,84	
2/8/2006	57,41		
3/8/2006	56,22		
4/8/2006	51,24		
7/8/2006	45,64		95,67
8/8/2006	92,02		
9/8/2006	85,76		
10/8/2006	81,56		
12/8/2006	76,43		
15/8/2006	72,12		
16/8/2006	68,53		
17/8/2006	62,49		99,43
22/8/2006	95,67		
23/8/2006	91,48		
24/8/2006	86,52		
27/8/2006	70,13		
28/8/2006	66,45	0,49	

29/8/2006	61,24		97,3
30/8/2006	93,68		
31/8/2006	87,28	8,15	
1/9/2006	91,6	2,24	
4/9/2006	93,06		
5/9/2006	88		
6/9/2006	79,08		
11/9/2006	55,74		
12/9/2006	49,88		
13/9/2006	37,82		
14/9/2006	33,08		90,24
18/9/2006	87,78	0,23	
19/9/2006	84,72		
20/9/2006	79,88		
25/9/2006	71,4	0,11	
26/9/2006	66		
27/9/2006	60,08		
28/9/2006	55,6		
29/9/2006	49,24		93,92
30/9/2006	90,12	5,68	
2/10/2006	93,85		
4/10/2006	89,2	12,2	
9/10/2006	92,54		
10/10/2006	88,54		
13/10/2006	84,57		
14/10/2006	80,59		
15/10/2006	75,23	6,8	
16/10/2006	77,24	5,24	
17/10/2006	79,24		
20/10/2006	77,21		
23/10/2006	56,52		
24/10/2006	50,68		
25/10/2006	43,74		95,39
27/10/2006	81,92		
31/10/2006	78,24		
1/11/2006	74,21		
2/11/2006	70,03		
3/11/2006	60,34		
6/11/2006	58,2	1,12	
7/11/2006	54,38		
9/11/2006	41,46		99,24
13/11/2006	76,28		
14/11/2006	72,86		
17/11/2006	69,36	1,24	
18/11/2006	68,24		
19/11/2006	64,46	2,59	
21/11/2006	66,94		
22/11/2006	62,74		
25/11/2006	52,69		

26/11/2006	47,13		94,24
27/11/2006	90,89		
29/11/2006	83,57	3,56	
3/12/2006	84,22		
5/12/2006	79,06		
6/12/2006	76,63	13,95	
7/12/2006	87,06		
8/12/2006	81,34		
11/12/2006	79,51		
14/12/2006	61,54		
15/12/2006	59,29		
18/12/2006	50,52		
19/12/2006	42,4		
20/12/2006	37,2		96,24
21/12/2006	91,67		
22/12/2006	87,46		
27/12/2006	66,35		
8/1/2006	41,22		95,23
9/1/2006	86,33		
10/1/2007	85,22	2,33	
11/1/2007	77,23		
12/1/2007	68,44		
15/1/2007	49,33		
16/1/2007	46,39		95,61
17/1/2007	88,56		
18/1/2007	85,6		
19/1/2007	85,3	1,74	
22/1/2007	68,31		
23/1/2007	60,28		
24/1/2007	50,38		98,04
25/1/2007	86,38		
26/1/2007	75,33		
29/1/2007	59,68		
30/1/2007	105,58	50,31	105,58
31/1/2007	100,22		
1/2/2007	95,58		
2/2/2007	90,33		
5/2/2007	83,67		
6/2/2007	106,45	30,23	106,45
7/2/2007	97,78		
8/2/2007	84,33		
9/2/2007	73,48		
12/2/2007	50,23		
13/2/2007	44,75		109,68
14/2/2007	102,16		
15/2/2007	97,17		
16/2/2007	92,06		
19/2/2007	80,44		
20/2/2007	75,33		

21/2/2007	68,84		
22/2/2007	98,04	32,45	
23/2/2007	92,44		
26/2/2007	76,14	1,22	
27/2/2007	72,38		
28/2/2007	70,38		
1/3/2007	63,44		
2/3/2007	59,84		
5/3/2007	48,33		
6/3/2007	45,58		
7/3/2007	36,9		110,48
8/3/2007	101,42		
9/3/2007	99,44		
12/3/2007	94,06		
13/3/2007	91,62		
14/3/2007	85,62		
15/3/2007	93,28	8,75	
16/3/2007	90,12		
19/3/2007	80,67		
20/3/2007	73,44		
21/3/2007	70,98		
22/3/2007	65,38		
23/3/2007	61,34		
26/3/2007	54,48		
27/3/2007	47,36		104,38
28/3/2007	100,33		
29/3/2007	93,44		
30/3/2007	87,61		
2/4/2007	73,49		
3/4/2007	70,56		
4/4/2007	72,65	3,85	
5/4/2007	69,38		
6/4/2007	65,35		
9/4/2007	73,56	12,35	
10/4/2007	70,92		
11/4/2007	65,5		
12/4/2007	62,73		
13/4/2007	57,72		
16/4/2007	42,78		100,22
17/4/2007	94,98		
18/4/2007	91,3		
19/4/2007	85,46		
20/4/2007	80,38		
23/4/2007	67,44		100,7
24/4/2007	96,02		
25/4/2007	92,4		
26/4/2007	89,64		
27/4/2007	82,38		
2/5/2007	76,04		

3/5/2007	67,9		100,89
4/5/2007	96,64		
5/5/2007	103,54	4,85	
6/5/2007	98,79		
9/5/2007	93,15		
10/5/2007	87,44		
11/5/2007	93,85	3,21	
12/5/2007	86,18		
13/5/2007	80,13		
16/5/2007	76,35		
17/5/2007	73,87		
18/5/2007	69,38		
19/5/2007	62,38		
20/5/2007	59,27		
23/5/2007	55,18		97,18
24/5/2007	93,84		
25/5/2007	88,79		
26/5/2007	84,23		
27/5/2007	77,14		
30/5/2007	61,38		103,54
31/5/2007	99,33		
1/6/2007	95,38		
4/6/2007	90,38	8,35	108,78
5/6/2007	105,19		
6/6/2007	102,14		
7/6/2007	99,08		
8/6/2007	93,44		
11/6/2007	82,36		
12/6/2007	79,44		
13/6/2007	76,84		
14/6/2007	74,26		
15/6/2007	73,28		
18/6/2007	71,02		
19/6/2007	68,33		
20/6/2007	66,29		
21/6/2007	63,3		
22/6/2007	60,41		90,48
25/6/2007	85,29		
26/6/2007	83,94		
27/6/2007	80,96		
28/6/2007	77,38		
29/6/2007	75,66		