

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

**MANEJO DO SOLO COM LODO DE ESGOTO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE FRUTOS EM BANANEIRA IRRIGADA.**

FRANCILENE CARDOSO ALVES FORTES

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

BOTUCATU-SP

Março-2011

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

**MANEJO DO SOLO COM LODO DE ESGOTO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE
DE FRUTOS EM BANANEIRA IRRIGADA.**

FRANCILENE CARDOSO ALVES FORTES

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

Co-Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

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

BOTUCATU-SP

Março-2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "MANEJO DO SOLO COM LODO DE ESGOTO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM BANANEIRA IRRIGADA".

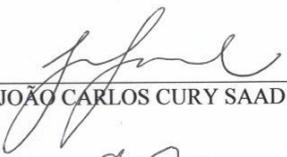
ALUNA: FRANCILENE CARDOSO ALVES FORTES

ORIENTADOR: PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Aprovado pela Comissão Examinadora



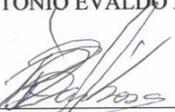
PROF. DR. HÉLIO GRASSI FILHO



PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD



PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR



PROF. DR. RODRIGO DOMINGUES BARBOSA



PROF. DR. ERVAL RAFAEL DAMATTO JÚNIOR

Data da Realização: 04 de março de 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
- UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Fortes, Francilene Cardoso Alves, 1973-
F738m Manejo do solo com lodo de esgoto na produção e qualidade de
frutos em bananeira irrigada / Francilene Cardoso Alves Fortes.
- Botucatu : [s.n.], 2011
xiii, 113 f. : il. color., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2011
Orientador: Hélio Grassi Filho
Co-orientador: Raimundo Leite Cruz
Inclui bibliografia

1. Fertilidade do solo. 2. Fertilizante orgânico. 3.
Fruticultura. 4. Nutrição mineral de plantas. I. Grassi Filho,
Hélio. II. Cruz, Raimundo Leite. III. Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu).
Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.

Dedico

*Ao anjo chamado Rebecca Cardoso Soares Fortes (in memoriam),
que iluminou a minha vida e a de todos que ao conhecê-la aprendeu
o verdadeiro sentido da palavra VIDA.*

AGRADECIMENTOS

À Deus agradeço todos os dias pelo cheiro da terra molhada, pelo orvalho de cada manhã e pelo cair da chuva nas plantas em seu pleno desenvolvimento.

Aos meus pais, José Alves Fortes Filho e Nadabe Cardoso de O. Alves Fortes, pela ajuda e por acreditar que hoje eu estaria aqui, fazendo o melhor.

A todos da minha família, que contribuíram de alguma forma para o reconhecimento da minha conquista aqui hoje presente.

Ao meu orientador Prof. Dr. Hélio Grassi Filho, por ter concedido a mim uma pesquisa de grandes perspectivas, e acreditar que tudo daria certo, mesmo mediante a tantas tempestades.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Raimundo Cruz Leite, por conceder a oportunidade de recomeçar uma nova pesquisa, acreditando que lá na frente, colheria bons frutos.

Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, por ter acreditado na minha capacidade e na minha força de vontade em deixar tudo pra trás e seguir em busca deste sonho, que hoje pretendo aqui concretizá-lo.

Ao Marco Antônio Toledo de Alvarenga, pela ajuda e compreensão de todos os momentos tanto bons quanto ruins que cruzaram os nossos caminhos. Sendo assim, quero dizer-te que conviver com as qualidades, não justifica o amor, mas aprender a lidar com os defeitos, são meros argumentos de um longo aprendizado.

A maior satisfação da vida é quando encontramos amigos verdadeiros, porém quando se tornam irmãs e irmãos, o agradecimento vai além da eternidade. Obrigado Deus pelas minhas irmãs Rigléia Lima Brauer, Talita Pletsch, Erika Fabiana de Oliveira, Liana Rodrigues Tavares Costa, Roberta Angelini Sfalcin e pelos meus irmãos José Joaquim de Carvalho e Jayme Laperuta Neto, que com todo carinho, respeito, sorrisos e lágrimas fizeram desses quatro anos vividos aqui, algo inexplicável.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo fornecida durante o curso;

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE FOTOS	XII
RESUMO	XIII
SUMMARY	XIV
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Situação da bananicultura.....	4
2.2 Importância da nutrição para a bananicultura.....	6
2.3 Análise foliar	8
2.4 Efeitos da nutrição na qualidade	9
2.5 Qualidade pós-colheita dos frutos.....	10
3 LODO DE ESGOTO (LE)	12
3.1 Aspectos gerais do lodo de esgoto	13
3.2 Composição do lodo de esgoto	15
3.3 Normas e classificação para utilização do lodo de esgoto na agricultura.....	16
3.4 Culturas recomendadas	18
3.5 Importância da adição de matéria orgânica ao solo	19
3.6 Reflexo da aplicação de lodo de esgoto na produtividade das culturas.....	19
3.7 Potencial de uso agrícola de lodo de esgoto	20
3.8 Limitações do uso do lodo de esgoto	21
3.9 Utilização do lodo após compostagem.....	22
3.10 Nitrogênio na agricultura.....	22
4 METAIS PESADOS OU ELEMENTOS TRAÇOS	25
4.1 Características dos metais pesados.....	26
4.2 Principais metais pesados associados ao uso agrícola do Lodo.....	27
4.2.1 Cádmio (Cd)	27
4.2.2 Chumbo (Pb).....	28
4.2.3 Cobre (Cu)	29
4.2.4 Cromo (Cr)	30

4.2.5 Níquel (Ni)	32
4.3 Teor total de metais pesados em solo	33
4.4 Metais pesados nas folhas e frutos de bananas	34
4.5 Absorção e Acúmulo de Metais Pesados nas Plantas.....	36
4.6 Determinação de Metais Pesados.....	37
4.7 Espectrometria de absorção atômica	37
5 IRRIGAÇÃO	38
5.1 Importância da irrigação para bananicultura	38
5.2 Métodos de irrigação	39
5.3 A escolha do método de irrigação para bananicultura.....	39
5.4 Necessidades hídricas das bananeiras	40
6 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
6.1 Localização da área experimental	41
6.2 Clima	41
6.3 Caracterização do solo	42
6.4 Descrição da cultivar.....	42
6.5 Instalação e condução da cultura no campo	43
6.6 Instalação e condução da cultura no campo	43
6.7 Análise química e aplicação de lodo de esgoto ao solo.....	45
6.8 Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos	46
6.9 Irrigação: Sistema e Manejo	47
6.10 Parâmetros a serem avaliados.....	49
6.10.1 Parâmetros biométricos.....	49
6.10.2 Análise química do solo após a implantação da cultura	50
6.10.3 Qualidade pós-colheita dos frutos	51
6.10.4 Análise teores de metais pesados no solo	53
6.10.5 Análise teores de metais pesados nas folhas	53
6.10.6 Análise teores de metais pesados nos frutos	53
6.10.7 Análise estatística	54
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Valores médios de alguns parâmetros em São Paulo (base seca)	15
Tabela 2. Concentrações máximas permissíveis de metais pesados em LE	16
Tabela 3. Classes de lodo de esgoto ou produtos derivados – agentes patogênicos.....	17
Tabela 4. Análise química do solo nas camadas de 0-20 cm em 2008 e 2009.....	42
Tabela 5. Análise química do solo da área experimental em 2008.....	44
Tabela 6. Análise química do solo da área experimental em 2009.....	44
Tabela 7. Análise química do lodo de esgoto utilizado no experimento no ano de 2008....	45
Tabela 8. Análise química do lodo de esgoto utilizado no experimento no ano de 2009....	45
Tabela 9. Época e porcentagem de composto aplicado nas plantas de bananeira	46
Tabela 10. 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’	56
Tabela 11. Altura de plantas, diâmetro de pseudocaule e número de folhas de bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas	62
Tabela 12. Fieimeza, Sólidos Solúveis, Acidez Titulável, e pH de bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas	65
Tabela 13. Análise química do solo em bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas	68

Tabela 14. Teores médios de micronutrientes no solo em bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas.....	71
Tabela 15. Teores médios de macronutrientes nas folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas.....	73
Tabela 16. Teores médios de micronutrientes nas folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas.....	77
Tabela 17. Teores médios de macronutrientes nas cascas do fruto de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas	78
Tabela 18. Teores médios de macronutrientes na polpa de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas	79
Tabela 19. Teores médios de micronutrientes nas cascas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas.....	82
Tabela 20. Teores médios de micronutrientes na polpa de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas.....	83
Tabela 21. Teores metais pesados no solo de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’	86
Tabela 22. Teores metais pesados nas folhas de bananeiras ‘Nanicão IAC 20001’	92
Tabela 23. Teores metais pesados nas cascas de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’	96
Tabela 24. Teores metais pesados na polpa de bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’	97

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1: Amostragem foliar em bananeira, para análise química. 50

LISTA DE FOTOS

	Página
Foto 1. Adubação convencional	46
Foto 2. Adubação com lodo de esgoto	46
Foto 3. Tanque Classe A utilizado no experimento	48
Foto 4. Microaspersor utilizado	48
Foto 5. Texturômetro utilizado no experimento	52
Foto 6. Frutos do experimento.....	54
Foto 7. Embalagens.....	54
Foto 8. Início do enchimento do cacho	55
Foto 9. Cacho próximo da colheita.	55

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o manejo do solo com lodo de esgoto na produção e qualidade de frutos em bananeira irrigada 'Nanicão IAC 2001', visando melhorias nas características físico-químicas para a cultura e minimizar impactos ambientais, mas há limitações, como metais pesados e organismos patogênicos. O experimento foi conduzido em condições de campo, numa área pertencente Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, Campus de Botucatu/SP. O lodo de esgoto foi fornecido pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 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 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 úteis. Os efeitos da substituição química pela orgânica no solo foram avaliados por parâmetros biométricos (diâmetro médio do pseudocaule, altura média de inserção da inflorescência, número de cachos por planta, peso do cacho e número médio de frutos por planta), qualidade dos frutos pós colheita (Firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis) e acúmulos de macro, micronutrientes e metais pesados (cádmio, cromo, chumbo, cobre e níquel) em folhas, casca, polpa e no solo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias das variáveis analisadas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos indicaram que a adubação orgânica promoveu incrementos na matéria orgânica, e que a quantidade aplicada de biossólido na área experimental, mesmo observando diferenças estatísticas foi segura e não apresentou risco de contaminação ambiental com metais pesados, conforme limites estabelecidos pelo CONAMA (2006) e a CETESB (2001), justificando assim as aplicações de lodo de esgoto, como uma fonte alternativa de melhorias das características físico-química e ambiental.

Palavras chaves: fertilizante orgânico, fruta, nutrição mineral de plantas e fertilidade do solo.

SOIL MANAGEMENT WITH SEWAGE SLUDGE PRODUCTION AND FRUIT QUALITY OF BANANA IRRIGATED.

Botucatu, 2010. Tese 114p. (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FRANCILENE CARDOSO ALVES FORTES

Adviser: HÉLIO GRASSI FILHO

Co-Adviser: Raimundo Cruz Leite

SUMMARY

The objective of this work was study the handily soil with sewage sludge in the production and fruits quality in irrigated bananeira ‘NANICÃO IAC 2001’, in order to improve the characteristics psychochemical for this culture, aiming decrease fertilizers spending and reducing environment impacts, sewage sludge was used in agricultural soils. It is an interesting option, but there are some limitations, as heavy metals and pathogenic organisms. The experiment was tested in field conditions, in a land owned by Agronomic Sciences College – UNESP, Campus of Botucatu/SP. The sewage sludge purchased in the Sewage Treatment Plant (ETE) in Jundiaí had 3,15% of nitrogen e 60% of moisture in the composition, so these data were used to calculate the dosage of the compound that should be injected in soil, depending on the respective treatments. The experimental delineation implanted was randomly distributed in blocks, constituted by 3 blocks, 6 treatments and 6 times, ranging on the treatments 1 to 6, replacing in 0, 25, 50, 75 and 125% the chemical nitrogen’s fertilization for sewage sludge respectively, respecting the tenor of this element existing in this residue, adding up to 108 plants. The effects of chemical substitution by organic were measured by biometric parameters (average diameter of pseudo stem, average height of the insertion in the inflorescence, number of curls per plant, weight of Curl and average number of fruits per plant), quality of fruits after harvest (texture, pH, total acidity titratable, total soluble solids) and macro accumulations, micronutrients and heavy metals (cadmium, chrome, lead, copper and nickel) existing in leaves, bark, pulp and inside soil. The obtained data were submitted to variance analysis and average of the analyzed variance, they were compared by the test of Turkey, at 5% of probability. The results showed that organic fertilization improved the organic substance, and the quantity injected of biosolid in the experimental area, even with some statistic differences, was safe and represents no risk of infection by heavy metals to environment, as the limits decided by CONAMA (2006) and CETESB (2001), justifying the injects of sewage sludge as an alternative source of improvement of the psychochemical and environment characteristics.

Keywords: Organic fertilizer, fruit, plant nutrition and soil fertility.

1 INTRODUÇÃO

A importância da cultura da bananeira para o Brasil é devido ao seu alto valor nutritivo e por ser fonte adicional de complementação da dieta alimentar da maioria da população carente, além da grande importância sócio-econômica, destacando-se como segundo produtor mundial. Por isso, o estudo teve como objetivo buscar um maior conhecimento sobre a quantidade de nutrientes acumulados nas diferentes partes da planta, como: folha, casca, polpa, e no solo.

Nos últimos anos, a atividade vem superando problemas de qualidade e na apresentação da fruta no mercado, graças a programas governamentais que visam ao aumento das exportações e que, em consequência, tem contribuído para a diminuição das perdas que se estabelecem ao longo da cadeia produtiva. À medida que cresce a oferta do produto, cresce também a exigência do comprador; que é baseada na qualidade do produto ofertado, havendo, portanto, necessidade de se ter um produto mais qualificado e mais competitivo no mercado.

As adoções de tecnologias inovadoras constituem um grande desafio para as pesquisas, isso alguns anos atrás, inovar na agricultura se traduzia em aumentar a produtividade por meio do uso de insumos mais adequados e reduzir os custos

de produção. Hoje, a complexidade econômica, social e ambiental extrapola as porteiras da propriedade rural, um exemplo disso, foi à aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas.

É uma alternativa interessante do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental, que será feita a abordagem do lodo de esgoto (LE), salientando a importância do resíduo como fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas, o qual age como corretivo da acidez do solo, e também com o aproveitamento do nutriente, o N, que é um importante e caro nutriente para as plantas, assim, o uso de LE pode contribuir reduzindo os gastos com fertilizantes, principalmente fosfatados e nitrogenados, minimizando assim impactos gerados pelos mesmos.

Apesar de tantos benefícios, há também limitações quanto à aplicação do lodo no solo, porque o resíduo na sua composição apresenta diversos poluentes como metais pesados e organismos patogênicos, os quais representam risco significativo à saúde humana, devido aos efeitos toxicológicos. Isso pode ser um dos fatores que pode limitar o uso deste resíduo no solo agrícola, em contrapartida, normas já foram estabelecidas regulamentando a aplicação nos solos pelo resíduo. A lei brasileira é clara no que diz respeito ao registro e fiscalização dos fertilizantes, corretivos e condicionadores de solo, principalmente no que diz respeito à saúde pública e proteção ao ambiente.

Por isso, o enfoque dos metais pesados será relatado sobre a preocupação na entrada desses elementos na cadeia alimentar e pelo acúmulo e absorção desses nos tecidos das plantas, uma vez que a pesquisa foi realizada com a cultura da banana, tendo foco principal a qualidade destes frutos.

Ao abordar os benefícios e limitações do resíduo, visando em relação à bananeira, deve-se frisar sobre os fatores limitantes ao desenvolvimento, produtividade e a qualidade dos frutos, por causa da grande sensibilidade ao déficit hídrico. Desta forma a irrigação proporciona para a cultura, no momento oportuno a quantidade de água necessária para seu ótimo crescimento e desenvolvimento. Consequentemente oferece aumento na produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, colheita nas entressafras e plantios fora de época.

Após a contextualização sobre a pesquisa nota-se a importância das subdivisões presentes e seus respectivos objetivos; mediante ao resgate histórico de

cada tema proposto, em virtude de informar e orientar tanto os produtores, como também a sociedade sobre algumas constatações obtidas no decorrer da pesquisa, e o que julgarem pertinentes aos seus propósitos, possam utilizar e explanar suas experiências, de modo que mais produtores utilizem esta técnica, como uma ferramenta a fim de buscar alternativa para minimizar problema sócio, político, econômica e ambiental.

Considerando que a produção de lodo de esgoto tende a aumentar na medida em que se aumenta a preocupação por parte da sociedade pelos riscos causados pela disposição indiscriminada do esgoto gerado no ambiente, a realização de pesquisas a campo por longo tempo adquire importância, principalmente, quando se busca estudar a dinâmica dos metais pesados adicionados em função do uso de doses diferentes de lodo. Estudos desta natureza permitem avaliar o potencial de acúmulo de metais em solos e plantas, e fornecem subsídios que pode ser útil referente ao uso do lodo de esgoto em solos brasileiros, uma vez que esses estudos ainda são escassos. Justifica-se desta forma a presente pesquisa, em razão dos solos brasileiros apresentarem baixa reserva de nutrientes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Situação da bananicultura

O foco do trabalho abrange a cultura da banana, por ser reconhecida como uma das principais fontes de alimentação para o ser humano, focalizando seu alto valor nutritivo, excelente sabor e preço acessível ao consumidor. Também, é considerada uma das atividades mais importantes no Brasil, constituindo-se como fonte de renda para pequenos produtores e importante componente alimentar da população mais carente, principalmente do meio rural. Outro aspecto importante é que a fruta é cultivada em pequenas propriedades, fixando o homem ao campo, gerando emprego (FAO, 2009).

A banana constitui o quarto produto alimentar mais produzido no planeta, precedido pelo arroz, trigo e milho, e em muitos países é a principal fonte de arrecadação e geração de emprego e renda para uma parte expressiva da população. Nas últimas três décadas, essa cultura tem apresentado um aumento significativo (122%) no volume produzido. De uma produção de 36,7 milhões de toneladas na safra 1979/80 passou para 91 milhões de toneladas na safra 2009/10. Sua produção é superada apenas pela melancia, com 93,2 milhões de toneladas; a uva vem na terceira posição, com 66,3 milhões

de toneladas, seguida pela maçã, com 64,2 milhões de toneladas e laranja, com 63,9 milhões de toneladas (FAO, 2009).

No atual contexto, a Índia é o principal produtor dessa fruta, responsável por 26,8% do volume produzido, seguida pela China, com 9,0%; Brasil, com 8,7%; Filipinas, com 8,6%; Equador, com 7,5% e Indonésia, com 6,2%. Ressalta-se que o Brasil possui a maior área plantada, com 11,6% do total mundial, enquanto o Mali obtém a maior produtividade – nos últimos cinco anos foram $116,701 \text{ t ha}^{-1}$, cerca de 6,8 vezes mais que a média mundial (EPAGRI, 2009).

O consumo mundial de banana é de aproximadamente 9,1 kg/habitante/ano e, segundo a FAO (2009), cresce a cada ano, graças ao empenho do setor produtivo na qualificação da produção e do setor mercadológico nos aspectos que envolvem a apresentação do produto e a divulgação dos benefícios para quem o consome.

Alguns aspectos contribuem para que a banana continue sendo a fruta mais comercializada no mundo: a facilidade de propagação, o bom rendimento por hectare, o fato de ser uma cultura de ciclo curto, de produção contínua, de fácil manipulação quando verde, além de fácil armazenamento e maturação acelerada. Por este motivo o seu consumo é relativamente alto em diversos países e tem aumentado com a expansão do conhecimento do seu valor nutritivo, além de seu excelente sabor.

Há vários anos o Brasil se destaca entre os principais produtores mundiais, e segundo dados da FAO (2009) o país ocupou em 2008 a quarta colocação, com produção de 7,1 milhões de toneladas em cerca de 514 mil ha, atrás da Índia, China e Filipinas. Ela é cultivada na maioria dos estados da Federação, onde se destacam como grandes produtores os estados da Bahia, São Paulo, Ceará, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Norte.

Segundo a Epagri (2009) existe uma tendência de aumento na exportação de bananas no Brasil. Isto se deve à adoção crescente de tecnologias já comuns em países com maior cultura de exportação, como Equador, Costa Rica e Colômbia. O gradativo aumento de qualidade da fruta brasileira também permite uma intensificação da exportação para mercados com grande contingente demandante, como os mercados norte-americanos e o europeu. Esforços coordenados ao longo da cadeia produtiva, na forma de

programas como a produção integrada de frutas, propiciam a oferta de produtos mais adequados aos padrões exigidos pelos mercados internacionais.

De acordo com o IBGE (2010), a maior região produtora de banana encontra-se em São Paulo, que é a do Vale do Ribeira, com a produção em 2008 de 881 mil toneladas da fruta (71% do estado) em cerca de 40 mil ha (65% do estado), onde predomina o cultivo em pequenas propriedades, importante na fixação de agricultores familiares no campo e geração de emprego e renda. Em contraste, a região possui uma das maiores reservas remanescentes da Mata Atlântica, sendo de fundamental importância reduzir a utilização indiscriminada de produtos químicos, evitando assim possíveis prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana, sendo a adoção do sistema PIF (Produção Integrada de frutas) imprescindível para o crescimento sustentável da bananicultura da região do Vale do Ribeira, isso se deve ao desempenho relacionado às melhores tecnologias de plantio, colheita e transporte da fruta.

2.2 Importância da nutrição para a bananicultura

Não somente em São Paulo, mas em todo território brasileiro encontram-se condições edáficas favoráveis ao cultivo da bananeira. Contudo, nem sempre são utilizados os solos mais adequados, o que se reflete em baixa produtividade e má qualidade dos frutos. Na maioria das vezes, o desconhecimento do solo, e sobretudo, da exigência nutricional da planta leva à prática de adubação inadequada que afetará de forma significativa o desenvolvimento e a produtividade da bananeira (BORGES et al., 2002).

A bananeira é uma planta muito exigente em nutrientes, principalmente potássio e nitrogênio, no entanto, ocorrem diferenças entre cultivares nas quantidades absorvidas, até mesmo dentro de um mesmo grupo genômico, em razão, principalmente, das características da cultivar, dos teores de nutrientes no solo, do manejo adequado (BRASIL et al., 2000).

Por se tratar de uma das culturas que extraem grandes quantidades de nutrientes por hectare, a banana necessita de adubação bem realizada, sendo este um dos fatores que mais influência a produção, bem como sua qualidade e resistência às doenças (COELHO et al., 2006).

A adubação, calagem e fosfatagem devem ser feitas baseadas nos resultados da análise do solo e foliar e de acordo com os períodos de maior demanda pelos nutrientes, como por exemplo, na fase de crescimento vegetativo e de "lançamento" do cacho, quando ocorrem maiores demandas de nitrogênio (N), enquanto que por ocasião da "engorda" dos frutos é maior a demanda de potássio (K). Todos os restos da cultura devem permanecer dentro do bananal como fonte de matéria orgânica (salvo aqueles de plantas doentes), podendo-se inclusive em solos arenosos acrescentar outros materiais de baixo custo com a finalidade de melhorar a qualidade física do solo (MOREIRA, 1987).

Durante o processo de diferenciação floral a bananeira define o número de bananas e pencas, restando para a segunda fase de sua vida apenas o crescimento e o desenvolvimento da fruta. Desta forma, se a bananeira não estiver bem adubada desde o início, não se pode esperar uma boa produção. As adubações feitas em atraso somente surtirão efeitos nos filhos e muito pouco na produção da planta mãe, que terá apenas tempo para "engordar" um pouco mais as bananas por ela produzidas, sem aumentar seu comprimento, ou número de pencas do cacho (BORGES et al., 2002).

Ao se considerar as exigências nutricionais de uma cultura são importantes além do conhecimento das quantidades totais de elementos extraídos pela mesma (parte aérea mais raízes) saber a porcentagem desse total exportado na colheita, visando à restituição do mesmo e procurando, na medida do possível, devolver os restos culturais para o solo. Assim com relação à cultura da banana, sabe-se que para a maioria dos elementos, de 32 a 56% do total extraído, é removido pelos frutos (BATAGLIA & SANTOS, 2001).

Segundo Malavolta (1997) a maior proporção de potássio extraído do solo encontra-se na parte vegetativa (raízes, caule e folhas), sendo que normalmente os frutos contêm entre 5 e 25% do potássio absorvido pela planta, desta forma, com a colheita uma fração relativamente pequena do potássio extraído deixa o local, sendo que os restos da cultura restituem ao solo a maior parte do nutriente que foi extraído. Enquanto que em bananeira, Malavolta (2006) determinou as quantidades de nutrientes extraídas por partes da planta, sendo que o caule extraiu 200 kg ha⁻¹ de potássio (14% do total), as folhas 830 kg ha⁻¹ (60%) e os cachos 360 kg ha⁻¹ (26%).

2.3 Análise foliar

Visto que a diagnose foliar representa um importante instrumento de avaliação nutricional para muitas culturas, especialmente importante para culturas perenes, a avaliação do estado nutricional baseia-se na comparação entre amostra e padrão. Amostra é a planta que se quer avaliar e o padrão, a planta “normal” sob o ponto de vista nutricional (MALAVOLTA et al., 1997).

Segundo Bataglia & Santos (2001) as folhas são consideradas como foco das atividades fisiológicas dentro das plantas, sendo que alterações na nutrição mineral são refletidas nas concentrações dos nutrientes nas folhas. A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa de existir relação entre o suprimento de nutrientes e os níveis dos elementos, e que aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com produções mais altas ou mais baixas, respectivamente.

Neste aspecto, a análise química das plantas é essencial em estudos de nutrição e adubação, o qual permite avaliar as concentrações e as relações de nutrientes nos tecidos, permitindo inferir sobre o estado nutricional das plantas. A análise de plantas, no sentido restrito, significa a determinação da concentração dos elementos ou das frações solúveis destes elementos numa amostra de parte da planta, num certo tempo e estágio de desenvolvimento da cultura (BATAGLIA & SANTOS, 2001).

Desta forma, segundo o Método Internacional de Referência (MEIR), proposto por Martin-Prével em 1985 a análise foliar é realizada a partir da terceira folha a contar do ápice, com a inflorescência no estágio de todas as pencas femininas descobertas (sem brácteas) e não mais de três pencas de flores masculinas. Coletam-se 10 a 25 cm da parte interna mediana do limbo, eliminando-se a nervura central. Recomenda-se retirar 10 a 20 plantas para cada área de 1 a 4 ha, quando 70% das plantas já estiverem floradas, este material deve ser acondicionado em saco de papel e encaminhado para análise o mais rápido possível.

2.4 Efeitos da nutrição na qualidade

Malavolta (1997) levantou informações sobre o efeito de nutrientes nas características da bananeira relacionadas com a qualidade, atribuindo a produção de cachos raquíticos à deficiência de N, K e S; maturação irregular, causada por falta de K, Ca, e Mg; frutos de tamanho reduzido, por deficiência de Cu, Fe e Zn; frutos deformados, devido a falta de zinco e alterações nas características da polpa dos frutos em consequência da carência de P, K, Ca, Mg e Cu.

Bataglia & Santos (2001) observaram acentuada falha de cachos em bananais do cultivar Prata-anã, mesmo quando as plantas apresentavam-se bastante vigorosas. Um dos fatores que pode explicar este problema seria o excesso de nitrogênio, uma vez que através de análise foliar, constatou-se que plantas com altos teores deste elemento nas folhas, também correspondia a valores mais elevados de matéria orgânica no solo. Outro fator estaria relacionado ao potássio, uma vez que apesar do teor foliar não diferir entre plantas com falhas no cacho e as sem falhas, o teor deste nutriente no solo, onde não ocorreu o problema foi muito maior que nos locais onde observaram falhas nos cachos. A não ocorrência de diferenças no teor foliar de potássio pode ser devida a uma maior translocação deste nutriente para o fruto em formação, nos locais onde houve maior disponibilidade no solo.

Moreira (1987), em um ensaio com doses crescentes de K_2O , verificou que o teor de sólidos solúveis da bananeira cultivar Robusta aumentou com as doses crescentes deste nutriente, especialmente em aplicação parcelada. Com relação aos açúcares redutores e não redutores, o aumento nos teores acompanhou o aumento dos níveis de K_2O . Inversamente, a acidez decresceu significativamente com o aumento da dosagem de K_2O . A acidez mais baixa (0,22 % de ácido cítrico) foi observada na dose mais alta de K_2O em comparação com 0,39% da testemunha, confirmando observações de outros pesquisadores.

Diante destas comprovações assegura-se que o potássio é o nutriente mais extraído pela planta, por causa de sua ação direta nas trocas metabólicas, no

transporte de seiva elaborada, na retenção de água e nas qualidades organolépticas do fruto evidenciado (LAHAV, 1995).

2.5 Qualidade pós-colheita dos frutos

Além dos cuidados dispensados em campo, que são de grande importância, 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.

Visto por este ângulo, Chitarra & Chitarra (1984) afirmam 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.

Além disso, o ponto de colheita vai depender da destinação que se pretende dar à fruta, seja para o consumo local ou para exportação (MEDIANA, 1978). Segundo Bleinroth (1995) a fruta que se destina ao mercado consumidor, ou à produção de polpa de banana, deve ser colhida no estágio $\frac{3}{4}$ gorda, ou seja, de 34 a 36 mm de diâmetro.

Outro fator relevante conforme Chitarra & Chitarra (1990) é a aparência, a textura e o valor nutritivo são importantes atributos de qualidade de frutos, sendo a aparência (características físicas) a mais importante, porque determina o valor comercial do produto. Após a aparência visual, o mais importante fator na qualidade dos frutos é a firmeza, ou seja, a textura do fruto, característica determinante na aquisição do produto pelo consumidor por estar associada à qualidade culinária, frescor, extensa vida de prateleira, resistência do fruto ao transporte e manuseio durante a colheita e a comercialização (MEDINA, 1995). A maturação é marcada por modificações texturais, associada ao metabolismo de carboidratos da parede celular, que culminam com a redução de sua firmeza. Já o sabor está relacionado com o teor de sólidos solúveis os quais dependem da taxa de acumulação de amido durante a rápida fase de crescimento, e os

sólidos solúveis da banana aumentam rapidamente com a maturação da fruta em decorrência da degradação do amido em açúcares solúveis (BLEINROTH, 1995).

Nota-se o grau de importância da qualidade do produto. Na busca de melhor qualidade de vida, os Estados Unidos, a Europa e o Japão, segundo a FAO (2009); deixaram de comprar outras frutas caras para consumir mais banana. Um grande exemplo são as vendas do mercado japonês que cresceram 80% em comparação ao ano anterior favorecendo assim os produtores brasileiros, que aumentaram suas importações em 25%, e mesmo assim o mercado continuou desabastecido.

A crescente exigência dos consumidores na qualidade dos produtos está induzindo os produtores de bananas a adotarem alternativas que garantem, não somente para o mercado externo, mas também para o mercado interno, a melhoria da qualidade das frutas, principalmente a banana, que tem sua produção consumida quase totalmente no mercado interno. A sistematização de toda a cadeia produtiva garantirá qualidade das frutas, proteção ao meio ambiente e retorno financeiro aos produtores rurais, além de melhoria da pós-colheita, com redução do desperdício de alimentos, importante em um país marcado por contrastes sociais e econômicos como o nosso.

As alternativas apresentadas até o momento não são suficientes muito ainda tem que ser melhorado no manejo dos bananais de forma a maximizar o rendimento, potencializando o uso de recursos naturais e insumos, viabilizando a atividade de forma sustentável, ressaltando a proteção ao meio ambiente, qualidade do produto ofertado, bem como segurança alimentar e viabilidade econômica, perante o produtor e ao consumidor.

Baseado neste relato, os capítulos seguintes aumentam seu grau de importância, a fim amenizar problemas citados acima, visando melhoria ao produtor agrícola e a sociedade. No entanto, algumas alternativas são incentivadas, como o caso, da prática para conservação e recuperação dos solos erodidos e empobrecidos, o incentivo é o uso de lodo de esgotos domésticos em solos agrícolas, mediante a garantia de que não ocorram impactos ambientais negativos. Vários estudos no Brasil comprovaram a eficácia do uso agrícola do lodo de esgoto, entretanto, a possível presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos orgânicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos.

Nesse contexto, o estabelecimento e constante revisão de normas regulando o uso agrícola de lodo de esgoto e a continuidade dos estudos envolvendo o tema são muito importantes para garantir que uma atividade considerada ambientalmente desejável não se torne prejudicial ao próprio meio ambiente e, conseqüentemente, a nós mesmos.

Na maioria dos países, como o Brasil, existem normas que regulamentam o destino do lodo, garantindo uma disposição segura. A adição ao solo parece ser a melhor opção sob o ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que apresenta o menor custo e promove a reciclagem de matéria orgânica e nutriente (CETESB, 1999).

Diante destas assertivas, a seguir será abordado o uso agrícola do lodo de esgoto em bananeiras irrigadas, como condicionador de solo e fonte suplementar de nutrientes e matéria orgânica, visando melhoraria a estrutura de solos. Configurando-se numa alternativa moderna e eficaz.

3 LODO DE ESGOTO (LE)

Segundo Sobrinho (2001), um grave problema vem sendo observado nas regiões metropolitanas e em cidades de porte médio que implantaram sistemas de tratamento de esgoto sanitário, isso está relacionado ao destino do lodo produzido em suas estações de tratamento. Após o tratamento do esgoto, o lodo gerado passa por processos de secagem, estabilização para eliminação e/ou inibição de odores, higienização e disposição final. Antes de sua destinação final, o LE passa pela remoção de organismos patogênicos (higienização), tal operação faz-se necessária se seu destino for à reciclagem agrícola, garantindo assim um nível de patogenicidade que, ao ser disposto no solo, não venha a causar riscos à saúde e impactos negativos ao meio ambiente.

Uma alternativa técnica que pode ser viável, porém com muitas limitações, é a aplicação deste resíduo em solos, ou seja, é uma alternativa interessante do ponto de vista econômico e ambiental, cujo resíduo é fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas e age como corretivo da acidez do solo. Aproveitando principalmente o N, que é um importante e caro nutriente para as plantas, assim, o uso de

LE na adubação contribui para reduzir os gastos com fertilizantes, principalmente fosfatados e nitrogenados, além disso, em países industrializados (CARVALHO, 2001).

A disposição de esgotos na agricultura é uma prática antiga. As informações mais conhecidas são as originárias da China. No ocidente, a irrigação com efluentes de esgotos era praticada desde 1560. Na Inglaterra, por volta de 1800, foram desenvolvidos muitos projetos para a utilização agrícola dos efluentes de esgoto, especialmente em razão do combate à epidemia de cólera. Nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e em vários países da Europa, grande parte do lodo doméstico vai para a agricultura, aproveitamento que chega a 65% no caso dos norte-americanos. A adoção da prática de uso do solo como meio de disposição do esgoto ou do lodo tem sido freqüente em muitos países (BERTON, 2000).

No Brasil, não é difundida a prática de incorporar lodo de esgoto aos solos, porque ainda são poucas as cidades dotadas de estações de tratamento de esgoto (ETE). O Ministério do Meio Ambiente estima que menos de 10% do esgoto urbano produzido são tratados antes de serem lançados nos rios atualmente (CETESB, 1999).

Baseado neste contexto alguns parâmetros importantes deste resíduo devem ser abordados, a fim de levantar informações pertinentes da sua utilização, leis, normas limitações, importância para o uso agrícola, com respaldo literário e com benefícios significativos à população, principalmente, no âmbito econômico e alimentar.

3.1 Aspectos gerais do lodo de esgoto

Na maioria das cidades brasileiras, o esgoto produzido é lançado diretamente nos cursos d'água, ou seja, a grande geração de resíduos está relacionada com as atividades humanas, bem como com seu crescimento populacional, sendo que o gerenciamento dos resíduos urbanos é considerado uns dos mais importantes desafios ambientais mundiais a serem enfrentados pela humanidade. E para reduzir a poluição dos rios há a necessidade de realizar o tratamento do resíduo gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), no caso, o lodo de esgoto, a fim de amenizar os impactos gerados pelo o mesmo.

A produção dos resíduos tende a aumentar em função do crescimento populacional, industrial e pelo aumento da conscientização em relação à necessidade de despoluição ambiental, em que a destinação final inadequada pode ocasionar sérios problemas de poluição ao meio ambiente, e também 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).

A grande vantagem destes resíduos é a liberação dos nutrientes de forma lenta, garantindo o suprimento mais uniforme e prolongado às plantas (TAVARES, 2003). Do ponto de vista químico, a aplicação do LE pode provocar alterações no pH (que depende do tipo de material orgânico) e aumento das cargas negativas do solo, e conseqüentemente, da capacidade de troca catiônica - CTC (GLÓRIA, 1992).

Sob o ponto de vista físico, a M.O (matéria orgânica) adicionada ao solo exerce grande influência, visto que este material, via de regra, possui alta carga orgânica, elevada capacidade de retenção de água, atua na melhoria da estrutura e porosidade do solo (conseqüentemente na densidade e aeração) refletindo assim em um balanço mais adequado entre macro e microporos do solo, culminando no favorecimento do desenvolvimento radicular das plantas (MELO & MARQUES, 2000). Em solos arenosos sua importância é ainda mais fundamental, pois como naturalmente a quantidade de M.O presente nesses solos é baixa, os benefícios gerados pela aplicação tornam-se ainda mais acentuados.

Já do ponto de vista biológico, a M.O atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os organismos que participam de seu ciclo biológico, mantendo o solo em estado de constante dinamismo. Os efeitos da M.O sobre os microrganismos do solo podem ser avaliados a partir da biomassa e atividade microbiana, parâmetros que representam uma integração de efeitos sobre as condições biológicas do solo (CATTELAN & VIDOR, 1990).

Normalmente, o lodo de esgoto fornece ao solo os nutrientes para as culturas, no entanto, é necessário ter conhecimento da sua composição, a fim de se calcularem as quantidades adequadas a serem incorporadas, sem correr o risco de toxicidade às plantas e em certas situações aos animais e ao homem e também sem poluir o ambiente.

3.2 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 são constituídos 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).

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 lodo de esgoto utilizado 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 ⁻²	21,5±7,0
C/N	-----	9±3
P-total	g kg ⁻¹	10,8±6,1
K-total	g kg ⁻²	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: Romeiro (2007), Barbosa (2008).

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 Barbosa (2008), citou que o 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

nitrito). 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.

A aplicação de lodo de esgoto tem sido recomendada em culturas perenes e anuais, cujas partes comestíveis não entram em contato com o resíduo, e em pastagens e reflorestamentos (BETTIOL & CAMARGO, 2000). Embora já existam evidências do aumento na produtividade de diferentes culturas, como o milho, a banana, alguns atributos que devem ser olhados com muita cautela, porque o resíduo na sua composição apresenta diversos poluentes como metais pesados e organismos patogênicos, os quais são prejudiciais ao ser humano.

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

Diversos países possuem normas técnicas regulamentando a maneira adequada de utilizar lodo de esgoto na agricultura, como ocorre na Europa e nos Estados Unidos (SILVA et al., 2000), devido à possibilidade de ocorrência de efeitos adversos quando manejado incorretamente. No Brasil no dia 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 (CONAMA, 2009), limitando as quantidades máximas de substâncias inorgânicas (areia, sais e metais) e orgânicas (proteínas, carboidratos e lipídeos) presentes no lodo de esgoto. Para destinação final, o lodo deve ser caracterizado quanto à presença de organismos patogênicos e concentração de metais pesados, pois caso estas características estejam dentro de parâmetros pré-estabelecidos, conforme tabela abaixo.

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 agrícola.

Área	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Ba</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Hg</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>	<i>Se</i>	<i>Zn</i>
Brasil	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 (2009).

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 N, 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, conseqüente o 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</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 10 g 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 (2009)

ST: Sólidos totais

NMP: Número mais provável

UFF: Unidade formadora de foco

UFP: Unidade formadora de placa

Mesmo com as normas já estabelecidas no estado de São Paulo, regulamentando a aplicação no solo de resíduos; a lei brasileira é clara no que diz respeito ao registro e fiscalização dos fertilizantes, corretivos e condicionadores de solo, principalmente no que diz respeito à saúde pública e proteção ao ambiente.

Atualmente, com a preocupação da sociedade em consumir alimentos orgânicos mais saudáveis, necessidade de limpeza dos rios e a reciclagem dos resíduos de origem orgânica, tornaram-se muito importante aprimorar a legislação dos fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo, devido suas limitações. Porém os benefícios de sua utilização na literatura são de grandes contribuições do ponto de vista agrônomo, socioeconômico e ambiental.

3.4 Culturas recomendadas

As propriedades do lodo de esgoto são semelhantes a outros produtos orgânicos usados normalmente na agricultura (esterco suíno, bovino, avícola), portanto em termos de resultados agrônômicos, o lodo poderia ser aplicado à maioria das culturas. Porém, algumas culturas se prestam mais que outras para o uso do lodo, seja por aproveitarem melhor sua composição química e liberação lenta do nitrogênio, sejam por eliminarem os riscos associados à reciclagem de resíduos animais, principalmente com relação aos patógenos (SANEPAR, 1997).

Em linhas gerais, qualquer cultura de grãos ou frutas que não entram em contato direto com o solo – e, portanto com o lodo aplicado – pode ser considerada adequada, sob o ponto de vista de segurança sanitária. De uma forma mais restrita, culturas destinadas a serem consumidas cruas pela população não devem ser plantadas em terrenos que recebam lodo.

O milho e as gramíneas, de modo geral (trigo, aveia, cana-de-açúcar) pelas suas características, são as culturas mais recomendadas e as que dão melhores respostas ao uso do lodo. Outras aplicações como fruticultura, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas também são alternativas interessantes, dentro de critérios específicos de utilização (SANEPAR, 1997).

As espécies frutíferas também podem se beneficiar pelo uso do lodo. No plantio de mudas, nas covas, o lodo pode ser misturado ao solo, resultando numa aplicação bastante segura do ponto de vista sanitário, desde que tomados os cuidados necessários na sua manipulação.

A adubação de árvores adultas deve ser feita incorporando-se o lodo ao solo para evitar escoamento superficial. Laranja, banana, café, maçã e demais espécies se enquadram nesta aplicação. Nota-se neste contexto a importância de adicionar M.O no solo, abaixo pode ser observado o grau de importância sob vários pontos de vista.

3.5 Importância da adição de matéria orgânica ao solo

Do ponto de vista agrônômico, 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, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, além da redução da erosão (TSUTIYA, 2001; CARVALHO, 2001; MELO et al. 2001). Isto ocorre Porque 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, 2001).

Embora represente geralmente menos de 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, deve observar o conteúdo de nutrientes e o seu preço final, a matéria orgânica pode substituir a adubação química (FERNANDES et al.,2000).

Do ponto de vista biológico, a matéria orgânica é importante por manter o solo em constante dinamismo, 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).

3.6 Reflexo da aplicação de lodo de esgoto na produtividade das culturas

Como resultado das melhorias nas propriedades físico-químicas do solo, a aplicação de lodo tem conduzido a um aumento na absorção de nutrientes pelas culturas, com reflexos na produtividade. Devido a este aumento na disponibilidade de nutrientes, e de todas as restantes melhorias nas propriedades físico-químicas do solo, como já descrito, a aplicação de lodo pode levar a um melhor desenvolvimento vegetativo da

planta e, desde que o teor dos nutrientes disponíveis no solo esteja equilibrado em função das necessidades da planta, implicará em aumento de produtividade (MELO et al., 2001).

Algumas pesquisas demonstram que a incorporação do lodo de esgoto aumentou em 20 a 50% a produtividade de diferentes culturas (BARBOSA et al., 2002b). Melo & Ligo (2006), aplicando doses de 9, 18 e 36 t ha⁻¹(base seca) ao solo em comparação à adubação mineral na cultura da banana cultivar Grande Naine, não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos, evidenciando o potencial do uso deste material na fertilização da cultura.

O mesmo autor acredita que o LE não é um material eficiente na substituição completa da adubação mineral, e deve ser visto como um complemento desta adubação, no sentido de reduzir a utilização de fertilizantes químicos e, com isto, reduzir o custo da adubação.

3.7 Potencial de uso agrícola de lodo de esgoto

Segundo Tsutiya (2000), o lodo contém M.O e micronutriente que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Diante disso diversos autores, afirmam que a M.O contida nos resíduos podem aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão (TSUTIYA, 2000; MELO & MARQUES, 2000; MELO et al., 2001; MELFI & MONTES, 2001). E pela quantidade de N e P contido nos lodo, pode-se admitir que esses elementos possam substituir os fertilizantes minerais como uma fonte de nutrientes para as plantas. O LE também contém macronutrientes tais como Ca, Mg e S, e micronutrientes como Fe, Cu e Zn, que constituem elementos de vital importância para o desenvolvimento das plantas (MELO et al., 2001).

Fica claro que além de representar benefício econômico, o uso agrícola de LE representa benefício ecológico, retornando à zona rural parte da M.O exportada para os centros urbanos (POGGIANI et al., 2000) em forma de benefício social pela produtividade das culturas e menor impacto negativo sobre o meio ambiente.

No Brasil, a forma de disposição ainda é pouco explorada pelos produtores, ficando restrito, em grande parte, em caráter experimental. Tavares (2003) cita que a utilização do LE em solos agrícolas reduziu em cerca de 25% o custo relacionado ao destino final desse material, quando comparado à disposição em aterros sanitários. E esta redução só não é maior, segundo o autor, porque financeiramente nada se cobra do produtor, ou seja, todo custo do transporte e assistência técnica é responsabilidade da empresa geradora do resíduo.

3.8 Limitações do uso do lodo de esgoto

Segundo Pegorini et al. (2003) deve dar atenção também as limitações quanto ao uso do LE na agricultura como efeitos adversos nas propriedades físico-químicas do solo ao longo do tempo; aceite público de produtos obtidos de culturas que receberam aplicação de LE; o risco de saúde pública, com transmissão de vírus e bactérias patogênicas para o homem e animais, contaminação do lençol freático por elementos tóxicos e propagação de insetos vetores de doenças; escassez de disponibilidade de terras; e a viabilidade econômica.

A análise detalhada da composição dos esgotos sanitários revela, simultaneamente, os potenciais e limitações para sua utilização na agricultura. É característica do tratamento de esgoto a decantação de organismos patogênicos, compostos orgânicos complexos e moléculas ligadas a metais pesados. Estes poluentes podem ser transferidos ao solo, às plantas e às águas superficiais e subterrâneas, através de processos de escoamento superficial e lixiviação (FERNANDES et al., 2000). Em se tratando de águas residuárias domésticas e lodo de esgoto, os metais pesados não devem constituir problema maior, e provavelmente estarão presentes em concentrações abaixo dos teores tóxicos e acima da demanda nutricional da maioria das culturas (BETTIOL & CAMARGO 2000).

Assim, desde que bem fundamentado e manejado o projeto de disposição de LE ao solo, bem como o entendimento do sistema solo-planta-ambiente, as críticas e os desafios seguramente serão superados conforme explicita em relação ao assunto (CARVALHO et al., 2001).

3.9 Utilização do lodo após compostagem

Necessariamente o LE deve ser submetido a processos de redução de patógenos e de atratividade de vetores, que de acordo com Berton (2000) a compostagem tem o objetivo de estabilizar a M.O putrescível no lodo (mesmo o lodo digerido ainda possui certa quantidade), destruir organismos patogênicos e reduzir o volume.

De acordo com Tsutiya (2001) a compostagem é um processo de degradação aeróbia, no qual a matéria orgânica se decompõe ou se transforma sob a ação de microrganismos. Durante o processo de biodegradação da matéria orgânica a temperatura se eleva naturalmente chegando a 60-65° C nos primeiros dias do processo. A elevação da temperatura é responsável pela eliminação ou redução dos microrganismos patogênicos presentes no lodo.

Neste viés, o resíduo estruturalmente sendo rico em carbono e pobre em N equilibra a relação C/N da mistura, que deve se situar entre 20 e 30 para que o processo de compostagem se desenvolva em boas condições. Sendo um processo biológico, seu sucesso depende do controle de alguns parâmetros físico-químicos básicos: aeração, relação carbono/nitrogênio, umidade, pH, granulometria e estrutura (SANEPAR, 1997).

No entanto, deve-se destacar que a revisão bibliográfica realizada nesta pesquisa contém elementos que podem ser considerados para o uso adequado do LE na agricultura, através de benefícios ambientais e manutenção do meio ambiente, uma vez que visa minimizar os riscos de contaminação do meio ambiente e do ser humano.

3.10 Nitrogênio na agricultura

Outro fator de grande importância, nesta literatura, é o elemento, N, o qual é o mais exigido e que demanda os maiores cuidados nos cálculos das recomendações de adubação. Em especial na cultura da banana, o K é o elemento mais necessário, porém o N não deixa de merecer atenção especial nas adubações, visto que este

elemento participa de inúmeros processos fisiológicos e é fundamental na fase inicial do desenvolvimento vegetativo. Geralmente, os solos brasileiros não apresentam quantidades suficientes para o adequado suprimento da maioria das plantas cultivadas.

Segundo Boeira et al. (2002), dos lodos digeridos anaerobiamente, cerca de 30 a 60% do N total está presente na forma de N amoniacal. Para lodo digerido aerobicamente, esse valor é de apenas 5 a 20%. O N amoniacal e o nítrico são considerados totalmente disponíveis para a planta, enquanto que o N orgânico deve passar por mineralização microbiológica antes de ser absorvido pelas plantas.

Em climas quentes, 30% do N total contido nos bio sólidos são utilizados pela planta no primeiro ano, podendo cair para 10 a 20% no segundo ano e, em caso de dosagens altas de bio sólidos, pode haver perda de N por lixiviação e escoamento superficial (ANDREOLI, 1999; FERNANDES, 2000).

O N é um dos constituintes de maior valor agrônômico dos bio sólidos, sendo utilizado freqüentemente como fator limitante para a definição da dosagem máxima de bio sólido a ser aplicado no solo. Acima de certo nível, pode lixiviar em forma de nitrato e contaminar o lençol freático (TSUTIYA, 2001).

Uma vez aplicado ao solo, esse N orgânico contido no lodo passa a formas minerais, entre elas o nitrato, pela ação de microrganismos. As quantidades de nitrato que forem geradas no solo além da capacidade de absorção pelas raízes das plantas são pouco ou nada retidas nas partículas do solo. Assim, movimentam-se com facilidade em direção a corpos d'água subsuperficiais, junto com as águas de chuva, ou irrigação, por exemplo. Dessa forma, a geração excessiva de nitrato é um dos grandes riscos ambientais do uso agrícola de lodo de esgoto, justamente pela possibilidade da contaminação de corpos d'água. O risco em relação ao nitrato é possível de ser minimizado com a aplicação de doses seguras de LE, mas essas doses devem ser determinadas com base em informações técnicas tais como: a) avaliações laboratoriais e em campo do comportamento do lodo de esgoto no solo em que será aplicado, e b) recomendações de adubação para a cultura de interesse.

O risco de poluição ambiental com nitrato pôde ser comprovado em experimento conduzido com cultivo de milho na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP. As quantidades seguras, em relação ao nitrato, foram de 3.500 kg ha^{-1} de

lodo de esgoto, aplicadas no máximo por três anos consecutivos na mesma área. E, mesmo nessa dose relativamente baixa, houve intensificação da acidez do solo, problema de ocorrência natural na maioria de nossas terras, mas de elevado custo de correção. Assim, considerando-se somente o risco de contaminação ambiental com nitrato, o uso agrícola seguro pode ser pouco relevante como alternativa para descarte dos grandes volumes de material gerado nas ETEs (ANDREOLI et al., 2000).

Visto por esta ótica a recomendação do uso agrícola de lodos de esgoto carece, ainda, de muitas informações de pesquisa que a validem amplamente em todo o nosso território brasileiro, para que possa então ser feita aos agricultores que não querem correr riscos de contaminar suas terras e seu entorno. Os benefícios do uso agrícola do resíduo, fácil e prontamente visíveis no desenvolvimento das plantas, podem desenvolver problemas ambientalmente dispersos (de difícil detecção) e graves, a curto e longo prazo.

O manejo da adubação nitrogenada deve fornecer ao mesmo tempo uma adequada disponibilidade de N 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 (MARTINS et al., 2003).

O N aplicado via lodo de esgoto é um dos mais importantes, conforme relatado por Glória (1992) e Melo et al. (2000). Pois 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 (SILVA et al., 2002a).

Verifica-se que vários estudos no Brasil comprovaram a eficácia do uso agrícola de lodo de esgoto (MELO & MARQUES, 2000; POGGIANI, 2000, ROMEIRO, 2007; BARBOSA, 2008) principalmente quanto à quantidade de N disponível para o metabolismo das plantas. No entanto, existe a necessidade de se conhecer mais sobre

comunidade bacteriana ativa no lodo de esgoto e o efeito desse produto na população do solo onde ele é utilizado.

Mesmo sendo uma alternativa técnica que pode ser viável, há muitas limitações, quanto ao uso desses resíduos orgânicos como adubo, aproveitando principalmente o N, que é um importante e caro nutriente para as plantas. O resíduo pode superar largamente as possíveis vantagens como fertilizante, mas, paralelamente, devem ser considerados outros aspectos envolvidos, como os metais pesados que possa colocar em risco a qualidade do solo agrícola e da cadeia alimentar.

4 METAIS PESADOS OU ELEMENTOS TRAÇOS

Nesta perspectiva, a presença de metais em lodo de esgoto é um dos fatores que pode limitar o uso deste resíduo no solo agrícola, por representar um risco significativo à saúde humana, devido aos efeitos toxicológicos. Por este motivo, a norma regulamentadora do uso agrícola de lodos de tratamento biológico no Estado de São Paulo (CETESB, 1999) limita as concentrações máximas de metais no resíduo, a taxa máxima de aplicação anual e acumulada com o objetivo de evitar danos à saúde do ser humano e ao meio ambiente. Para minimizar estes impactos, deve-se proceder ao correto gerenciamento dos resíduos gerados.

Em muitos países, e mesmo em alguns estados do Brasil, a presença de metais pesados é um dos entraves mais fortes à reciclagem agrícola do LE. Segundo Berton (2000) em pequenas quantidades alguns destes elementos são benéficos e indispensáveis para o desenvolvimento vegetal e/ou animal, no entanto em quantidades superiores podem ser tóxicos, e, ao contrário dos patógenos e dos compostos orgânicos usuais no lodo, podem acumular no solo por um período indefinido.

Diversos autores têm pesquisado sobre os efeitos dos metais pesados contidos em LE nas nossas condições, em várias culturas agrícolas como o milho (ANDREOLI et al., 2000); avaliação do potencial de disseminação de metais pesados (PEGORINI et al., 2003); na movimentação de metais pesados em solos adubados com LE (OLIVEIRA et al., 2002); na avaliação de contaminação de áreas degradadas (SILVA et al., 2002a); e em impacto dos metais pesados contidos em resíduos.

Estes autores chegaram à conclusão de que não houve movimentação de metais pesados no perfil do solo, e também não houve contaminação do solo, sendo que os elementos se mantiveram dentro dos limites fixados por normas. Uma ressalva levantada por estes teóricos é a de que o elemento Zn merece atenção especial, pois se encontra em quantidade superior aos demais, podendo com isso atingir águas subterrâneas. Outros elementos que merecem atenção são o Fe, Cu e Cd.

4.1 Características dos metais pesados

O termo “metal pesado” é atribuído a elementos químicos que apresentam massa específica maior que 6g cm^3 ou número atômico maior que 20. Conforme Marques et al. (2001), pode-se definir metal pesado como sendo qualquer elemento (metal, semi-metal ou não metal) que esteja associado a problemas de poluição.

Os metais pesados ou metais tóxicos são termos genéricos aplicados a um grupo heterogêneo de elementos. Muitos os classificam como tóxicos, porém nem todos têm essa característica de toxicidade. Segundo Malavolta (2006), neste grupo incluem-se metais, semi-metais (arsênio) e não metais (flúor e selênio). A característica comum entre esses elementos é que possuem peso específico maior que 6g cm^3 ou número atômico maior que 20. Já Camargo et al., (2001) considera como metais tóxicos prata (Ag), Arsênio (As), Berílio (Be), Bromo (Br), Cádmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Cromo (Cr), Flúor (F), Mercúrio (Hg) Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni) Chumbo (Pb), Antimônio (Sb), Selênio (Se), Estanho (Sn), Tálcio (Ti), Vanádio (V), e Zinco (Zn). Os mesmos autores relatam ainda que alguns deles (Cu, Fe, Mn, Mo, e Zn) são nutrientes essenciais para os vegetais; outros são benéficos para o crescimento das plantas (Co e V) e outros não são essências ou não apresentam função para os vegetais (Al, Cd, Cr, Hg e Pb).

Dentre os elementos mais preocupantes destacam-se o As, B, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e o Zn, mesmo que alguns destes metais sejam micronutrientes essenciais às plantas, outros podem se acumular no solo tornando-se tóxicos às plantas e ao homem (SANEPAR, 1997). Desta forma a concentração de metais pesados no lodo é um dos controles fundamentais para seu uso seguro na agricultura.

Malavolta (2006) postula que existe uma preocupação crescente e não fundamentada com a toxidez dos metais pesados através da sua entrada na alimentação, pelo fato de que ela é caracterizada mais pelo teor ou pela dose do que pela natureza do elemento. Nos últimos anos, estudos dos metais pesados têm abordado o efeito da acumulação desses elementos nos organismos em diferentes ecossistemas, a transferência na cadeia alimentar e os meios de conviver com graves problemas que podem ser gerados pelos excessos (OLIVEIRA, 2003).

4.2 Principais metais pesados associados ao uso agrícola do Lodo

Alguns metais traços são essenciais como oligoelementos para a vida animal e vegetal, entretanto em altas concentrações podem ser nocivos à saúde, tornando-se tóxicos às plantas e ao homem.

4.2.1 Cádmio (Cd)

As plantas variam grandemente na sua capacidade de absorver, acumular e tolerar Cd, sendo que a toxicidade em plantas manifesta-se por clorose nas folhas, murchamento e redução de crescimento (SAES et al, 2009). O Cd é facilmente absorvido e translocado, sendo que esta absorção parece ser em competição, pelo mesmo transportador transmembrana, com nutrientes como K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Ni.

Normalmente, íons Cd são retidos nas raízes e somente pequenas quantidades são transportadas para parte aérea (TEDESCO, 1995). O mesmo autor verificou, em planta de *Brassica chinensis*, que a concentração de Cd foi maior nas raízes, seguida pelas folhas com o caule apresentando a menor concentração. Os resultados indicam que o Cd não é completamente imobilizado nas raízes, mas, é translocado para as folhas. Os resultados também indicaram que com o aumento da concentração de Cd na solução ocorreu aumento correspondente do metal nas folhas, caule e raízes; como também a translocação para as flores e até a concentração de 1,0 µg/mL na solução nutritiva.

As plantas variam gradativamente na sua capacidade de absorver, acumular e tolerar Cd. Diminuição nos conteúdos de clorofila e carotenóides são

relatados com efeitos do Cd nas plantas; esse elemento altera as taxas de absorção líquida de CO₂, a transpiração, a eficiência de uso da água e a condutância estomática. O efeito deletério do Cd sobre a clorofila e sobre o desenvolvimento do cloroplasto influencia negativamente o processo fotossintético (MELO et al., 2001).

Salviano (1999) pesquisando o efeito do Cd e Zn em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) observou redução significativa do crescimento da parte aérea com o aumento da concentração desses metais. Gupta (2005) examinando o inter-relacionamento entre Cd, Zn e Fe em plântulas de milho e observaram que o aumento da concentração de Cd e de Zn decresceu, mas, o teor de Fe aumentou, tanto nas folhas como nas raízes. Os autores concluíram que Cd reduziu a concentração de Zn e que isto, causou um aumento na concentração de Fe.

Desta forma, nota-se que a absorção foliar é uma via significativa para a entrada de Cd atmosférica na planta e, conseqüentemente na cadeia alimentar. O cádmio tende a se acumular nas raízes, mais que em qualquer outra parte da planta. Comparando a mobilidade do Cd em relação à de outros elementos, ele se mostra mais móvel no solo que outros metais, dispersando mais que o Pb e o Cu. Pode ter sua adsorção reduzida com a presença de ligantes orgânicos que o mantêm na solução. Os solos tropicais possuem características, como CTC e o Al, que controlam a adsorção do Cd e do Zn (MALAVOLTA, 2006). Vários fatores do solo e da planta, conforme Melo et al., (2001) afetam a absorção de Cd pelas plantas, o pH do solo e um fator controlador do processo de absorção do cádmio.

4.2.2 Chumbo (Pb)

O Pb pode ser absorvido pelas plantas, provocando mudanças na permeabilidade das membranas celulares e interferindo nas reações com grupos tióis. Este metal apresenta afinidade para reagir com grupamentos fosfatos e grupos ativos da ADP e ATP (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). É um elemento tóxico as culturas, sendo que as concentrações excessivas de Pb interferem na divisão celular e inibem a extensão do sistema radicular, tendo efeito, principalmente, no alongamento das células das raízes.

Estudos da absorção de Pb em *Brassica Chinensis* mostraram que este elemento foi considerado praticamente imóvel nesta espécie, com raízes acumulando grande quantidade e pouca translocação para as folhas e caule apesar das concentrações adicionadas a solução nutritiva. Em plântulas de *Fagus sylvatica* L., concentrações de 44 g kg⁻¹ de Pb provocaram o espaçamento das pontas das raízes e concentrações maiores que 55 g kg⁻¹ reduziram significativamente a massa das raízes. Porém, concentrações subtóxicas de Pb, no entanto parecem estimular o crescimento radicular (TEDESCO, 1995).

Segundo Malavolta (1997) os solos não contaminados, de maneira geral, a concentração de Pb nas folhas varia de 1 a 3 g kg⁻¹, sendo teores na parte aera acima de 20 g kg⁻¹ considerados altos, podendo causar fitotoxicidade,. Ressalta também que para avaliar a contaminação do solo por Pb recomenda-se que as amostras sejam retiradas na camada superficial, na profundidade de 0-15 cm. Nas plantas, o chumbo pode inibir o crescimento celular, porém mesmo em solos altamente contaminados não tem sido observado efeito fitotóxico com concentrações de ate 200 g L⁻¹ (PEGORINI et al., 2003).

Em seres humanos, preconiza Oliveira (2003), que o chumbo é absorvido em pequenas concentrações, sendo gradativamente acumulado nos tecidos, entram na corrente sanguínea, chega aos ossos e tecidos moles, inclusive nos rins e no fígado, dos quais é gradativamente excretado, via bile, no intestino delgado, sendo eliminado pelas fezes, ficando retida nos tecidos uma parte, onde se acumula, causando os sistemas de intoxicação mais tarde.

4.2.3 Cobre (Cu)

Este elemento é absorvido pelas plantas como íon Cu²⁺ e altas concentrações de P, Mo e Zn podem diminuir o processo que é considerado ativo. Altas concentrações de Cu no meio, por sua vez, diminuem a absorção de Fe, Mo e Zn. A maioria das funções do Cu como nutriente estão baseados na participação de compostos enzimáticos de Cu em reações redox (MARSCHNER, 1995). Este elemento é importante em vários processos fisiológicos como, fotossíntese, respiração, distribuição de

carboidratos, redução fixação do N, metabolismo de proteínas (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001).

O mesmo autor relata que a mobilidade de Cu dentro dos tecidos das plantas é fortemente dependente da quantidade do nutriente fornecido, sendo maior com suprimento de luxo. Contudo, Cu tem baixa mobilidade quando comparados com outros elementos nas plantas e a maioria do metal parece permanecer nas raízes e tecidos foliares até sua senescência e somente pequenas quantidade pode ser retranslocada para órgãos jovens. Por isso, os órgãos jovens são usualmente os primeiros a desenvolver sintomas da deficiência de Cu.

Foi observado, por Adriano (1986), que o Cu aplicado ou depositado no solo tende a persistir no mesmo e pode ser fixado fortemente pela matéria orgânica e por óxidos de Fe, Al e Mg e pelos minerais de argila. Malavolta (1994), afirma que o Cu na solução do solo, e o adsorvido estão em equilíbrio e são considerados disponíveis para as plantas, enquanto os ligados a óxidos e em restos orgânicos estão relativamente não disponíveis.

Teoricamente, o Cu em concentrações de 10 g L^{-1} , pode vir a ser tóxico para as plantas. Ele é menos prontamente deslocado para a planta que o Zn, e pode se acumular em altas concentrações nas raízes. Nos cereais, restringe o crescimento das raízes, produzindo múltiplas ramificações espessadas. A adição de calcário, mantendo o pH acima de 6, 5 pode desintoxicar solos contaminados por este elemento (PEGORINI et al., 2003).

4.2.4 Cromo (Cr)

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (2001), o Cr no solo é regulado pelos valores pH matéria orgânica, fosfatos de Fe, Mn e Al. Para Melo et al., (2004), o Cr^{3+} é pouco móvel em condições de acidez média e em pH 5,5 o metal encontra-se quase totalmente precipitado, e os seus compostos são considerados estáveis no solo. O Cr^{6+} diminui com o aumento do pH, enquanto que nesta mesma condição de adsorção do Cr^{3+} aumenta. O comportamento do Cr pode ser modificado pela formação de complexos orgânicos com o metal. O efeito dominante da matéria orgânica é estimular a redução do

Cr^{6+} para Cr^{3+} . Cotrim (1994) observou que o nível fitotóxico é variável, quando a forma presente é o Cr hexavalente. A diferença de toxicidade existente entre o Cr trivalente e o Cr hexavalente, conforme CETESB (1999) é dada pela comparação entre os valores de dose referencial de exposição oral crônica, apresentada pela “United States Environmental Protection Agency” (USEPA) em seu Sistema Integrado de Informação de Risco (IRIS), sendo determinadas para o Cr hexavalente, doses máximas de $0,005 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e, para o Cr trivalente, $1,000 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. A partir de doses, por ingestão oral, efeitos tóxicos no ser humano, como a necrose celular, começarão a ocorrer.

Nas plantas a absorção e translocação de Cr são muito baixas, embora sejam variáveis com a espécie considerada. Por causa de sua afinidade por cargas negativas, esse elemento é imobilizado nas raízes e não na superfície radicular. Existem relatos que o Cr é responsável pela formação de nódulos e aumento da habilidade de fixação do nitrogênio por leguminosas. Entretanto, os níveis de Cr na parte aérea são muito baixos ($0,02$ a 1 mg kg^{-1}) e elevam-se somente um pouco quando os sintomas de toxidez aparecem (BERGMANN, 1992).

A absorção de Cr pelas plantas está diretamente associada à presença de formas solúveis do elemento no meio em que são cultivadas. Estudos desenvolvidos em solução nutritiva não encontraram diferença significativa entre a absorção de Cr^{6+} e Cr^{3+} . Esse comportamento, entretanto, pode mudar significativamente no solo, onde, além da valência do elemento, diversos fatores estarão interagindo, principalmente o pH do meio e os agentes complexantes (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

Quanto à resposta das plantas à toxidez por metais pesados envolve alterações estruturais, fisiológicas e bioquímicas que dependem do tipo e concentração do metal pesado e do tempo de exposição das plantas a esses elementos. Uma pequena translocação do Cr absorvido pelas raízes para a parte aérea das plantas tem sido constatada em diversos estudos. Bergmann (1992) cultivando diversas plantas em solução nutritiva com $^{51}\text{Cr}^{3+}$ ou $^{51}\text{Cr}^{6+}$, verificaram que aproximadamente 98% do elemento absorvido permaneceu retido nas raízes, situação semelhante observada por Cotrim (1994) após aplicarem $^{51}\text{CrO}_4^{2-}$, quando notaram que apenas 1% do isótopo absorvido foi

translocado para a parte aérea. Barceló et al. (1992) encontraram um teor de Cr nas raízes de cevada quarenta vezes maior do que o encontrado na parte aérea.

No entanto, o Cr é um elemento considerado essencial para o homem e para os animais, tendo importante função no denominado fator de tolerância à glicose, ou seja, o retorno de níveis excessivos de glicose no sangue a níveis normais (MALAVOLTA, 1997). Segundo Oliveira (1995) as concentrações máximas de Cr permitidas nos solos, de acordo com a regulamentação de diferentes países, são de 1.500 g kg⁻¹ nos Estados Unidos da América (USESPA 503), de 10 g kg⁻¹ na Comunidade Européia, 400 g kg⁻¹ no Reino Unido, 100 g kg⁻¹ na Alemanha e 110 g kg⁻¹ no Canadá.

Segundo o mesmo autor, a falta de controle dos rejeitos industriais contaminados por metais tóxicos pode causar alterações no solo, na água e no ar, trazendo como consequência a contaminação dos sistemas aquáticos, continentes e marinhos.

4.2.5 Níquel (Ni)

O Ni foi incluído na lista dos micronutrientes essenciais para plantas superiores, mas assim, como os outros nutrientes, a separação entre a concentração ótima e a tóxica é muito estreita e apesar dos mecanismos de fitotoxicidade ainda serem pouco conhecidos, sabe-se que altos teores do metal nos tecidos vegetais inibem a fotossíntese e a respiração (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). O mesmo componente químico na forma solúvel é prontamente absorvido pelas raízes e apresenta grande mobilidade na planta. Porém, a quantidade do metal absorvida pelas plantas depende da espécie vegetal, a concentração de Ni na matéria seca varia de 1 a 10 g kg⁻¹ (MARSCHNER, 1995).

O referido metal pode acumular-se nas folhas e grãos e apresenta valor crítico de concentração para vegetais em torno de 11 g kg⁻¹ de matéria seca. São relatados teores do metal de 0,22 a 0,34 g kg⁻¹ em grão de milho cultivado em solos não contaminados e de 1,6 a 5,2 g kg⁻¹ em solos tratados com lodo (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001).

De maneira geral, a toxicidade do Ni se expressa quando a sua concentração da matéria seca for maior que 50 g kg^{-1} , com exceção das plantas acumuladoras e hiper acumuladoras (ADRIANO, 1986). Cotrim (1994) aplicando dose de biossólido de 60 t ha^{-1} , relataram que o acúmulo de Ni em plantas de trigo foi maior nas folhas e caules do que nos grãos. Em plantas de feijão, Boareto et al. (1992) encontraram teores de $7,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Ni nos grãos para aplicações de doses de biossólido em torno de 10 t ha^{-1} , contra $0,9 \text{ g kg}^{-1}$ no tratamento testemunha.

4.3 Teor total de metais pesados em solo

O acúmulo de metais pesados em solo, em função de aplicações sucessivas de lodo, é um dos aspectos que causa preocupação com relação à segurança ambiental necessária para a viabilização do uso desse resíduo na agricultura. A obtenção de dados sobre ao acúmulo de metais no solo, ao longo do tempo, é realizada por meio da determinação dos teores totais desses elementos. A quantidade total de um determinado elemento no solo representa a capacidade potencial do solo de fornecê-lo à planta e é função, principalmente, do material de origem do solo, bem como também da ação antrópica, como o descarte de resíduos agro-industriais por períodos relativamente prolongados no solo.

Na maioria dos estudos, a determinação dos teores totais de metais é feita pela digestão do solo em ácido fluorídrico (HF) juntamente com outros ácidos fortes, contudo, o uso de HF na rotina de laboratório é pouco recomendado, por se tratar de reagente altamente corrosivo e de difícil manuseio. Por este motivo, a preferência pelo uso de ácidos fortes, como HNO_3 ou mistura de ácidos, tais como ácidos nítrico e perclórico ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 - 5:1$) ou água régia ($\text{HNO}_3 + \text{HCl} - 3:1$) é muito comum (ABREU JÚNIOR et al., 2005). Atualmente a determinação dos teores totais de metais tornou-se menos morosa pela introdução do método desenvolvido pela EPA (2008), que emprega água oxigenada + ácido nítrico + ácido clorídrico, e pela substituição dos blocos digestores pelo forno de microondas no processo de digestão. Com estas novas metodologias de determinação, a avaliação dos teores de metais tornou-se mais freqüente na rotina dos laboratórios, principalmente nos Estados Unidos, onde estes teores são utilizados como

referência para monitoramento ambiental, na avaliação das cargas de poluentes nos solos, especialmente nas situações em que os solos vêm recebendo aplicações constantes de resíduos urbanos e industriais (ABREU JÚNIOR et al., 2005).

Neste caso, os teores de alguns metais pesados na camada superficial de solos são apresentados por Camargo et al. (2001). Em nível mundial, os limites máximos, mínimos e médios aceitos (em $\mu\text{g kg}^{-1}$) de Cd (85, 10 e 20), Cr (3.000, 500 e 2.000), Ni (420, 100 e 25), Pb (840, 500 e 1.500), Cu (4.300, 600 e 1.500) e Zn (7.300, 2.000 e 2500), respectivamente, conforme a legislação pertinente dos Estados Unidos da América, da Holanda e da Escócia.

Quando da utilização de biossólidos em solos cultivados, como fertilizantes ou condicionadores de solo, existe a possibilidade desses elementos, em suas formas mais perigosas, serem absorvidos pelas plantas (BERTON, 2000) e acumulados em tecidos que poderiam servir de alimentos para animais e humanos. Assim, esses elementos entrariam na cadeia alimentar, possibilitando a ocorrência de danos aos animais que delas se alimentem (MARQUES et al., 2001).

Pegorini et al. (2003) postulam que os teores de metais adicionados ao solo por intermédio do lodo devem ser rigorosamente controlados, particularmente sob as condições de clima tropical úmido, característico do Brasil que favorece alta velocidade de degradação de materiais orgânicos. Afirmam ainda que a caracterização do lodo quanto ao conteúdo de metais pesados deve constituir etapa preliminar e indispensável do processo de avaliação da viabilidade do seu uso agrícola. Assim, o controle de metais presentes no resíduo é o passo inicial de um programa de reciclagem, visando a minimizar o acúmulo destes elementos no solo.

4.4 Metais pesados nas folhas e frutos de bananas

Nem sempre a presença de elevados teores de metais pesados em solo implica em maior absorção deles pela planta. Isso ocorre em razão do teor total não ser um índice de alta eficiência agrônômica no sentido de predizer fitodisponibilidade do metal (OLIVEIRA et al., 2002). Além disso, as concentrações de metais em tecidos vegetais tendem a alcançar um limite, mesmo após sucessivas aplicações do resíduo no solo. O

aumento do teor de M.O do solo pelo uso do lodo controla parcialmente a fitodisponibilidade dos metais pesados, em razão do aumento da adsorção desses metais em solo mais ricos em ligantes orgânicos (MCBRIDE, 1995). Entretanto, tão logo a M.O seja decomposta, é bastante provável, segundo a “teoria da bomba relógio”, formulada por McBride (1995) que ocorra uma maior liberação de metais na solução do solo, o que aumenta a chance das plantas acumularem em seus tecidos níveis mais elevados de metais pesados.

Andreoli et al. (2000) citam que, mesmo o lodo apresentando 50 a 60% de M.O em peso, alguns dos metais co-precipitados na matriz orgânica podem não ser diretamente afetados pela decomposição da M.O, podendo ser liberados dessa matriz caso haja uma diminuição do pH da solução do solo.

Dentre os principais fatores do solo responsável pela fitodisponibilidade dos metais, podem ser citados: pH do solo; teor de matéria orgânica; e capacidade do solo de reter cátions (MCBRIDE, 1995). O padrão de acúmulo de metais em plantas cultivadas em solos adubados com lodo de esgoto inclui respostas negativas, positivas ou ausência de resposta ao acréscimo dos teores de metais em solo nos estudos de Oliveira et al. (2002) e Martins et al. (2003) os efeitos de doses crescentes de lodo sobre os teores de metais em cana-de-açúcar e milho apresentaram diferentes tipos de respostas, incluindo ajustes do tipo linear, efeitos negativos ou inexistentes, em relação ao aumento dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn no solo.

Um ponto importante a ser discutido em relação à absorção de metais pelas plantas é o associado ao fato da capacidade de acúmulo de metais nos tecidos vegetais varia de uma espécie para outra. Em geral, a seqüência decrescente de acúmulo em planta é: Ni > Zn > Pb > Mn > Cu (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). As diferentes partes da planta comportam-se de modo distinto, de acordo com o elemento considerado e, em se tratando de lodo, das fontes e doses utilizadas. No estudo de Pierrisnard (1996) em milho, o Zn acumulou-se preferencialmente nos sabugos e folhas; o Pb, em sabugos e colmos; o Cr nos sabugos e grãos; Cd nos sabugos, grãos e colmos e o Ni e Cu nos sabugos, grãos e raízes.

Segundo Pierrisnard (1996) os frutos em relação às partes vegetativas das plantas acumulam menores quantidades de metais, daí o uso do lodo ser

adequado nos casos onde são colhidos os frutos e não utilizados a parte aérea das plantas na alimentação animal.

4.5 Absorção e Acúmulo de Metais Pesados nas Plantas

Obviamente, a acumulação dos metais tóxicos até os níveis de saturação para os animais e para o homem, respectivamente na forragem e na alimentação, é aspecto importante a ser considerado, uma vez que os seres envolvidos são integrantes da cadeia alimentar, estando o homem, normalmente no final da mesma, podendo receber seu alimento com alto teor de metal tóxico (BARCELÓ & POSCHENRIEDER, 1992).

A absorção pelas plantas é uma das principais rotas de entrada dos metais tóxicos na cadeia alimentar, haja vista, os metais tóxicos poderem interagir entre si ou com outros elementos, interferindo na absorção e utilização pela planta. As interações, normalmente, ocorrem entre os íons que apresentam propriedades químicas semelhantes e competem assim, pelos mesmos sítios de adsorção, transporte e funções ativas da célula vegetal (BATAGLIA & SILVA, 2001).

Em geral, apenas uma pequena parcela dos metais absorvidos alcança as folhas, mas mesmo assim, podem alterar a estrutura e a funcionalidade das organelas fotossintéticas. Grande parte dos metais pesados presentes em biossólidos encontram-se adsorvidos especificamente em minerais e matéria orgânica originários do próprio resíduo, tendendo a permanecer em forma não fitodisponível após a adição ao solo (BOEIRA, 2002).

Marques et al. (2001), estimam que menos de 1% do total de metais pesados originários de lodo são absorvidos pelas plantas. Entretanto em alguns casos, e para algumas culturas, segundo Salles (1999), a aplicação de LE e o conseqüente acúmulo de metais pesados podem causar toxicidade nas plantas, como a macieira, por exemplo, com a verificação de teores superiores aos permitidos. Os referidos autores em uma revisão da literatura sobre o acúmulo de metais pesados, e seus efeitos nas culturas que receberam aplicação de LE, constataram que houve redução da produtividade nas culturas de milho, sorgo e centeio. De acordo com eles, houve também toxicidade nas folhas e nos grãos, além de maiores teores de metais pesados em todos os seus constituintes vegetais

(Cd, Cu, Ni, Pb e Zn). Por outro lado, doses mais baixas de LE, proporcionaram aumento na produtividade de grãos das culturas de milho e sorgo, sem sintomas de toxicidade.

De forma geral, podem-se definir intervalos de concentração de metais pesados em plantas, capazes de promover o surgimento de sintomas de toxicidade, que depende não só de variáveis relacionadas à planta, mas também daquelas relacionadas ao solo, à natureza do metal e sua concentração, além das interações (sinergismo e antagonismo) que podem ocorrer entre diferentes metais no solo, especialmente quando se encontram em níveis elevados.

4.6 Determinação de Metais Pesados

Geralmente a determinação dos metais pesados é realizada por espectrometria de emissão após excitação em plasma de argônio (ICP-OES) ou de absorção atômica (AAS), após a digestão das amostras com ácidos fortes, em meio oxidante, obtido por adição de peróxido de hidrogênio. Já que as concentrações e os tipos de metais presentes em lodo são variáveis, além do que os mesmos apresentam graus diversos de toxicidade e de bioacumulação, o que justifica a necessidade de dosá-los em lodos (ANDREOLI & PEGORINI, 2000).

4.7 Espectrometria de absorção atômica

Este procedimento foi proposto como técnica de análise química por Walsh, no início de 1955, os mesmos têm boa precisão e é bastante utilizada para dosar metais quando a concentração destes nas amostras é compatível com os limites de detecção da técnica. Este é o caso de maior parte dos metais presentes no lodo.

Para alguns metais, tais como: o Cu, Zn, Ni, B e Mg, a planta não consegue estabelecer qualquer proteção quanto às suas entradas na cadeia alimentar (BETTIOL & CAMARGO, 2000), portanto, o acúmulo desses elementos em determinadas culturas agrícolas pode levar à presença de níveis indesejáveis desses metais, que pode ocorrer em níveis muito inferiores daqueles previstos na legislação ambiental.

A bananeira, cultura referência na pesquisa teve todo respaldo teórico sobre a importância das aplicações de lodo de esgoto, visando melhoria das propriedades físico-químicas do solo, mediante adição da M.O presente no mesmo. Porém ao abordar os benefícios e limitações do resíduo, visando o benefício da cultura, deve-se relatar sobre uns dos fatores limitantes ao desenvolvimento e produtividade, ou seja, a irrigação, que visa proporcionar as bananeiras, 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. Devido a este enfoque será relatado sobre a importância desta técnica para a cultura.

5 IRRIGAÇÃO

5.1 Importância da irrigação para bananicultura

A irrigação na bananicultura foi utilizada de forma complementar, a qual é um trato cultural imprescindível, proporcionando aumento na produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, colheita nas entressafras e plantios fora de época. Nesse sentido, torna-se necessário nos plantios irrigados, realizar um manejo adequado da irrigação, atendendo as necessidades da cultura, de modo a permitir a manifestação de seu potencial produtivo, o que consiste, basicamente, em definir de forma mais precisa possível quando irrigar e quanto irrigar, o que depende, fundamentalmente, do conhecimento da evapotranspiração (FREITAS et al., 2007).

Comprovadamente, a bananeira requer grande quantidade de água, pois apresenta área foliar abundante e peso de água correspondente a 87,5% do peso total da planta. A deficiência de água pode afetar tanto a produtividade como a qualidade dos frutos. Pode-se estimar, para dias ensolarados, de baixa umidade relativa do ar e para uma área foliar total próxima de 14 m², que a planta consome 26 litros dia⁻¹; 17 litros dia⁻¹

em dias semi-cobertos; e 10 litros dia⁻¹ em dias completamente nublados (TEIXEIRA, 2001).

Percebe-se a importância da irrigação em trabalhos realizados Barbosa (2008) em um experimento com bananeiras com cultivar ‘Nanicão IAC 2001’ irrigada, variando doses de um composto orgânico em substituição a adubação mineral obteve média de produtividade de no 1º e 2º ciclo 27,21 e 37,29 t ha⁻¹, sendo superior ao do país, que foi de 12,17 t ha⁻¹ no ano de 2003 (FAO, 2009). Os benefícios da irrigação podem ser visualizados em Coelho et al. (2006) que relatou médias de produção de 42 t ha⁻¹ em bananeiras cultivar ‘Grand Naine’, sob diferentes níveis de irrigação.

5.2 Métodos de irrigação

Quanto aos métodos de irrigação para a bananeira não existem restrições à maioria deles. A sua escolha vai depender das condições locais de cultivo, como: o tipo do solo e seu relevo, o custo da implantação, manutenção e operação da irrigação, bem como a quantidade e qualidade da água e da mão-de-obra disponível. O método promove: a) distribuição uniforme de água no solo, isto é, de maior eficiência de aplicação e de distribuição de água, b) manutenção de umidade relativa do ar média, estável no interior do plantio, c) ausência de molhamento das folhas em zonas com problemas fitossanitários (COELHO et al., 2006).

5.3 A escolha do método de irrigação para bananicultura

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. Para Bernardo (2002), representam sistemas caracterizados por maior eficiência de irrigação, permite ainda maior controle da lâmina d’água aplicada, menor perda por evaporação, percolação, escoamento superficial e maior eficiência no uso da adubação.

Dentre os sistemas de irrigação localizada, a microaspersão resulta em maior área molhada, permitindo maior desenvolvimento das raízes, pois conforme Oliveira et al. (2000) o volume de solo molhado (camada de 20 a 40 cm) onde se concentram as raízes absorventes, assegura-se que mais de 90% do sistema radicular tenha acesso a água, o que favorece o processo de transpiração da cultura. Além disso, tem pouca interferência no microclima local, tem menor efeito do impacto dos jatos de água com os troncos das plantas na uniformidade de distribuição; também por ser um sistema fixo requer o mínimo de mão de obra, sendo um sistema de alta eficiência.

5.4 Necessidades hídricas das bananeiras

A determinação da necessidade hídrica é baseada na evapotranspiração da cultura (ETc), definida em geral, a partir do produto entre o coeficiente de cultura (Kc) e a evapotranspiração de referência (ETo). O coeficiente de cultura (Kc) varia de acordo com as fases fenológicas e seus valores para a banana são 0,4, 0,7, 1,0, 0,9 e 0,75 nas fases inicial, de desenvolvimento, intermediária, final do ciclo e colheita, respectivamente (DOORENBOS & KASSAN, 1994).

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, exigente em altas temperaturas em consumidora de apreciável quantidade de água. Estima-se que o consumo diário varia de 3 a 8 mm d⁻¹ e anual de água pela planta é de 1200 a 2200 mm ano⁻¹. Estudos mostram que as maiores produções de banana estão associadas a uma precipitação anual de 1.900 mm sendo considerada suficiente uma precipitação de 100 a 180 mm mês⁻¹, para obtenção de colheitas economicamente rentáveis (DOORENBOS & KASSAN, 1994).

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Localização da área experimental

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

6.2 Clima

Em relação ao clima, constatou-se que o município de Botucatu-SP apresenta clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa - Koppen) e a temperatura média mais quente superior a 22°C (CUNHA et al., 1999).

6.3 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 0-20 cm.

<i>Camadas</i>	<i>pH</i>	<i>MO</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V%</i>
<i>Ano</i>	<i>CaCl₂</i>	<i>g dm⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>			<i>Mmol_c dm⁻³</i>			
20 - 2008	5,4	26	15	1,5	35	16	52	81	64
20 - 2009	5,2	23	8	1,3	30	15	47	81	59

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

6.4 Descrição da cultivar

A variedade Nanicão “IAC 2001” é um cultivar triploíde do grupo AAA, subgrupo Cavendish, selecionado pelo IAC - Instituto Agrônomo, em parceria com o Grupo Matsuda. Apresenta altura média entre 2,5 e 4,0 m, peso médio dos cachos entre 20 e 45 Kg, com até 11 pencas. A textura da casca da fruta é macia e espessa, de coloração amarelo-clara, sendo que a polpa é pouco farinácea e de cor levemente creme, cujo paladar é menos adocicado que ‘Nanicão’, bem como o seu aroma, que também é menos intenso. O seu tempo de prateleira, varia de 4 a 5 dias a mais do que ‘Nanicão’, com teor de vitamina C três vezes maior, oferecendo assim, melhor digestibilidade para o consumo humano (MOREIRA, 2003). É resistente à sigatoka-amarela e tolerante à sigatoka-negra, sendo imune ao mal-do-panamá e suscetível ao moko. Apresenta ainda, baixa tolerância ao ataque da broca-do-rizoma e do nematóide cavernícola (SAES et al., 2005).

6.5 Instalação e condução da cultura no campo

O experimento já se encontrava instalado desde março de 2005, adotando-se um espaçamento de 3,0 m entre linhas e 2,5 m entre plantas, o que proporcionou uma área de 7,5 m² planta⁻¹ e representou 1333 plantas ha⁻¹, totalizando 108 plantas. O solo onde se instalou o experimento recebeu as operações de aração, gradagem, aração e gradagem, de acordo com os resultados da 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 mmol_c 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 P₂O₅). 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 Agrônomicas – UNESP/ Campus Botucatu, para adaptação às condições climáticas locais antes de ir ao campo.

Segundo a análise de solo no ano 2008, 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, apenas variando as doses de N nos tratamentos em função do teor do nutriente no material (lodo de esgoto) utilizado. Durante os anos de 2008, 2009 e 2010, todos os tratamentos culturais foram realizados à medida que se faziam necessários, como controle de plantas daninhas, 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.

6.6 Instalação e condução da cultura no campo

Desde 2005, o experimento encontrava-se instalado; e a partir de 2008 foi dada continuidade no mesmo; onde foi coletado o 3º ciclo da cultura do

experimento anterior, como também 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 (K, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Zn, Mn e Fe), 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 e 6.

Tabela 5. Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm dos tratamentos em 2008.

<i>Trat.</i>	<i>pH</i>	<i>MO</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V%</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
		<i>CaCl₂ g dm⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>	<i>Mmol_e dm⁻³</i>					<i>Mmol_e dm⁻³</i>					
1	3,9	28,3	49,3	2,8	16,0	3,3	22	116	19	0,34	6,2	95,0	35,4	2,7
2	4,3	30,0	47,3	1,6	33,7	6,0	40	109	37	0,43	6,8	99,0	33,6	19,3
3	4,0	30,0	25,3	1,7	26,7	3,0	31	123	26	0,57	6,8	102,0	30,0	44,6
4	4,1	29,3	37,0	1,4	23,3	3,0	27	114	24	0,47	7,4	111,0	51,5	52,7
5	4,2	28,3	27,7	1,6	32,0	3,3	36	116	31	0,55	6,8	86,0	48,7	62,0
6	4,2	32,2	39,9	1,9	24,9	4,3	32	136	24	0,85	7,8	88,0	49,4	62,0

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

Tabela 6. Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm dos tratamentos em 2009.

<i>Trat.</i>	<i>pH</i>	<i>MO</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SB</i>	<i>CTC</i>	<i>V%</i>	<i>B</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>
		<i>CaCl₂ g dm⁻¹</i>	<i>mg dm⁻³</i>	<i>Mmol_e dm⁻³</i>					<i>Mmol_e dm⁻³</i>					
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 2008 e 2009. Para todos os tratamentos, as quantidades de P₂O₅ e K₂O (superfósforo triplo e cloreto de potássio) adicionadas foram iguais, visto que todos estavam no mesmo nível de exigência nutricional, segundo Rajj et al., (1997). A aplicação de LE nos tratamentos 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.

6.7 Análise química e aplicação de lodo de esgoto ao solo

O lodo de esgoto utilizado no experimento teve origem na ETE da cidade de Jundiaí e apresentava composição química conforme dispõe a Tabela 7 e 8.

Tabela 7. Análise química do lodo de esgoto utilizado no experimento em 2008.

pH	C/N	Porcentagem na matéria seca										mg kg ⁻¹ matéria seca			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	
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 análises de fertilizantes e corretivos (DCS-FCA).

Tabela 8. Análise química do lodo de esgoto utilizado no experimento em 2009.

pH	C/N	Porcentagem na matéria seca										mg kg ⁻¹ matéria seca			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	
4,8	8/1	3,34	2,6	0,22	48	26,74	1,26	0,26	1,89	1096	389	33210	510	1065	

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

A análise química destes materiais seguiu 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 (2009) 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 coletadas amostras da pilha do composto, pesou-se o material úmido (PU), levou-o a estufa até peso constante e a seguir obteve-se o peso seco (PS). A partir da equação abaixo, definiu-se a umidade do material.

$$Um (\%) = \frac{(Pu - Ps)}{Ps} \times 100 \quad (1)$$

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.

A época e porcentagem de aplicação foram realizadas conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9. Época e porcentagem de composto aplicado nas plantas de bananeira.

Época de aplicação	% aplicada
Setembro/ 2008 e 2009	30 %
Outubro/ 2008 e 2009	40%
Novembro/2008 e 2009	30%



Foto 1: Adubação convencional.
Fonte: Barbosa (2008).



Foto 2: Adubação com lodo de esgoto.
Fonte: Barbosa (2008).

6.8 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 N 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 (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).

T3- 50% do N recomendado fornecido por uréia (490 kg por ha⁻¹) e 50% por LE (21,50 t ha⁻¹).

T4- 25% do N recomendado fornecido por uréia (245 kg por ha⁻¹) e 75% por LE (32,25 t ha⁻¹).

T5- 100% do N recomendado fornecido por LE (43 t ha⁻¹).

T6- 125% do N recomendado fornecido por LE (53,75 t ha⁻¹).

6.9 Irrigação: Sistema e Manejo

O sistema de irrigação por microaspersão autocompensante utilizado no experimento apresentava vazão de 28 L h⁻¹ por microaspersor, cobrindo um raio de molhamento de 1,2m. 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 15 m³, 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 por causa da 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:

$$Lap = \frac{E \cdot Kp \cdot Kc}{Ef} \quad (2)$$

Lap: lâmina a ser aplicada

E: evaporação obtida pelo Tanque Classe A

Kp: coeficiente do tanque

Kc: coeficiente da cultura

Ef: eficiência do sistema



Foto 3- Tanque Classe A utilizado no experimento.
Fonte: Barbosa (2008).

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 4 - Microaspersor utilizado.
Fonte: Fortes (2011).

Para definir o momento de irrigar foram utilizadas baterias de tensiômetros, nas profundidades de 20 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. Sendo assim, a intensidade de aplicação, a lâmina aplicada e o tempo de irrigação foram calculados conforme o manejo do solo, através do Tanque Classe A

6.10 Parâmetros a serem avaliados

6.10.1 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 graduada, o diâmetro médio do pseudocaule, utilizando paquímetro, e no período de frutificação foram avaliados o número de frutos por cacho e peso dos cachos.

a) Análise foliar: 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 feminina 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, conforme figura 1 (TRINDADE, 1997).

Após 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 Agrônomicas – 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).

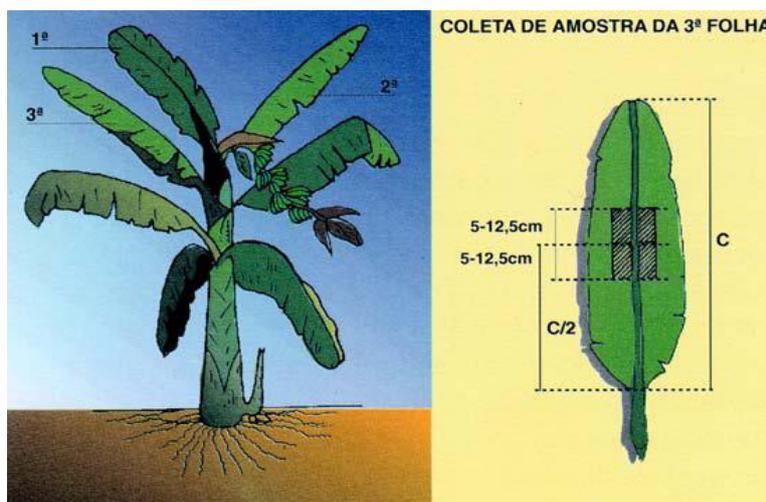


Figura 1: Amostragem foliar em bananeira, para análise química.
Fonte: Borges, A. L. (2002).

- b) Diâmetro do pseudocaule:** utilizando paquímetro, sendo os resultados expressos em centímetro (cm).
- c) Número de folhas:** o número de folhas por planta foi determinado na época da emissão da inflorescência.
- d) Peso do cacho:** a massa do cacho foi determinada no momento da colheita e os resultados estão expressos em quilograma (kg).
- e) Número de frutos por cacho:** o número de frutos por cacho foi avaliado no momento da colheita.
- f) Comprimento de frutos:** foram medidas as distâncias entre as extremidades de 10 frutos centrais da 2ª penca, com uso de uma régua e os resultados foram expressos em centímetros (cm).
- g) Diâmetro de frutos:** o diâmetro foi medido na região central de 10 frutos da 2ª penca, com uso de um paquímetro digital e os resultados foram expressos em milímetros (mm).

6.10.2 Análise química do solo após a implantação da cultura

Anualmente foram retiradas amostras de solo das parcelas, onde três amostras simples eram homogêneas, 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 Agronômicas – UNESP/Campus de Botucatu, segundo metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983). Destaca-se que, as análises químicas para determinação de B foram realizadas em extrato de água quente e o Cu, Mg e Zn em extrato de DTA a pH 7,3.

6.10.3 Qualidade pós-colheita dos frutos

As análises de qualidade de frutos foram realizadas apenas no dia da colheita, onde os cachos foram colhidos quando os frutos da segunda penca atingiram o diâmetro de 36 mm, sendo esta medida realizada com paquímetro digital, 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).

Os tratamentos foram os mesmos do campo, sendo que para cada parcela foram reservados 10 frutos da 2ª penca para serem medidos quanto ao comprimento e diâmetro, em seguida, selecionaram-se 6 frutos para as análises destrutivas (firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis). A seguir estão descritas as metodologias das análises empregadas.

a) Firmeza: foi medida em quatro pontos da região central dos frutos inteiros, utilizando-se Texturômetro Stevens – LFRA Texture Analyser, com ponta de prova A 9/1000. A velocidade de penetração foi de 2 mm/s e profundidade de 20 mm. Os resultados foram expressos em grama-força (gf cm^{-2}).



Foto 5 - Texturômetro utilizado no experimento.
Fonte: Barbosa (2008).

b) pH: foi medido em extrato aquoso, elaborado com 10g do material fresco triturado e diluído em 100 ml de água destilada, através de potenciômetro conforme preconizado pelo IAL (1985).

c) Acidez titulável (AT): foi feita com NaOH 0,1N no mesmo extrato aquoso preparado para o pH até atingir pH 8,3. A acidez esta expressa em ml de NaOH N/100g matéria fresca, conforme preconizado pelo IAL (1985).

d) Sólidos solúveis (SS): os frutos foram triturados, retirou-se uma alíquota filtrada em gase e a seguir realizou-se a leitura dos sólidos solúveis por refratometria, através de refratômetro tipo ABBE, conforme recomendações feitas pela A.O.A.C. (1970). Os resultados estão expressos em $^{\circ}$ Brix.

6.10.4 Análise teores de metais pesados no solo

Anualmente foram retiradas amostras de solo das parcelas, em profundidade 0,0 – 0,20 m, realizada com trado, onde três amostras simples eram homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas em peneira plástica de 2,0 mm, para posteriormente ser retirada 1 amostra composta, e após armazenadas em sacos plásticos identificados. As análises de determinação dos teores totais de metais pesados nos solos foram executadas pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Campus de Botucatu, segundo metodologia proposta pela Environmental Protection Agency (EPA), método nº 3050B (2008) realizada em espectrofotômetro de absorção atômica marca GBC, mod. 932 AA.

6.10.5 Análise teores de metais pesados nas folhas

A cada ano, as plantas foram amostradas, onde foram coletadas três folhas de cada tratamento, empregando-se a mesmo procedimento realizado na análise de nutrientes. Após foram encaminhadas Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Campus de Botucatu, e as análises de determinação dos teores totais de metais pesados nas folhas foram realizadas segundo metodologia proposta pela Environmental Protection Agency (EPA), método nº 3050B (2008) realizada em espectrofotômetro de absorção atômica marca GBC, mod. 932 AA.

6.10.6 Análise teores de metais pesados nos frutos

A cada ano, foram selecionados 5 frutos para as análises de metais pesados, logo após lavados, secos, em seguida eliminou-se as extremidades e foram cortados em rodela e colocadas em cadinhos. Os frutos foram acondicionados em saco de papel comum e secos em estufa com circulação forçada de ar e temperatura de 65 °C até peso constante, sendo os frutos moídos e encaminhadas Laboratório de Nutrição Mineral de

Plantas do Departamento de Recursos Naturais – Área de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Campus de Botucatu, e as análises de determinação dos teores totais de metais pesados nos frutos foram realizadas segundo metodologia proposta pela Environmental Protection Agency (EPA), método nº 3050B (2008) realizada em espectrofotômetro de absorção atômica marca GBC, mod. 932 AA.



Foto 6 – Frutos do experimento.
Fonte: Fortes (2011).



Foto 7 – Embalagens
Fonte: Fortes (2011).

6.10.7 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente pelo programa estatístico SISVAR, aplicando-se o teste de Tukey de acordo com seus respectivos esquemas de variância. Quando constatada interação significativa, as médias foram testadas em nível de 5% de probabilidade.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Parâmetros de produção

Na Tabela 10, são apresentados os resultados de produtividade (número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da segunda penca, peso total), de diâmetro e comprimento do fruto da bananeira ‘Nanicão IAC 2001’ determinado no primeiro e segundo ciclos nos anos de 2008 e 2009.



Foto 8 - Início do enchimento do cacho. **Foto 9** - Cacho próximo da colheita.
Fonte: Fortes (2011).

Tabela 10. Número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da 2ª penca, peso cacho, comprimento e diâmetro total de frutos de bananeira 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo do solo com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Penca/Cacho	Frutos/Penca	2ª Penca (kg)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Peso cacho (kg)
100	0	8,83	18,07	2,61 c	19,23 b	34,90 bc	19,33 bc
75	25	8,67	16,67	2,97 b	19,72 ab	34,08 bc	17,51 c
50	50	8,67	18,00	3,08 b	20,64 ab	36,12 ab	23,74 ab
25	75	8,87	19,87	3,50 a	21,06 a	39,09 a	25,74 a
0	100	8,00	15,00	2,42 cd	19,97 ab	31,76 c	19,97 c
0	125	8,00	16,33	2,35 d	20,20 ab	34,22 bc	21,18 b
Média		9,46	17,38	2,82	20,13	35,03	21,22
Fc		1,68 ^{NS}	2,53 ^{NS}	1,19**	3,20**	14,18**	70,96**
CV (%)		4,83	10,16	2,47	3,19	3,21	3,18
Tratamento		4º Ciclo - 2008					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Penca/Cacho	Frutos/Penca	2ª Penca (kg)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Peso cacho (kg)
100	0	8,67 c	18,33 b	2,52 c	19,21 b	35,20 bc	18,70 b
75	25	10,00 bc	16,00 cd	2,84 b	19,49 ab	34,71 bc	17,27 b
50	50	11,00 ab	16,33 c	2,98 b	20,51 ab	37,37 ab	25,04 a
25	75	12,00 a	20,33 a	3,40 a	20,86 a	40,50 a	24,07 a
0	100	10,33 b	14,67 d	2,32 cd	19,75 ab	32,61 c	18,12 b
0	125	10,33 b	14,67 d	2,26 d	19,71 ab	34,74 bc	17,32 b
Média		10,38	16,72	2,72	19,92	35,85	20,09
Fc		11,34**	51,42**	7,30**	3,86**	15,35**	60,79**
CV (%)		5,46	3,21	3,26	2,79	3,37	3,88
Tratamento		5º Ciclo - 2009					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Penca/Cacho	Frutos/Penca	2ª Penca (kg)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Peso cacho (kg)
100	0	10,00 b	20,00 a	3,91 c	20,21 c	38,00 ab	2,80 b
75	25	11,00 b	19,33 a	2,45 e	20,41 c	37,00 b	21,75 b
50	50	12,23 ab	18,33 a	4,45 b	21,92 ab	38,33 ab	30,32 ab
25	75	12,67 a	20,33 a	5,86 a	22,93 a	40,73 a	32,43 a
0	100	11,00 b	15,57 b	2,78 d	20,73 bc	37,86 ab	21,42 bc
0	125	10,00 b	14,67 b	2,65 de	20,64 c	37,33 b	20,53 c
Média		11,16	18,05	3,68	21,14	38,15	25,05
Fc		19,16**	30,10**	6,74**	17,62**	4,08**	89,33**
CV (%)		4,00	4,13	2,40	2,07	2,98	1,32
Tratamento		6º Ciclo - 2009					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Penca/Cacho	Frutos/Penca	2ª Penca (kg)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Peso cacho (kg)
100	0	8,67 c	19,67 ab	3,74 b	19,93 b	39,11 ab	21,31 b
75	25	10,00 bc	18,67 ab	2,34 d	20,19 b	37,97 b	21,29 b
50	50	11,00 ab	17,33 b	3,92 b	21,50 ab	39,68 ab	30,96 ab
25	75	12,00 a	20,00 a	4,42 a	22,63 a	41,42 a	31,85 a
0	100	10,33 b	15,33 c	2,61 c	20,57 b	39,28 ab	20,73 b
0	125	10,33 b	14,93 c	2,52 cd	20,05 b	37,73 b	21,19 b
Média		10,38	17,38	3,26	20,88	39,20	24,55
Fc		11,34**	30,26**	4,80**	20,92**	7,46**	82,97**
CV (%)		5,46	3,88	2,12	2,03	2,03	2,65

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados das análises de variância dos dados constatou-se efeito significativo no número de pencas por cacho, número de frutos por penca, peso da 2ª penca, peso cacho, comprimento e diâmetro total de frutos de bananeira 'Nanicão IAC 2001' entre os ciclos 3º e 4º ciclo; e 5º e 6º ciclo como também entre os ciclos por ano. O tratamento com 25% de adubação orgânica e 75% de adubação mineral, apresentou os melhores resultados em todos estes parâmetros avaliados. No entanto, quando houve comparação do ciclo por ano também observou diferença significativa nos mesmos tratamentos, ressaltando que o 5º Ciclo do ano 2009, sobressaiu o 3º Ciclo de 2008 respectivamente.

Segundo Saes et al. (2009), Nanicão 'IAC-2001' produz até 11 pencas por cacho. Nota-se que nesta pesquisa os valores encontrados foram 12 pencas por cacho, observando diferença significativa à medida que vai adicionando as doses de lodo, tanto entre os ciclos, como também entre ciclos ao ano.

Leonel et al. (2004), em Botucatu-SP, observaram que o cacho de 'Nanicão' apresentou 9 pencas, no entanto, Barbosa (2008) relatou 10 pencas e Ramos (2008) obteve 10 pencas por cacho. Para Gonzaga Neto et al. (2003), cachos de 'Nanicão' apresentaram 9 pencas, no Submédio São Francisco. Segundo Silva et al. (2000), no sequeiro, em Cruz das Almas - BA, os cachos de 'Nanicão' apresentaram 8 pencas. Entre as citações apresentadas o maior número de pencas relatado a 'Nanicão' foi os encontrados em Botucatu/SP, confirmando os resultados deste trabalho.

Os mesmos autores determinaram o peso médio da segunda penca de encontraram para 'Nanicão' peso de 3,0, 3,3 e 2,5 Kg, respectivamente. Gonzaga Neto et al. (2003), no Submédio São Francisco, reportaram valores de penca 'Nanicão': 3,2 Kg. Relatos anteriores são parecidos aos deste trabalho.

Sendo assim, observa-se diferença significativa também para o número de frutos da 2º penca nas diferentes doses de lodo, entre os ciclos do ano e ao comparar ciclo por ano os valores encontrados foram 19-20 frutos por penca.

Leonel et al. (2004), Ramos (2008) e Barbosa (2008), em Botucatu-SP, observaram que os cachos de 'Nanicão' apresentaram 18, 19 e 14 frutos na 2º penca, respectivamente. Gonzaga Neto et al. (2003), no Submédio São Francisco, reportaram que cachos 'Nanicão' apresentaram 17 frutos/penca. Santos et al. (2006), em

Jataí - GO relataram que cachos de 'Caipira' apresentaram 18 frutos na 2º penca. Os valores citados estão bem próximos aos relatados neste trabalho.

Com relação ao comprimento e o diâmetro dos frutos mostraram efeitos significativos quanto à dose do composto com 25% de adubação orgânica e 75% de adubação mineral, os valores de 3º ciclo 21,94 cm de comprimento e de 40,7 mm de diâmetro; e ao comparar ciclo por ano 22,94 cm e 41,7 mm.

Em relação a 'Nanicão', Leonel et al. (2004), Ramos (2008) e Barbosa (2008), em Botucatu-SP, observaram frutos com comprimento entre 15,1; 20,9 cm e 17,6 cm; Ganga et al. (2002), em Jaboticabal-SP, relataram frutos com 17,0 cm e Lima et al. (2005), em Cruz das Almas - BA citaram 18,6 cm. Silva et al. (2004b), em Cruz das Almas - BA, observaram que os valores de comprimento variaram de 17,0 a 21,0 cm, para frutos de 'Nanicão'. Donato et al. (2006a), em Guanambi-BA, relataram que 'Nanicão' apresentou frutos com comprimento de 22,5 cm. Segundo Silva et al. (2000), no sequeiro, em Cruz das Almas - BA, 'Nanicão' apresentou comprimento dos frutos de 15,3 cm. Para Carvalho et al. (2002), em Teresina-PI, frutos de 'Nanicão' apresentaram comprimento de 21,9 cm.

Nota-se que os valores encontrados nesta pesquisa foram superiores aos citados pelos autores acima, isso pode ser explicado porque no momento do peso das pencas, a última penca é bastante inferior às outras. Com isto, Soto Ballestero (1992), sugere fazer a eliminação desta juntamente com o "coração", logo após a antese, visando melhor distribuição de fotoassimilados entre as pencas remanescentes, levando um incremento do peso do cacho e do diâmetro do fruto.

Já com relação ao diâmetro do fruto da 'Nanicão', Leonel et al. (2004), Ramos (2008) e Barbosa (2008), em Botucatu-SP, citaram o diâmetro dos frutos igual a 32,8, 35 e 37,8 mm, respectivamente. Em Cruz das Almas - BA, Lima et al. (2005), relataram 33,8 mm. Segundo Donato et al. (2006a) os diâmetros foram 35,3 mm, nas condições de Guanambi-BA. Carvalho et al. (2002), em Teresina-PI, reportaram que frutos de 'Nanicão' foi de 37,2 mm.

Os resultados encontrados nesta pesquisa foram significativos em relação a diferentes doses de lodo, tanto entre os ciclos ao ano, como também ao comparar os ciclos por ano. Os diâmetros encontrados nesta pesquisa são maiores aos

citados acima. Essa variação pode ser explicada, considerando o ponto ideal de colheita. Pois segundo Bleinroth (1995) dependendo do destino que se pretende dar aos frutos, onde normalmente frutos para consumo local são colhidos com diâmetros maiores, enquanto que frutos para serem transportados a distâncias maiores são colhidos mais verdes, ou seja, com diâmetro menor.

Já o peso do cacho é o principal caráter que expressa a produtividade, porém não pode ser considerado isoladamente na escolha de um cultivar, pois outros caracteres também influenciam o processo de seleção e a preferência do mercado consumidor, tais como os relacionados ao fruto: peso, diâmetro, sabor e resistência ao despençamento (SILVA et al., 2002a).

Segundo Saes et al. (2009), o peso do cacho de 'Nanicão IAC-2001' varia entre 20,0 e 45,0 Kg. Barbosa (2008) e Ramos (2008) apresentaram peso de cacho de 28,4 e 25,16 Kg. Já Lima et al. (2005), em Cruz das Almas - BA e Ganga et al. (2002), em Jaboticabal-SP relataram que o cv Nanicão apresentou cachos pesando 18,9 e 12,0 Kg, respectivamente. Donato et al. (2006a), em Guanambi-BA, observaram que 'Nanicão' apresentou cachos pesando 30,0 Kg. Silva et al. (2004b), em Cruz das Almas - BA, notaram que os valores variaram para 'Nanicão' de 26,0. Nota-se que os valores encontrados neste trabalho estão dentro do intervalo citado; porém, nos ciclos seguintes, teve resultado superior ao encontrado pelos autores em referência.

Contudo, verificou-se um aumento em todos os parâmetros avaliados, isto pode ser por causa do comportamento da planta observado no ciclo de cultivo de 2008, como também nos ciclos do ano seguinte e entre ciclo do ano. Podendo estar relacionado com a intensificação do seu desenvolvimento, emissão de folhas e raízes, mediante ao período de tempo que o composto encontra-se no solo, uma vez que os efeitos do lodo de esgoto na fertilidade do solo, melhorando as propriedades físico-química do mesmo, juntamente com a translocação de assimilados a partir da planta matriz, correlacionando com os resultados observados pelos autores em referência, resultados semelhantes a pesquisa.

Os resultados observados podem estar relacionados com os períodos de pré-floração e de frutificação, que os ciclos encontravam nos seus respectivos anos, o rápido desenvolvimento dos cachos no 3º ciclo, se deve pelo fato da sua emissão ter

ocorrido em setembro de 2008, coincidindo com a elevação da temperatura e o início do período chuvoso em Botucatu/SP. Já o 4º ciclo, ocorreu em pleno período seco e frio (maio a agosto de 2009), onde as baixas temperaturas podem ocasionado um estado de dormência das raízes, paralisando conseqüentemente o crescimento e o desenvolvimento da planta. Além disso, quando estas baixas temperaturas ocorrem em épocas de baixa precipitação pode ocorrer o "engasgamento" (dificuldade de lançamento) da inflorescência.

Essas diferenças entre os ciclos no ano e entre os ciclos por ano podem estar relacionadas às altas temperaturas em janeiro/março, que podem ter prejudicado as fases fenológicas críticas do 2º ciclo de cada ano. Já os meses de maio a junho apresentaram temperaturas amenas e ventos fortes, onde retardou a fase de maturação dos frutos, que contribuí com resultados inferiores nos pesos dos cachos, como também cachos de qualidade visualmente inferiores no momento da colheita.

Os meses de inverno (julho, agosto e setembro) apresentaram temperaturas mínimas absolutas relativamente altas, estes meses foram caracterizados também por longos períodos de estiagem, que prejudicaram os cultivos da “seca”, o que levou a uma maior necessidade de irrigação complementar.

Regiões como Botucatu/SP, onde a umidade relativa média do ar situa-se acima de 80% são as mais favoráveis à bananicultura por acelerar a emissão de folhas, prolonga a longevidade, favorece o lançamento de inflorescência e uniformizar a coloração da fruta. Entretanto, se a alta umidade estiver associada à chuvas e à variações de temperatura, pode-se ter a ocorrência de doença fúngicas (RAMOS, 2008).

Com relação à produtividade Barbosa (2008), em um experimento com bananeiras com cv. ‘Nanicão IAC 2001’ sob irrigação, variando doses de um composto orgânico em substituição a adubação mineral obteve média de produtividade no primeiro e segundo ciclo de 24,70 e 33,33 t ha⁻¹. 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.

Tal fato justifica-se o uso da irrigação por microaspersão durante o experimento, pois em experimento realizado por Ramos (2001) com distribuição do sistema radicular e consumo de água em bananeiras irrigadas por microaspersão, obteve que as maiores parte das raízes encontram-se na camada 0,2 – 0,4 m em relação à distância

da planta, com maiores taxas de crescimento no período do florescimento. Isso reforça a afirmação de Oliveira (2000), que a concentração das raízes absorventes não ultrapassa uma área de 40% ocupada planta, assegurando-se que mais de 90% do sistema radicular tenha acesso a água, devido ao perímetro molhado, favorecendo assim o desenvolvimento da bananeira, conseqüentemente, aumentando a produtividade, conforme pode ser observado nos resultados aqui encontrados.

7.2 Parâmetros biométricos

Tabela 11. Altura de plantas, diâmetro de pseudocaule e número de folhas de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008		
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Altura da planta (cm)	Diâmetro do pseudocaule (cm)	Número de folhas por planta
100	0	1,96 d	20,40 e	20,33 ab
75	25	2,11 b	21,26 b	21,00 ab
50	50	2,07 bc	20,80 cd	21,00 ab
25	75	2,20 a	21,70 a	22,33 a
0	100	1,99 cd	20,73 de	19,00 b
0	125	1,97 d	21,16 bc	19,00 b
Média		2,05	21,01	20,44
Fc		32,99**	33,64**	6,36**
CV (%)		1,39	0,65	4,34
Tratamento		4º Ciclo - 2008		
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Altura da planta (cm)	Diâmetro do pseudocaule (cm)	Número de folhas por planta
100	0	2,52 c	20,46 d	20,33 cd
75	25	2,72 ab	21,34 b	21,67 bc
50	50	2,70 ab	20,83 c	23,00 ab
25	75	2,77 a	21,73 a	23,67 a
0	100	2,69 ab	20,76 cd	19,33 de
0	125	2,63 b	21,23 b	18,33 e
Média		2,67	21,06	21,05
Fc		16,91**	43,79**	45,42**
CV (%)		1,44	0,57	2,55
Tratamento		5º Ciclo - 2009		
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Altura da planta (cm)	Diâmetro do pseudocaule (cm)	Número de folhas por planta
100	0	3,00 ab	24,40 c	20,33 cd
75	25	2,93 ab	25,90 ab	22,00 bc
50	50	3,00 ab	24,60 c	23,00 ab
25	75	3,60 a	26,16 a	24,67 a
0	100	2,80 b	25,89 ab	20,33 cd
0	125	2,78 c	25,06 bc	19,00 d
Média		2,95	25,33	21,55
Fc		16,84 **	13,35**	17,84**
CV (%)		2,74	1,40	3,94
Tratamento		6º Ciclo - 2009		
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Altura da planta (cm)	Diâmetro do pseudocaule (cm)	Número de folhas por planta
100	0	2,82 bcd	24,70 b	20,33 bcd
75	25	2,83 bc	25,84 ab	22,00 bc
50	50	2,89 ab	24,62 b	22,67 ab
25	75	3,03 a	27,00 a	25,00 a
0	100	2,75 cd	26,16 ab	20,00 cd
0	125	2,69 d	24,66 b	19,33 d
Média		2,83	25,33	21,55
Fc		16,63**	11,94**	16,84**
CV (%)		1,77	1,47	4,12

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em experimentos conduzidos por Barbosa (2008), Ramos (2008) e Leonel et al. (2004), em Botucatu-SP, observaram para ‘Nanicão’ uma altura de 2,2 , 2,4 e 2,1 m. Já no presente experimento podem-se observar diferenças significativas nas diferentes doses de lodo, onde o tratamento com dose com 25% de N-orgânico e 75% de N-Mineral apresentou os melhores resultados entre os ciclos no ano e ao comparar os ciclos ao ano.

Essas divergências podem ser explicadas por que a altura da planta reflete o potencial vegetativo da cultura. No entanto, em um cultivar comercial, é indesejável que a bananeira expresse valores muito elevados, pois pode dificultar a colheita e provocar o tombamento da planta em decorrência de ventos fortes e ataques de nematóides e broca. Além disso, a altura da planta é um descritor importante, tanto do ponto de vista fitotécnico como genético, permitindo maior adensamento e, conseqüentemente, maiores produtividades. Embora a altura da planta só estabilize no terceiro ano o primeiro ciclo já evidencia a tendência do comportamento do cultivar (SANTOS et al., 2006).

Em relação ao diâmetro do pseudocaule, Barbosa (2008), Ramos (2008) e Leonel et al. (2004), em Botucatu-SP, observaram para ‘Nanicão’ uma circunferência de 79,48 com diâmetro de 25,3 cm; 71,8 cm com diâmetro de 22,5 cm, e 72,1 cm com diâmetro de 23,4 cm. Os dados relatados para ‘Nanicão’ estão bem próximos aos neste trabalho.

Pode-se observar que o parâmetro avaliado na Tabela 11 apresentou diferença significativa; onde o tratamento com dose com 25% de N-orgânico e 75% de N-Mineral apresentou os melhores resultados entre os ciclos no ano e ao comparar os ciclos ao ano. O diâmetro do pseudocaule está relacionado ao vigor, representando uma junção da bainha das folhas da bananeira, indica que a planta apresentou um maior número de folhas, ao longo do seu ciclo vital; refletindo na capacidade de sustentação do cacho, onde os cultivares com maior diâmetro do pseudocaule são menos suscetíveis ao tombamento (SILVA et al., 1999a).

Com relação ao número de folhas pode-se verificar diferença significativa na colheita do cacho, durante os ciclos no ano 2008 e 2009, como também

entre os ciclos por ano da cv. 'Nanicão IAC 2001' irrigada, apresentando como 22-23 folhas por planta nos ciclos de 2008, e no ano seguinte 24 -25 folhas por planta. Ramos (2008) e Leonel et al. (2004), em Botucatu-SP, observaram para 'Nanicão'; 12 e 18 folhas.

Uma possível explicação pode ser dada pelo controle da Sigatoka-amarela no experimento, o qual foi realizado de maneira cuidadosa e eficiente, não permitindo dessa maneira, que essa doença interferisse no número de folhas existentes por planta. Pois, segundo Santos et al.(2006) um maior número de folhas está relacionado com maior área fotossintética e conseqüentemente, maior teor de reservas (carboidratos), que estarão disponíveis para a formação e enchimento do cacho.

Verifica-se nos resultados obtidos na pesquisa um crescimento vigoroso, expresso em comprimento e diâmetro do pseudocaule, número de folhas verdes, cachos mais pesados, maior comprimento de fruto, maior peso do fruto, isso pode estar relacionado com a variação das doses do composto orgânico em substituição a adubação mineral aplicadas nos tratamentos, bem como a irrigação, levando a bananeira a dar o máximo do seu potencial produtivo, e conseqüentemente, frutos de boa qualidade. Com isso, o produtor que mantiver um bom manejo da cultura poderá proporcionar frutos de qualidade e alcançar maior retorno financeiro.

7.3 Qualidade pós-colheita dos frutos

Tabela 12. Firmeza, Sólidos Solúveis, Acidez Titulável e pH de frutos de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo do solo com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008			
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Firmeza (gf cm ⁻²)	Sólidos Solúveis Totais SST (°Brix)	Acidez Total Titulável (g 100g ⁻¹)	pH
100	0	1866,00	3,26	0,54	5,71
75	25	1852,33	3,20	0,18	5,71
50	50	1836,77	3,36	0,20	5,63
25	75	1881,22	3,70	0,21	5,58
0	100	1896,00	2,73	0,20	5,77
0	125	1816,78	2,80	0,19	5,56
Média		1858,31	3,27	0,25	5,68
Fc		0,68 ^{NS}	1,96 ^{NS}	0,93 ^{NS}	1,08 ^{NS}
CV (%)		3,27	16,72	11,26	2,40
Tratamento		4º Ciclo - 2008			
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Firmeza (gf cm ⁻²)	Sólidos Solúveis Totais SST (°Brix)	Acidez Total Titulável (g 100g ⁻¹)	pH
100	0	1822,33	3,43	0,18	5,71
75	25	1785,67	3,86	0,18	5,83
50	50	1803,44	3,53	0,20	5,74
25	75	1847,89	3,66	0,21	5,67
0	100	1818,22	2,73	0,20	5,78
0	125	1772,33	2,73	0,19	5,70
Média		1808,31	3,32	0,19	5,74
Fc		0,77 ^{NS}	3,36 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,34 ^{NS}
CV (%)		2,96	13,69	16,33	3,08
Tratamento		5º Ciclo - 2009			
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Firmeza (gf cm ⁻²)	Sólidos Solúveis Totais SST (°Brix)	Acidez Total Titulável (g 100g ⁻¹)	pH
100	0	1921,44 ab	4,00 a	0,18 b	5,60
75	25	1932,89 ab	4,00 a	0,21 ab	5,71
50	50	1907,33 b	3,67 a	0,22 ab	5,71
25	75	2032,57 a	4,00 a	0,31 a	5,63
0	100	1907,55 b	3,33 a	0,23 ab	5,69
0	125	1750,11 c	2,67 b	0,18 b	5,74
Média		1908,64	3,61 b	0,20	5,68
Fc		14,84**	7,00**	6,05**	0,78 ^{NS}
CV (%)		2,14	9,68	7,50	1,83
Tratamento		6º Ciclo - 2009			
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Firmeza (gf cm ⁻²)	Sólidos Solúveis Totais SST (°Brix)	Acidez Total Titulável (g 100g ⁻¹)	pH
100	0	1888,11 ab	3,73 ab	0,17 b	5,63
75	25	1899,55 ab	3,68 ab	0,20 ab	5,83
50	50	1874,00 b	3,66 ab	0,23 ab	5,70
25	75	1997,22 a	3,86 a	0,25 a	5,67
0	100	1874,22 b	2,80 bc	0,21 ab	5,83
0	125	1716,78 c	2,66 c	0,18 b	5,72
Média		1874,98	3,43	0,20	5,73
Fc		14,49**	8,23**	6,05**	0,73 ^{NS}
CV (%)		2,19	9,66	7,50	1,71

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

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 com 36 ± 1 mm de diâmetro), e na Tabela 12 pode-se observar como se apresentava a 2ª penca no momento da colheita.

Neste experimento entre o 3º e 4º ciclo de 2008 as doses de adubação orgânica não interferiram nos valores obtidos para firmeza dos frutos, apresentando como média geral 1858,31 - 1808,31 gf cm^{-2} , estes valores são superiores aos encontrados por Ramos (2008) e Barbosa (2008), os quais apresentaram valores de firmeza de 919,42 e 1008 gf cm^{-2} respectivamente. Porém comparando o ciclo por ano há um aumento significativo na firmeza dos frutos, mesmo ainda verdes.

Comparando-se os resultados deste trabalho com os relatos de outros autores, a firmeza esta relacionada com a maturação do fruto, pois a banana verde possui uma rígida membrana composta de substâncias insolúveis, conhecidas como protopectinas. Na maturação, a protopectina, é parcialmente transformada pela ação de enzimas, formando pectina solúvel, da qual resulta o amolecimento das células da membrana. Assim, por meio das alterações químicas que amolecem a membrana da célula, dissolvendo parcialmente o seu conteúdo, a banana verde e dura se torna macia e saborosa; além de que frutos com maior firmeza apresentam maior resistência ao transporte, mostrando maior durabilidade pós-colheita (BLEINROTH, 1990).

A avaliação dos sólidos solúveis é muito importante, pois determina o teor de açúcar dos frutos, e quanto maior o valor dos SS mais adocicado é o fruto. Para o 3º e 4º ciclo de 2008, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos para esta variável (Tabelas 12), sendo que o teor médio encontrado com a dose 25 % N-Mineral e 75 % N-Orgânico foi de 3,8 – 4,0 °Brix, respectivamente. Já em comparação aos ciclos por ano houve diferença significativa, nas doses dose 100 % N-Mineral e 0 % N-Orgânico dose 75 % N-Mineral e 25 % N-Orgânico dose 25 % N-Mineral e 75 % N-Orgânico como também uma estabilidade desses valores na dose em referência.

Estes valores diferem dos encontrados Barbosa (2008) trabalhando o mesmo material e tratamento mesmo experimento, apresentando como média geral 3,0 °Brix para o primeiro ciclo e de 3,2 °Brix para o segundo ciclo.

Isso pode ter sido influenciado pelas doses crescentes de adubação orgânica, uma vez que a fruta é climatérica, e no processo de amadurecimento, esses teores tendem a aumentar (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Resultados obtidos neste trabalho mostram um aumento dos sólidos solúveis, com posterior declínio dos demais tratamentos. Levando-se a deduzir que a planta não mais respondia aos efeitos com o aumento da disponibilidade do resíduo.

A acidez titulável, representada pelo teor de ácido málico, que tem influência sobre o sabor dos frutos, não mostrou resposta a adubação com lodo de esgoto nos ciclos do ano 2008, estando os resultados apresentados nas Tabelas 12. Já comparando o 5º e 6º ciclo de 2009; e aos ciclos por ano ouve um aumento significativo, nas doses dose 25 % N-Mineral e 75 % N-Orgânico.

Possivelmente, estes valores são relacionados às condições climáticas locais e tendem a aumentar com o amadurecimento dos frutos, pois a degradação do amido é uma das características mais marcantes durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos. À medida que o amido é hidrolisado, observa-se um incremento nos teores de açúcares solúveis totais que torna os frutos maduros e doces (SOTO BALLESTERO, 1992). Donato et al. (2006a) relataram que o intervalo de acidez em banana pode variar de 0,17 a 0,67 g 100g⁻¹. Diante do exposto, observa-se que os valores encontrados no experimento estão dentro do encontrado por esses autores.

O pH não mostrou resposta a adubação com lodo de esgoto nos ciclos do ano 2008 e 2009, estando os resultados apresentados nas Tabelas 12. Nota-se que os valores estão dentro da faixa citada por Bleinroth (1995), para frutos verdes, que varia de 5,0 a 5,6. Na qual salienta que dentro destes limites podem ocorrer variações nos diferentes cultivares de bananeira.

Segundo Barbosa (2008) e Ramos (2008), obtiveram valores para frutos verdes de 'Nanicão' de pH 5,58 e 5,30. Resultados semelhantes a estes autores foram encontrados neste trabalho. 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).

7.4 Análise química do solo

Tabela 13. Valores médios de pH, M.O, P, K, Ca, Mg, SB, CTC e V% de solo cultivado com bananeiras ‘Nanicão IAC 2001’ irrigadas, sob manejo de solo com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008								
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	pH CaCl ₂	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V%
100	0	4,2	25,4 b	21,3	2,4	18,0	6,3	43,1	100	26,7
75	25	4,5	30,3 ab	44,7	2,3	32,7	8,0	26,4	102	42,1
50	50	4,1	30,0 ab	46,0	1,8	20,3	3,3	25,1	115	22,6
25	75	4,3	33,8 ab	83,7	2,0	32,7	5,3	40,1	124	34,1
0	100	4,4	34,5 ab	86,4	2,1	31,7	5,0	38,2	106	36,3
0	125	4,1	35,9 a	92,9	2,1	26,0	4,3	32,6	136	24,8
Média		4,2	40,1	48,78	2,1	26,9	5,4	34,3	113,8	31,1
Fc		1,91 ^{NS}	3,36 ^{**}	2,39 ^{NS}	1 ^{NS}	3,53 ^{NS}	1,31 ^{NS}	2,53 ^{NS}	2,1 ^{NS}	1,64 ^{NS}
CV (%)		4,92	9,3	58,37	15,98	22,35	45,66	24,53	14,52	33,16
Tratamento		4º Ciclo - 2008								
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	pH CaCl ₂	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V%
100	0	4,0	27,6	48,8	2,9	16,0	3,3	22,3	116,3	19,3
75	25	4,2	29,0	46,9	2,0	33,7	6,0	40,7	109,3	37,7
50	50	4,0	29,5	56,4	2,0	26,7	3,0	31,7	123,3	26,0
25	75	4,1	29,3	89,0	2,0	23,4	3,0	27,7	114,7	24,7
0	100	4,2	28,9	98,3	2,0	32,1	3,3	36,3	116,7	31,3
0	125	4,2	28,9	108,9	2,0	26,7	3,3	30,3	110,3	28,0
Média		4,1	28,9	49,7	2,1	26,4	3,5	31,5	115,1	27,8
Fc		1,90 ^{NS}	2,26 ^{NS}	0,20 ^{NS}	01 ^{NS}	7,21 ^{NS}	1,7 ^{NS}	1,91 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,80 ^{NS}
CV (%)		4,91	4,33	12,79	15,35	18,27	31,94	45,77	30,40	8,49
Tratamento		5º Ciclo - 2009								
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	pH CaCl ₂	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V%
100	0	4,0	46,3 b	26,8	2,8	12,7	6,3	25,7	125,7	21,7
75	25	4,1	48,6 ab	56,5	2,4	24,3	5,0	30,3	132,7	42,7
50	50	4,2	41,6 ab	57,0	2,0	24,2	4,3	29,3	116,7	25,0
25	75	4,2	48,0 ab	87,5	2,5	29,3	6,0	46,7	137,3	37,3
0	100	4,3	47,7ab	89,1	2,5	38,7	4,3	44,0	129,0	38,1
0	125	4,3	49,7 a	95,7	2,5	34,7	3,7	39,7	143,7	29,0
Média		4,2	45,9	52,76	2,1	27,4	4,94	35,95	130,80	32,3
Fc		1,81 ^{NS}	4,67 ^{**}	3,39 ^{NS}	1,1 ^{NS}	3,73 ^{NS}	1,21 ^{NS}	3,23 ^{NS}	4,1 ^{NS}	1,89 ^{NS}
CV (%)		4,88	10,3	55,78	16,08	23,95	43,66	26,73	18,52	35,16
Tratamento		6º Ciclo - 2009								
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	pH CaCl ₂	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V%
100	0	4,0	37,6	51,3	2,3	16,8	5,0	24,3	122,0	20,0
75	25	4,1	39,0	59,3	2,0	19,7	4,8	29,8	134,3	41,0
50	50	4,1	39,5	69,3	1,8	22,3	4,0	28,2	116,2	22,7
25	75	4,1	39,3	87,8	2,2	27,9	5,3	40,7	136,7	35,7
0	100	4,3	38,9	88,1	2,1	35,7	4,0	42,3	127,0	31,7
0	125	4,2	38,9	91,6	2,1	32,3	3,3	38,0	139,0	26,7
Média		4,1	32,3	59,7	1,8	25,78	4,5	33,8	129,2	29,6
Fc		1,80 ^{NS}	3,26 ^{NS}	0,20 ^{NS}	1,07 ^{NS}	6,21 ^{NS}	2,7 ^{NS}	2,81 ^{NS}	3,36 ^{NS}	1,0 ^{NS}
CV (%)		4,81	5,33	12,79	16,57	16,27	32,56	48,89	35,80	9,79

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nos atributos químicos do solo, apenas o parâmetro M.O apresentou diferença estatística significativa, onde se verificou um aumento linear com o acréscimo de lodo de esgoto por ocasião das adubações de cobertura, onde na dose 0% N-Mineral e 125% N-Orgânico apresentou maior valor no 3º ciclo de 2008 e 5º ciclo de 2009, com média de 40,1 e 45,9 g dm⁻³. Resultados encontrados nesta pesquisa foram maiores do que encontrados Barbosa (2008) com média de 35,3 e 26,7 g dm⁻³.

Trabalhando com o mesmo material e tratamentos Barbosa (2008) observou que o teor de matéria orgânica do solo aumentou com o incremento das doses de composto de lodo de esgoto em todos os tratamentos. Resultados semelhantes também foram encontrados neste experimento entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano.

Pode observar com estes resultados, melhoria das condições físicas do solo, a mediada que aumenta as doses de lodo de esgoto, aumenta a retenção de água no solo, melhora a permeabilidade e infiltração, por determinado tempo, mantendo uma boa estrutura e estabilidade dos agregados na superfície. Cabe ressaltar que a M.O presente no lodo possui uma elevada quantidade de nutrientes, tais como N, P, e principalmente, dos micronutrientes essenciais ao desenvolvimento dos vegetais.

Neste sentido, várias pesquisas conduzidas no país evidenciam que o lodo é um resíduo com potencial de uso agrícola, conforme demonstrado por Silva et al. (2000) em cultura de milho no cerrado brasileiro, gerado pela CAESB em Brasília/DF, o qual o LE apresentou potencial para substituição dos fertilizantes minerais. Já Melo & Marques (2000) apresentaram informações sobre o fornecimento de nutrientes pelo lodo em cana-de-açúcar, milho, sorgo e azevém, e Bettiol & Camargo (2000) para arroz, feijão, aveia, trigo, pastagens, soja, girassol, café e pêssego, como também para espécies florestais, como eucalipto; já Barbosa (2008) evidenciou o sucesso da sua utilização em bananas irrigadas, mostrando seu potencial para uso agrícola.

Os resultados da Tabela 13 foram semelhantes aos encontrados por Barbosa (2008) e Lobo (2010), onde todos os atributos avaliados não diferem significativa entre os ciclos, como também entre os ciclos por ano. Observa-se que nos valores de pH não houve diferença estatística nos tratamentos, porém com o aumento das doses de lodo ocorreu acidificação no solo decorrente da mineralização da M.O e posterior

nitrificação, liberando H na solução do solo. Nascimento et al. (2004), observou que com o aumento de doses de lodo de esgoto promoveram uma diminuição do pH do solo, provavelmente foi decorrência da nitrificação do N mineralizado do lodo.

Nos teores de K em nenhum dos tratamentos ocorreu diferença significativa, tendo em vista que os teores de K no lodo de esgoto apresentaram baixos. Com o aumento das doses de lodo ocorre um decréscimo de K e um posterior aumento. Isso pode ser explicado mediante as ligações covalentes com as cargas do solo, e este aumento pode ser devido ao aumento das cargas negativas do lodo com o aumento de suas doses.

Observa-se na Tabela 13 que não ocorreu variação nos teores de Ca e Mg entre os tratamentos avaliados, uma vez que devido a sua valência ficam fortemente ligado aos colóides do solo.

Nos tratamentos não ocorreu diferenças estatísticas para a SB, CTC, mas já V% existe uma interação positiva com o pH, onde o comportamento e ambos apresentam bem semelhantes.

Nas tabelas 14 são apresentados os teores médios de micronutrientes no solo em bananeira irrigada e manejada com lodo de esgoto.

7.5 Análise micronutriente no solo

Tabela 14. Teores médios de micronutrientes no solo cultivado com bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solo com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe mg kg ⁻¹	Mn	Zn
100	0	0,63	6,0	46	13,5	1,83 c
75	25	0,63	6,3	52	16,9	6,74 bc
50	50	0,80	7,5	74	21,4	29,0 ab
25	75	0,97	9,8	91	25,9	24,1 ab
0	100	0,83	9,6	95	25,7	35,8 a
0	125	0,91	10,0	90	26,4	37,9 a
Média		0,80	8,37	75	21,6	22,9
Fc		2,33 ^{NS}	2,0 ^{NS}	2,43 ^{NS}	2,85 ^{NS}	8,04 ^{NS}
CV (%)		19,98	29,00	29,92	22,76	39,79
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe mg kg ⁻¹	Mn	Zn
100	0	0,54	6,2	95	35,4	2,7 c
75	25	0,53	6,8	98	33,5	19,2 bc
50	50	0,77	6,8	100	29,0	44,3 ab
25	75	0,87	7,3	111	51,4	52,3 ab
0	100	0,75	6,7	87	48,6	62,0 ab
0	125	0,86	6,9	112	37,8	110,0 a
Média		0,88	6,9	100,5	39,4	48,6
Fc		1,18 ^{NS}	0,87 ^{NS}	2,33 ^{NS}	2,98 ^{NS}	3,82 ^{**}
CV (%)		29,49	16,74	30,0	21,92	67,79
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe mg kg ⁻¹	Mn	Zn
100	0	0,97	5,8	55,7	16,9	1,87 c
75	25	0,91	7,6	99,7	17,8	13,8 bc
50	50	0,99	6,5	66,3	26,7	42,4 ab
25	75	0,96	8,0	111,3	31,0	48,8 ab
0	100	0,95	7,4	89,7	30,9	46,3 ab
0	125	0,91	7,9	103,0	30,5	141,0 a
Média		0,95	7,2	87,7	33,4	22,3
Fc		0,87 ^{NS}	2,87 ^{NS}	3,33 ^{NS}	2,98 ^{NS}	9,82 ^{**}
CV (%)		32,7	18,74	32,80	21,92	40,99
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe mg kg ⁻¹	Mn	Zn
100	0	1,15	5,6	61,7	28,0	2,65 c
75	25	1,20	7,3	106,0	32,7	26,5 bc
50	50	1,17	6,2	72,0	34,0	54,5 ab
25	75	1,23	7,8	115,0	32,4	60,7 ab
0	100	1,22	7,0	99,0	33,7	78,2 ab
0	125	1,28	7,5	110,0	37,8	132,0 a
Média		1,48	6,9	77,78	33,4	48,6
Fc		0,90 ^{NS}	2,81 ^{NS}	3,73 ^{NS}	2,88 ^{NS}	3,82 ^{**}
CV (%)		33,9	18,04	33,07	20,99	67,79

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para os elementos B, Cu, Fe, Mn e Zn analisados no presente experimento, apenas o Zn apresentou diferença significativa, nos ciclos de 2008 e 2009, como também entre ciclos, mostrando uma tendência de acúmulo deste nutriente com o acréscimo de doses lodo de esgoto. Nota-se a importância da M.O como fornecedora de micronutrientes as plantas quando adicionada ao solo na forma de fertilizante (MELO & MARQUES, 2000).

Em concordância com os dados obtidos no presente experimento, Galdos et al. (2004), Rigolon (2006) e Barbosa (2008) também observaram 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 conseqüentemente percebe-se a vida útil desses complexos serem curtas, ocasionam a liberação deles de maneira contínua e gradativa no solo.

Oliveira et al. (2002) constatou que o Zn apresenta-se como um elemento móvel no perfil do solo, com grande potencial para atingir as águas subterrâneas por ocasião de aplicações sucessivas de composto de lixo urbano. A mobilidade do Zn está relacionada à sua presença no solo, predominantemente, em formas trocáveis e, portanto, facilmente solúveis.

7.6 Análise química foliar da bananeira

Tabela 15. Teores médios de macronutrientes nas folhas de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	26	1,0	28	8,7	1,3 b	1,9
75	25	27	2,0	28	7,7	1,9 a	1,8
50	50	26	1,8	31	5,7	1,6 ab	1,7
25	75	26	1,9	28	4,0	1,5 ab	1,9
0	100	26	1,8	26	7,7	1,3 b	1,7
0	125	26	1,8	29	4,0	1,3 b	1,6
Média		26	1,8	28	6,0	1,5	1,7
Fc		0,2 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,38 ^{NS}	0,85 ^{NS}	3,77**	1,78 ^{NS}
CV (%)		7,66	6,66	15,32	52	10,68	11,29
Tratamento		4º Ciclo - 2008					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	26	1,9	28	7,5	1,0 b	1,7
75	25	25	1,9	28	6,3	1,7 a	1,9
50	50	24	1,7	31	5,7	1,5 ab	1,8
25	75	24	1,8	28	5,0	1,5 ab	1,6
0	100	25	1,7	26	7,4	1,0 b	1,5
0	125	25	1,7	29	5,0	1,0 b	1,4
Média		25	1,8	28	6,0	1,5	1,8
Fc		4,3 ^{NS}	1,00 ^{NS}	1,05 ^{NS}	1,41 ^{NS}	5,38**	1,24 ^{NS}
CV (%)		10,55	5,68	13,07	57	11,52	11,39
Tratamento		5º Ciclo - 2009					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	26	2,0	29	8,7	1,4 b	1,9
75	25	24	2,0	29	7,7	2,1 a	2,0
50	50	23	1,9	33	5,7	1,6 ab	2,0
25	75	22	1,9	30	6,0	1,9 ab	1,9
0	100	22	1,9	27	7,7	1,4 b	1,7
0	125	22	1,9	30	4,0	1,4 b	1,7
Média		23	1,9	30	6,0	1,5	1,9
Fc		6,59 ^{NS}	3,0 ^{NS}	3,38 ^{NS}	1,41 ^{NS}	3,77**	3,18 ^{NS}
CV (%)		17,41	6,66	15,32	52	14,68	13,45
Tratamento		6º Ciclo - 2009					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	25	1,9	30	8,7 a	1,2 b	1,9
75	25	24	2,0	29	7,7 a	2,3 a	1,6
50	50	24	1,8	33	5,7 a	1,9 ab	1,6
25	75	24	1,9	28	6,0 a	1,7 ab	1,9
0	100	23	1,8	28	7,7 a	1,2 b	1,6
0	125	23	1,8	29	4,0 a	1,2 b	1,6
Média		24	1,94	30	6,05	1,5	1,7
Fc		5,3 ^{NS}	3,0 ^{NS}	9,38 ^{NS}	1,41 ^{NS}	4,34**	4,18 ^{NS}
CV (%)		19,57	6,66	18,32	52	13,75	11,29

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As bananeiras tiveram crescimento normal no campo, apresentando um sistema assimilatório suficiente e eficiente para produção de massa seca, refletindo a resposta em relação aos efeitos do meio ambiente. Não foi observada a presença de doenças que poderiam afetar o desenvolvimento do sistema assimilatório, nem a presença de pragas que pudessem danificar o rizoma, prejudicando o seu desenvolvimento, bem como a absorção e translocação de seiva na planta.

No momento colheita dos frutos, a coleta de folhas foi realizada com objetivo de avaliar o quanto ainda havia de nutrientes nas folhas, uma vez que tanto as folhas como o pseudocaule, após o corte da planta, são mantidos no solo e podem liberar esses nutrientes quando se decompõem. Após a coleta das folhas, procedeu-se a análise química, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), analisando os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

Ramos (2008) e Barbosa (2008) não observaram efeito significativo nos teores de macronutrientes nas folhas da planta. Estes resultados também foram observados nesta pesquisa em todos os tratamentos avaliados, nos anos 2008 e 2009. Em contrapartida, o elemento Mg, apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos.

Prezotti (1992) considera faixa adequada para terceira folha de bananeiras, os seguintes teores N ($27-36 \text{ g kg}^{-1}$); P ($1-8 \text{ g kg}^{-1}$); K ($25-30 \text{ g kg}^{-1}$); Ca ($2,5 - 12 \text{ g kg}^{-1}$); Mg ($3-6 \text{ g kg}^{-1}$) e S ($2-3 \text{ g kg}^{-1}$). Apesar de não haver diferença significativa, observa-se no experimento de Barbosa (2007) e Romeiro (2005) que a concentração de N na folha diminuiu com o incremento das doses de potássio aplicadas, no entanto, não causou problemas nutricionais à planta tendo em vista que os teores continuaram dentro da faixa adequada.

Os teores de K nas folhas no momento da colheita estavam dentro da faixa considerada adequada, em todos os tratamentos, entre os ciclos de 2008 e 2009 e entre os ciclos por ano mesmo não havendo diferença significativa entre tratamentos, em nenhum momento foram observados sintomas de deficiência de potássio nas plantas.

Malavolta (1997) sugere que os teores foliares adequados de K para bananeira seriam de 27 g kg^{-1} e que apenas abaixo de 20 g kg^{-1} , as folhas seriam consideradas deficientes, enquanto para Prezotti (1992) e Raij & Quaggio (1997) a faixa de concentração de potássio em folhas de bananeira deve estar entre 32 e 54 g kg^{-1} . Portanto, a indicação de teores adequados de potássio em folhas de bananeiras é bastante variável, sugerindo estudos de teores adequados de nutrientes nas folhas de bananeira específicos para cultivares.

Os teores de P nas folhas dependem do suprimento do nutriente, mas também do teor de N. Seus teores nas folhas são inversamente relacionados, tendo o N um efeito pronunciado sobre o P. Plantas com altos valores de N espera-se que haja teores baixos de P, sendo praticamente impossível encontrar-se folhas com excesso de N e P ao mesmo tempo (MALAVOLTA, 1997). Resultados neste experimento estão de acordo com autor acima, onde se observou tratamentos com altos valores de N nas folhas, verificaram-se baixos teores de P.

Na colheita não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para os teores de cálcio, uma vez que o cálcio não é translocado das folhas para os frutos. Os teores encontravam-se dentro do padrão adequado, concordando também com outros autores (PREZOTTI, 1992 E RAIJ & QUAGGIO, 1997). Isso se deve, porque K e o Ca competem fortemente pelos mesmos sítios de absorção, e o excesso de um leva à redução na absorção do outro, mostrando efeito de inibição competitiva. Altos teores de K também induzem à deficiência de Mg, por conta da inibição competitiva entre eles (GOMES, 2004), porém o inverso não é tão intenso. Malavolta (1994) observou que o K foi o cátion que inibiu a absorção de Ca e Mg. Confirmando a interação entre os nutrientes, em um estudo de adubação, observaram que os aumentos nos teores de K estavam associados com níveis altos de P e de K, mas menores de Ca e de Mg.

Os teores de Mg (2 g kg^{-1}) na folha foram encontrados abaixo do padrão estabelecido. De acordo com Nogueira (1985) e Malavolta (1997), as interações entre $\text{K}^+/\text{Mg}^{++}$ são de natureza antagônica e particularmente bastante comum em fruteira, dado a realizações de adubações potássicas excessivas. No caso específico do experimento as adubações potássicas ocorreram mediante a composição do lodo de esgoto ter pouquíssimo deste elemento, o provocando desequilíbrio fisiológico.

Os teores de S nas folhas não foram influenciados pelos tratamentos, mas para Raij et al. (1997), os níveis de s observados no experimento foram inferior ao limite compreendida como adequado ($2,5 - 8,0 \text{ g kg}^{-1}$). Essa diminuição dos teores de s nas folhas pode ter ocorrido devido à translocação deste nutriente das folhas para os frutos.

De maneira geral, os tratamentos não influenciaram significativamente os teores foliares de micronutrientes, conforme a Tabela 16.

Os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn adequados à cultura da banana, segundo Prezotti (1992) estão na faixa de: 10-30; 6-30; 80-360; 200-2000 e 20-50 mg kg^{-1} , respectivamente. Todos os micronutrientes 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 Barbosa (2008) com o mesmo material e tratamentos, o qual não observou aumento dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido vegetal das plantas com o aumento das doses da dose de lodo. Como também os 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.

7.7 Micronutrientes nas folhas da bananeira

Tabela 16. Teores médios de micronutrientes nas folhas de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	20	6	108	343	15
75	25	20	8	105	254	18
50	50	17	7,	122	428	16
25	75	22	7	112	284	17
0	100	22	8	149	401	15
0	125	21	8	120	201	17
Média		20	7	119	318	16
Fc		1 ^{NS}	2,8 ^{NS}	19,07 ^{NS}	2,15 ^{NS}	1,47 ^{NS}
CV (%)		17,34	13,18	19,49	35,96	9,72
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	21	8	107	353	14
75	25	21	8	103	257	17
50	50	18	8	120	423	15
25	75	23	8	117	280	16
0	100	22	8	140	407	14
0	125	21	8	120	203	15
Média		21	8	115	348	16
Fc		1,46 ^{NS}	2,4 ^{NS}	22,18 ^{NS}	4,47 ^{NS}	2,43 ^{NS}
CV (%)		16,85	11,24	18,62	32,56	8,29
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	27	9	110	385	15
75	25	22	9	112	265	18
50	50	23	9	124	449	16
25	75	29	9	120	291	17
0	100	30	9	150	412	15
0	125	30	9	129	214	17
Média		27	9	121	323	16
Fc		7,06 ^{NS}	4,2 ^{NS}	26,07 ^{NS}	5,64 ^{NS}	1,47 ^{NS}
CV (%)		17,3	13,18	19,49	33,53	9,72
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	30	10	111	381	15
75	25	29	10	110	273	18
50	50	25	10	122	471	16
25	75	29	10	117	298	17
0	100	28	10	148	417	15
0	125	28	10	118	219	17
Média		28	10	115	317	16
Fc		8,35 ^{NS}	5,0 ^{NS}	24,07 ^{NS}	6,57 ^{NS}	1,47 ^{NS}
CV (%)		18,11	15,28	20,09	33,38	9,72

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

7.8 Macronutrientes nas cascas do fruto

Tabela 17. Teores médios de macronutrientes nas cascas do fruto de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008						
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K Ca		Mg	S	
		-----g kg ⁻¹ -----						
100	0	11	1,0	45,0 a	2,7 ab	1,1	1,0	
75	25	12	0,9	46,3 a	3,7 a	1,1	1,0	
50	50	12	1,0	49,3 a	3,0 a	1,1	1,0	
25	75	8	1,0	21,3 b	1,3 b	1,1	0,9	
0	100	8	1,0	21,3 b	0,3 c	1,1	0,9	
0	125	7	1,0	21,7 b	0,3 c	1,1	0,9	
Média		10	1,0	33,29	1,7	1,1	0,9	
Fc		9,68 ^{NS}	1,61 ^{NS}	15,8**	14,62**	1,57 ^{NS}	5,5 ^{NS}	
CV (%)		11,21	3,94	23,13	36,53	6,38	4,51	
Tratamento		4º Ciclo - 2008						
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K Ca		Mg	S	
		-----g kg ⁻¹ -----						
100	0	8	0,9	31 b	2,4 ab	1,0	0,9	
75	25	12	0,9	47 a	3,0 a	1,0	0,9	
50	50	12	0,9	43 ab	3,0 a	1,0	0,9	
25	75	11	0,9	46 ab	1,9 b	1,0	0,9	
0	100	12	0,9	46 ab	0,7 c	1,0	1,0	
0	125	12	0,9	44 ab	0,8 c	1,0	1,0	
Média		11	0,9	46	2,02	1,0	0,9	
Fc		10,53 ^{NS}	1,28 ^{NS}	16,44**	15,18**	1,09 ^{NS}	3,7 ^{NS}	
CV (%)		13,7	3,88	21,57	37,87	7,42	5,83	
Tratamento		5º Ciclo - 2009						
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K Ca		Mg	S	
		-----g kg ⁻¹ -----						
100	0	10	1,0	37 b	4,5 ab	1,2	1,0	
75	25	13	1,0	50 a	5,7 a	1,3	1,0	
50	50	13	1,0	48 ab	6,0 a	1,3	1,0	
25	75	14	1,0	48 ab	3,7 b	1,2	1,0	
0	100	13	1,0	48 ab	1,7 c	1,4	1,0	
0	125	13	1,0	42 ab	1,4 c	1,4	1,0	
Média		13	1,0	48	2,72	1,3	1,0	
Fc		11,2 ^{NS}	1,84 ^{NS}	2,05**	17,18**	1,14 ^{NS}	4,81 ^v	
CV (%)		16,15	5,61	21,77	38,87	8,72	3,47	
Tratamento		6º Ciclo - 2009						
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K Ca		Mg	S	
		-----g kg ⁻¹ -----						
100	0	11	1,2	43 b	5,1 ab	1,4	1,2	
75	25	15	1,2	56 a	6,5 a	1,4	1,2	
50	50	15	1,2	50 ab	7,9 a	1,4	1,2	
25	75	17	1,2	49 ab	4,5 b	1,4	1,2	
0	100	15	1,2	49 ab	2,4 c	1,5	1,2	
0	125	15	1,2	43 ab	2,8 c	1,5	1,2	
Média		15	1,2	49	3,9	1,4	1,2	
Fc		12,6 ^{NS}	1,94 ^{NS}	3,79**	18,47**	1,83 ^{NS}	5,23 ^{NS}	
CV (%)		15,58	6,67	24,1	37,57	9,23	4,24	

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

7.9 Macronutrientes na polpa do fruto

Tabela 18. Teores médios de macronutrientes na polpa do fruto de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	7	0,9	33 ab	4,6 ab	0,9	0,9
75	25	7	1,0	31 b	5,4 a	1,3	0,9
50	50	8	1,0	31 b	6,1 a	0,8	0,9
25	75	7	1,0	34 a	3,1 b	1,1	0,9
0	100	7	0,9	33 ab	1,9 c	1,1	0,9
0	125	7	1,0	31 b	1,8 c	1,1	0,9
Média		7	1	31	2,1	1,0	0,9
Fc		1,78 ^{NS}	3,27 ^{NS}	6,54**	16,62**	1,05 ^{NS}	1,47 ^{NS}
CV (%)		6,27	6,39	6,54	39,57	7,19	1,79
Tratamento		4º Ciclo - 2008					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	6	0,8	32 ab	4,4 ab	0,9	0,8
75	25	6	0,9	30 b	4,9 a	1,3	0,8
50	50	7	0,9	30 b	5,9 a	0,8	0,8
25	75	6	0,9	33 a	2,9 b	1,1	0,8
0	100	6	0,8	32 ab	1,4 c	1,1	0,8
0	125	6	0,9	30 b	1,3 c	1,1	0,8
Média		11	0,8	32	2,0	1,0	0,8
Fc		10,53 ^{NS}	2,89 ^{NS}	7,16**	17,18**	1,09 ^{NS}	1 ^{NS}
CV (%)		6,79	6,35	6,75	38,34	7,89	1,85
Tratamento		5º Ciclo - 2009					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	8	1,0	43 ab	5,3 ab	1,0	0,7
75	25	8	1,0	42 b	6,7 a	0,9	0,7
50	50	8	1,0	42 b	6,9 a	0,9	0,7
25	75	9	1,0	45 a	4,2 b	0,9	0,7
0	100	9	1,0	43 ab	2,3 c	0,9	0,7
0	125	9	1,0	43 ab	2,3 c	0,9	0,7
Média		9	1,0	43	4,7	0,9	0,7
Fc		3,78 ^{NS}	2,85 ^{NS}	7,92**	18,89**	1,21 ^{NS}	0,9 ^{NS}
CV (%)		7,19	7,48	6,83	39,45	8,34	2,12
Tratamento		6º Ciclo - 2009					
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	N	P	K	Ca	Mg	S
		-----g kg ⁻¹ -----					
100	0	9	0,9	41 ab	5,1 ab	1,0	0,9
75	25	9	0,9	39 b	6,5 a	1,1	0,9
50	50	8	0,9	39 b	6,5 a	1,1	0,9
25	75	10	0,9	43 a	3,8 b	1,0	0,9
0	100	10	0,9	41 ab	2,0 c	1,1	0,9
0	125	10	0,9	41 ab	2,0 c	1,1	0,9
Média		10	0,9	41	4,3	1,0	0,9
Fc		5,34 ^{NS}	3,01 ^{NS}	7,92**	17,47**	1,81 ^{NS}	1,09 ^{NS}
CV (%)		7,65	7,67	7,21	36,57	8,56	2,67

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Comparando os macronutrientes na casca em relação à polpa, observa-se que na casca apresentaram os maiores teores destes elementos do que na polpa. Verificou-se, também, que houve diferença significativa com o aumento da dose de lodo somente para os nutrientes K e Ca, tanto na casca quanto na polpa. À medida que vai aumentando a dose de lodo vai aumentando os teores de K.

Apesar do K ser considerado o elemento mais importante na nutrição da bananeira, interferindo diretamente, entre outras inúmeras funções, na fotossíntese, trocas gasosas, translocação de fotossintetizados e turgidez da planta (MALAVOLTA, 2006). No entanto, a concentração de K apresentou diferença significativa entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre o ciclo por ano. Contudo, houve um maior acúmulo deste nutriente na casca do que na polpa.

Trabalhos realizados por Lima et al. (2008), também mostraram maior acúmulo deste nutriente na casca do que na polpa em manga e pepino, eles relatam que o consumo de ambos pode colaborar no alcance das necessidades de K, principalmente para prevenir paralisias musculares, já que o mineral é responsável pela transmissão do impulso neuromuscular.

Observar-se que o K foi o nutriente mais acumulado nos frutos, isso pode ser explicado porque o nutriente participa da translocação dos fotossintatos e do balanço hídrico, sendo fundamental na produção de frutos, aumentando a resistência destes ao transporte e melhorando a qualidade, pelo aumento dos teores de sólidos solúveis (BORGES & OLIVEIRA, 2000). Enquanto o Ca, por atuar na parte estrutural (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006), pode ter ficado grande parte retido nas folhas.

Com relação ao Ca houve diferença significativa no aumento das doses de lodo, tanto entre os ciclos, como também entre os ciclos ao ano. Observa-se que ao aumentar a dose de lodo, ocorre uma diminuição no teor deste elemento tanto na casca quanto na polpa. O Ca foi encontrado em maiores quantidades na casca do que na polpa, e após manteve-se estável a partir daí. Resultados semelhantes foram observados em casca de abacaxi e mamão por Gondim et al. (2005). Isso pode estar relacionado com a senescência do fruto, haja vista que a banana sendo um fruto climatérico apresenta aumento na respiração do fruto no estágio de senescência, aumentando a perda de água do fruto,

favorecendo o aumento do conteúdo de Ca, cujo acúmulo nos órgãos vegetais é dependente da corrente transpiratória (MARSCHNER, 1995).

Salomão explica que o acúmulo do nutriente na casca pode estar relacionado com a fase de divisão celular, onde o nutriente acumula na casca nas primeiras semanas após a antese, coincidindo com a fase final de divisão e inicial de expansão celular. Quanto à polpa, o acúmulo de Ca pode estar associado mais à fase de expansão celular, em que a divisão cessa por volta da quarta semana após a emissão do cacho. Isso pode ter ocorrido no experimento, uma vez que a análise foi realizada no momento da colheita do cacho. É importante ressaltar que a ingestão de cálcio na alimentação tem como principal função de estruturar ossos e dentes.

Ao comparar os ciclos, bem como o ciclo por ano, observando-se aumento nos teores de N na casca do que na polpa. Isso pode ter sido provocado pelo reaproveitamento deste nutriente em outras partes da planta. Redução no conteúdo de N também foi verificada por Souza (1992) na casca de jabuticaba, na fase final de desenvolvimento do fruto.

O teor de P na polpa foi baixo, bem como na casca, em todos os tratamentos, não havendo diferença significativa entre os ciclos de 2008 e de 2009, como também entre os ciclos por ano. Isso pode ter sido por que os frutos não representam forte dreno de P, devido à baixa mobilidade do Ca no floema (MARSCHNER, 1995).

Já o Mg não mostrou alterações significativas nem na casca, e nem na polpa, isso pode ser explicado pela provável participação do Mg na pigmentação verde do fruto. Souza (1999) observou acúmulo de Mg na casca de jabuticaba até próximo do final do ciclo do fruto e sugeriu que esse comportamento esteja relacionado ao acúmulo de antocianinas, uma vez que esse mineral está associado a alterações na cor desses pigmentos.

Do mesmo modo, o S também esteve presente em quantidades superiores na casca em relação à polpa. A concentração de todos os nutrientes avaliados foi maior na casca do que na polpa. Isso desperta à perspectiva de uso da casca como alternativa alimentar.

7.10 Micronutrientes nas cascas dos frutos

Tabela 19. Teores médios de micronutrientes nas cascas do fruto de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	41	4	36	92	4
75	25	40	4	37	97	4
50	50	42	4	38	114	4
25	75	38	4	39	80	4
0	100	32	3	27	76	4
0	125	32	4	27	66	4
Média		32	4,	30	83	4
Fc		8,0 ^{NS}	0,96 ^{NS}	6,73 ^{NS}	18,72 ^{NS}	0,34 ^{NS}
CV (%)		15,95	21,92	21,32	53,34	11,79
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	38	3	34	85	3
75	25	39	3	35	86	3
50	50	40	3	37	110	3
25	75	37	3	38	84	3
0	100	34	3	24	74	3
0	125	34	3	24	62	3
Média		35	3	29	92	3
Fc		9,0 ^{NS}	0,63 ^{NS}	7,73 ^{NS}	19,47 ^{NS}	0,28 ^{NS}
CV (%)		14,32	15,65	23,32	58,27	10,44
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	42	5	37	96	5
75	25	45	5	39	98	5
50	50	46	5	40	127	5
25	75	43	5	41	98	5
0	100	39	5	34	88	5
0	125	38	5	36	76	5
Média		41	5	35	113	5
Fc		3,15 ^{NS}	4,79 ^{NS}	7,73 ^{NS}	21,66 ^{NS}	0,87 ^{NS}
CV (%)		9,06	17,4	23,32	85,06	15,27
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	40	6	38	98	4
75	25	41	6	40	100	4
50	50	43	6	43	132	4
25	75	41	6	40	104	4
0	100	38	6	33	98	4
0	125	37	6	33	85	4
Média		40	41	35	115	4
Fc		3,48 ^{NS}	5,96 ^{NS}	8,27 ^{NS}	23,85 ^{NS}	0,78 ^{NS}
CV (%)		7,46	19,42	23,75	88,27	14,48

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

7.11 Micronutrientes na polpa do fruto

Tabela 20. Teores médios de micronutrientes na polpa do fruto de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	21	3	13	65	6
75	25	21	6	17	68	7
50	50	22	3	17	26	6
25	75	22	4	20	46	7
0	100	23	5	16	13	6
0	125	20	4	17	20	6
Média		21	4	16	39	6
Fc		0,77 ^{NS}	4,96 ^{NS}	4,38 ^{NS}	1,38 ^{NS}	1,7 ^{NS}
CV (%)		12,14	18,92	14,73	82,16	12,48
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	20	2	12	62	5
75	25	19	4	15	65	6
50	50	20	2	14	24	5
25	75	21	3	19	41	5
0	100	22	4	14	11	5
0	125	20	3	15	16	5
Média		21	3	14	38	5
Fc		1,66 ^{NS}	4,65 ^{NS}	5,87 ^{NS}	3,78 ^{NS}	4,67 ^{NS}
CV (%)		10,45	18,13	13,94	69,97	10,64
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	26	6	16	76	8
75	25	20	7	21	74	8
50	50	25	7	18	46	8
25	75	26	8	25	55	8
0	100	24	7	18	32	8
0	125	22	6	23	39	8
Média		24	7	21	42	8
Fc		2,94 ^{NS}	5,76 ^{NS}	6,91 ^{NS}	2,06 ^{NS}	3,07 ^{NS}
CV (%)		15,72	19,99	23,82	34,95	8,25
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	B	Cu	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Mn	Zn
100	0	24	5	15	71	7
75	25	19	6	19	70	7
50	50	23	6	16	41	7
25	75	25	6	22	52	7
0	100	22	5	16	29	7
0	125	20	6	21	32	7
Média		23	6	20	40	7
Fc		0,94 ^{NS}	5,46 ^{NS}	0,91 ^{NS}	2,74 ^{NS}	3,07 ^{NS}
CV (%)		10,72	19,47	23,82	35,16	8,25

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para os micronutrientes avaliados na casca quanto na polpa dos frutos, a análise de variância não mostrou diferenças significativas nos tratamentos propostos, tanto entre os ciclos, como também entre ciclos ao ano. Pode-se observar na tabela 19 e 20 que os nutrientes; B, Cu, Fe e o Mn, os mesmo apresentaram maiores concentrações na casca, enquanto o zinco foi encontrado em maiores concentrações na polpa dos frutos.

Com relação ao teor de B nos frutos pode observar que o elemento foi encontrado em maiores concentrações na casca do que na polpa. Isto pode ser explicado, baseado no que foi discutido por Brown e Shelp (1997) citado por Boaretto (2006), que o maior acúmulo de B ocorre nos órgãos de maior perda de água, sendo que a evapotranspiração ocorre apenas na casca, que apresentou um maior acúmulo do nutriente. Já na polpa, a explicação pode ser baseada no relato de Marschner (1997) que o açúcar predominante presente na polpa dos frutos é a sacarose, que não forma ligações estáveis com B, e que a sacarose produzida no tecido foliar que foi para o fruto, não conseguiu remobilizar o B presente na folha para o fruto.

No Cu foram observados maiores acúmulo na dose de 75% N-Mineral e 25% N- Orgânico tanto na casca quanto na polpa, havendo pequenas oscilações à medida que aumenta as doses do composto, mas mesmo assim, manteve-se estabilizado entre os ciclos de 2008 e 2009. Porém, ao comparar ciclos por ano, observa-se um aumento significativo deste nutriente na dose acima citada tanto na casca quanto na polpa. Ao observar casca/polpa os maiores acúmulo de Cu foram verificados mais na casca do que na polpa.

O Fe foi encontrado em maiores concentrações na casca do que na polpa, apresentando diferença significativa na dose 25% N-Orgânico e 75% N-Inorgânico entre os ciclos de 2008 e 2009. Já ao comparar os ciclos por ano, observa-se um aumento do Fe em todos os tratamentos avaliados. Isso pode estar relacionado à degradação das antocianinas, que é um dos processos que ocorrem durante a senescência do fruto e envolve a ação de peroxidases, levando pigmentação do fruto (SOUZA, 1992). É importante ressaltar que este mineral, é um componente fundamental da hemoglobina e de algumas enzimas do sistema respiratório e que a deficiência do mesmo na alimentação resulta em anemia.

A casca foi o local de maior acúmulo de Mn no fruto, provavelmente pelo fato do Mn estar relacionado com a pigmentação do fruto. O Mn, participante ativo da fotossíntese (MARSCHNER, 1995) tem importante papel na manutenção da atividade fotossintética do fruto. Em jabuticaba, Souza (1992) verificou o decréscimo da concentração e conteúdo de Mn paralelo à rápida redução nos níveis de clorofila.

Ao observar a casca/polpa, para cada tipo de tratamento, o Zn não diferiu estatisticamente entre si, porém o maior teor acumulado foi observado na polpa do fruto.

Se, por um lado, o LE tem efeitos positivos sobre a fertilidade do solo, a aplicação do resíduo pode ser preocupante, por enriquecer o solo em metais pesados (Ni, Cu, Cd, Pb e Cr) considerados perigosos do ponto de vista ambiental.

7.12 Teores de metais pesados no solo da bananeira.

Tabela 21. Teores metais pesados no solo de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,19 c	98,20 b	9,00	132,66 c	120,00 c
75	25	0,26 b	93,63 b	9,33	181,42 b	130,73 bc
50	50	0,27 b	118,67 a	10,46	183,43 b	138,90 b
25	75	0,35 ab	119,70 a	14,00	277,06 a	160,67 ab
0	100	0,56 a	120,63 a	14,83	228,96 a	161,86 a
0	125	0,87 a	121,47 a	13,00	282,43 a	166,87 a
Média		0,39**	71,48**	11,27 ^{NS}	214,32**	169,83**
Fc		0,03	0,03	0,006	1,66	0,05
CV (%)		2,23	3,08	1,17	17,85	4,78
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,16 c	91,93 b	10,00	140,00 c	119,35 c
75	25	0,22 b	102,33 b	11,56	182,15 b	129,13 bc
50	50	0,24 b	120,97 a	15,27	184,81 b	137,80 b
25	75	0,34 ab	122,67 a	16,00	279,57 a	158,76 ab
0	100	0,52 a	127,93 a	16,33	234,73 a	160,67 a
0	125	0,80 a	128,56 a	16,22	285,86 a	165,77 a
Média		0,40**	115,68**	15,39 ^{NS}	217,85**	168,58**
Fc		0,03	0,05	0,008	1,68	0,06
CV (%)		2,23	3,56	1,53	16,74	4,86
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,16 c	108,67 b	10,81	134,60 c	121,13 c
75	25	0,37 b	112,26 b	9,92	217,72 b	141,73 bc
50	50	0,38 b	127,40 a	14,46	221,68 b	146,60 b
25	75	0,40 ab	128,13 a	16,43	280,16 a	165,73 ab
0	100	0,61 a	129,80 a	16,83	284,46 a	168,60 a
0	125	0,84 a	130,13 a	16,57	284,63 a	177,93 a
Média		0,41**	121,09**	13,50 ^{NS}	237,20**	180,26**
Fc		0,03	0,03	0,006	1,66	0,05
CV (%)		2,35	4,37	1,33	21,33	4,9
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,22 c	100,83 b	9,78	135,83 c	119,23 c
75	25	0,36 b	122,80 b	9,59	218,77 b	138,78 bc
50	50	0,37 b	135,10 a	13,16	222,38 b	145,33 b
25	75	0,34 ab	136,66 a	15,40	280,97 a	162,80 ab
0	100	0,53 a	134,03 a	16,33	285,67 a	165,13 a
0	125	0,83 a	135,56 a	16,37	285,30 a	174,97 a
Média		0,39**	110,83**	13,41 ^{NS}	238,15**	176,87**
Fc		0,03	0,06	0,008	1,79	0,07
CV (%)		2,4	4,69	1,53	20,33	4,92

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados analíticos das características químicas do lodo de esgoto no solo nos dois anos de experimentação foram apresentados na Tabela 21 nos ciclos de 2008 e 2009; como também entre os ciclos por ano, e foram comparados com os limites determinados pelo CONAMA (2009) e a CETESB (2001) estabelece os seguintes valores orientadores desses metais pesados em solos agrícolas: Cd, 0,07 a 1,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Pb, 2 a 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Ni, 5 a 500 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Cu, 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$; e Cr 10 a 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$; onde os mesmos estão dentro dos teores permissíveis para área agrícola.

Por outro lado, mesmo que os teores estejam dentro dos limites permissíveis, há tendência de acúmulo de metais pesados no solo, conforme elevação da dose de lodo aplicada. Esta tendência foi observada por Oliveira & Mattiazzo (2001) que detectaram acúmulos nos teores totais de Cu, Cr e Ni na camada de 0,2 m de solos cultivados com cana-de-açúcar onde foi aplicado calcário, adubo mineral e lodo em doses variando de 0,37 a 1,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (base seca).

Isso pode ser observado quando se faz a comparação entre os ciclos por ano; onde esses resultados encontrados no experimento confirmam os encontrados por Gotardo Júnior (1998), em que o aumento das doses dos resíduos orgânicos acarretou aumentos na absorção de nutrientes pelas plantas de sorgo. Isso indica que, quanto maior for à quantidade de compostos orgânicos aplicados no solo, maior será a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e, portanto, maior será a absorção de nutrientes pelas plantas.

Esta informação é ainda mais preocupante, pois um dos parâmetros de solo que tem maior influência no comportamento dos metais pesados no solo é o pH, porque sob baixos valores de pH é maior a disponibilidade dos metais pesados, fazendo com que possam atingir níveis de toxidez. Desta forma, pode observar nos resultados da análise de solo neste experimento, que ao adicionar o LE, os valores de pH diminuí, e uma das justificativas para este fato é que sob pH baixo é menor a capacidade de retenção desses elementos, porque diminui a capacidade de troca de cátions (CTC) e de ânions (CTA) nos solos.

A aplicação do lodo oriundo de Jundiaí/SP apresentou diferenças estatísticas entre os metais pesados avaliados entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano; mostrando um aumento dos seus teores de Cd, Pb, Cr, Cu e Ni nos

solo a partir do aumento das doses aplicadas do lodo. Resultados convergem de Andreoli (1999), Pegorini (2003) e Nascimento et al. (2004) os quais não observaram aumento significativos na maior parte dos metais analisados que foram adicionados ao solo após a aplicação de lodo ou composto de lixo urbano.

O teor de Cd no solo apresentou diferença significativa entre os ciclos de 2008 e 2009 e entre os ciclos por ano, onde foi observada uma elevação dos teores de Cd quando aumenta as doses do lodo, porém as quantidades dos metais pesados pelas altas dosagens de LE aplicadas não ofereceram risco de contaminação ao solo. Isto não quer dizer que o metal não esteve presente no material, mas certamente em teores abaixo do limite estabelecido.

O teor médio de Cd em solos varia de 0,07 a 1,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Os resultados encontrados neste trabalho foram 0,16 a 0,84 $\mu\text{g kg}^{-1}$, observando que a medida que aumenta as doses do lodo vai aumentando os teores do metal no solo. No entanto, deve-se dar atenção especial, ao Cd que é um dos elementos que devem ser monitorados no solo onde se emprega LE, devido sua grande mobilidade no ambiente, sendo o metal mais biodisponível em comparação com os elementos Cr, Pb e Ni.

No que diz respeito aos teores de Pb, houve diferença significativa nos teores de Pb a medida que vai aumento as doses de lodo; tanto entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano. Observou-se também, que os teores variaram de 91,93 a 136,66 $\mu\text{g kg}^{-1}$, valores esses que também estão dentro da faixa de 2 a 200 $\mu\text{g kg}^{-1}$ mostrada pelo CONAMA (2009) e a CETESB (2001). Porém, uma ressalva, que à medida que aumenta as doses de biossólido, os teores de Pb vão aumentando para todos os tratamentos. Esse fato pode estar relacionado com o aumento do teor de M.O do solo, aos elevados teores de argila e a possível presença de óxidos de Mn e Fe, minerais de alta afinidade na retenção de metais pesados. Já Nascimento et al. (2004), após aplicar várias fontes de material orgânico ao solo, verificou, por meio da técnica de fracionamento, que a maior parte do Pb adicionado esteve associado à fração orgânica.

Assim como observado por Mantovani et al. (2004) e Araújo et al. (2002), observaram em 12 classes de solos do Brasil, que o feito direto da fração da argila sobre os parâmetros de adsorção do Pb, demonstrando ser a argila o principal componente do solo responsável por sua adsorção. Outro ponto importante é em relação os

baixos pH's dos solos, exerce um efeito deletério no meio em relação a retenção dos elementos. Outro ponto importante é que nas plantas, o **Pb** pode inibir o crescimento celular, porém mesmo em solos altamente contaminados não tem sido observado efeito fitotóxico com concentrações de até $200 \mu\text{g kg}^{-1}$ (POGGIANI et al., 2000).

Referente aos teores de Cr não foram influenciados pelas doses de lodo, apresentando valores estão dentro da faixa estabelecida pelo CONAMA (2009) e a CETESB (2001). Já Oliveira & Mattiazzo (2001) constataram na camada de 0-20 cm de um Latossolo Amarelo textura média sem aplicação de lodo de esgoto teores de 15,55 a $16,57 \mu\text{g kg}^{-1}$, superiores aos do presente estudo. No entanto, deve-se dar atenção ao Cr, pois na maioria do solo sua predominância na forma Cr^{3+} , mas na presença de substâncias orgânicas de baixo potencial de oxidação, oxigênio, dióxido de manganês e umidade, é facilmente oxidável para os óxidos insolúveis, os quais são tóxicos para as plantas e organismos vivos (POGGIANI et al., 2000).

Resumidamente, pode-se dizer que até a dose 25% N-Orgânico e 75% de N-inorgânico nas aplicações de LE, as concentrações de metais pesados aumentaram, mesmo permaneceram dentro da faixa considerada permissíveis, isso significa uma margem segura para ingestão da fruta. Entretanto, é necessário ressaltar que a aplicação de LE no mesmo local e por várias vezes pode resultar em aumentos dos teores desses elementos no solo, causando efeitos deletérios, caso entrem na cadeia alimentar.

O aumento das doses de lodo influenciou significativa aos teores de Cu nos tratamentos, esse aumento foi observado entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano. Este aumento pode ser explicado pelas altas concentrações desses metais presentes nos lodo utilizado no experimento. Isso por ser explicado pela interação físico-química com os componentes do solo, pois como o Cu liga-se mais fortemente ao solo que outros cátions divalente, sua distribuição é menos influenciada pelo pH do que os demais metais avaliados; pois em pH baixo ocorre uma intensa lixiviação do nutriente. Em geral o Cu se complexa mais fortemente e em maior proporção com substâncias orgânicas do que o Zn, Cd e Pb (CAMARGO et al., 2001).

A absorção de Cu pode ter sido inibida pelo o Zn, uma vez que existe uma relação de antagonismo na absorção desses dois elementos (ALLOWAY, 1995). Por outro lado, resultados encontrados neste experimento podem ser explicados devido aos

maiores teores de M.O. Para o Cu, esta afinidade com a matéria orgânica já é conhecida, sendo que este parece ser um dos elementos capaz de fazer ligações do tipo bi-dentada com grupamentos da M.O mostrando grande afinidade (CAMARGO et al., 2001). Outra ressalva é em relação aos pH ácidos como os encontrados nos solos, os quais diminuem a CTC do solo e também a energia de ligação do metal pesado com a fase sólida do solo alterando a capacidade de recebimento de resíduos com potencial poluente.

Quanto ao Ni e Cr, podem-se observar no experimento aumentos lineares dos teores desses metais, entre os ciclos de 2008 e 2009, como também, entre os ciclos por ano, conforme pode ser observados na Tabela 21, de acordo com a adição crescente de biossólido. Uma ressalva, o Ni pode apresentar quelatizado no lodo de esgoto, tornando-se facilmente disponível para as plantas, podendo então ser altamente fitotóxicos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). Esta afirmação também foi relatada por Ross (1994), as diferentes frações da M.O do solo influenciam a disponibilidade de metais pela formação de quelatos e complexos, isso pode ser explicado normalmente quando a atividade do Ni aumenta com a diminuição do pH resultado da formação de complexos com a fase inorgânica e com a orgânica do solo. Além de promoverem a mobilização vertical de quelatos organometálicos solúveis.

Trabalhos realizados por Oliveira & Mattiazzo (2001) também verificaram aumento linear nos teores de Cr e Ni no solo pela aplicação cumulativa de até 209 t ha⁻¹ de lodo de esgoto com teores de Cr e Ni que variaram, respectivamente, de 385 a 386 e de 239 a 286 µg kg⁻¹. Ao aplicarem cumulativamente até 50 t ha⁻¹ de lodo de esgoto com teor de Ni e Cr entre 268 a 595 e 152 a 371, Oliveira et al. (2003) observaram incremento significativo nos teores desses metais no solo.

Reforçando o argumento de que os baixos teores de metais pesados no lodo de esgoto evitaram o aumento significativo desses elementos no solo, observa-se que as quantidades dos teores encontradas no solo de Cd, Cu, Cr, Ni e Pb na área foram baixas em comparação ao máximo permitido. Com base na Tabela 21, para serem atingidos os valores acumulados máximos de desses metais seriam necessários, aproximadamente, mais 3896, 3987, 13479, 1596 e 1067 anos de aplicações anuais de lodo de esgoto, de mesma composição química, em dose suficiente para fornecer todo o N exigido pela cultura.

Ainda que existam muitas incertezas sobre a especificidade dos mecanismos de absorção dos metais pesados, sobretudo daqueles não essenciais, geralmente o teor e o acúmulo do elemento, nos tecidos da planta, ocorre em função da sua disponibilidade na solução do solo, e os teores nas raízes e na parte aérea aumentam com a elevação da concentração de elementos na solução do solo (OLIVEIRA & MATTIAZZO, 2001).

A absorção pelas plantas, em um solo com diversos metais pesados, pode ser diferente da verificada com elementos isolados, em razão das diversas interações entres esses, que podem ser independentes, antagonistas ou sinérgicas, e as respostas das espécies ao excesso de metais pesados deve ser diferenciada, em consequência da especiação desses elementos no solo (BARCELÓ & POSCHENRIEDER, 1992).

Tais fatores justificam-se nas aplicações de lodo de esgoto, em virtude da crescente pressão da sociedade pela qualidade do produto ofertado, despoluição dos rios e das previsões de escassez de água. Isto deverá suscitar pesquisas para serem realizadas neste país globalizado, buscando novas formas e alternativas para melhor aprimoramento desta técnica. Certamente num futuro próximo, o tratamento de esgotos vão se tornar uma prática rotineira no nosso país, como já vem sendo utilizado em outros países.

7.13 Teores de metais pesados na folha da bananeira.

Tabela 22. Teores metais pesados nas folhas de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	32,47 c	12,93 b	11,93	4,33 b	8,33
75	25	33,41 b	12,40 b	11,77	4,39 b	8,83
50	50	36,81 ab	17,70 ab	11,87	4,91 b	8,85
25	75	38,72 ab	19,69 a	11,90	5,30 a	8,88
0	100	43,36 a	19,20 a	11,89	5,94 a	8,95
0	125	46,74 a	19,20 a	11,67	5,00 a	8,98
Média		40,83**	19,7**	11,06 ^{NS}	5,94**	8,32 ^{NS}
Fc		0,06	2,47	1,26	0,68	1,42
CV (%)		19,44	15,18	3,1	28,95	6,45
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	31,43 c	12,66 b	11,57	3,74 b	7,22
75	25	32,75 b	13,50 b	11,67	3,68 b	7,73
50	50	35,78 ab	18,40 ab	11,69	3,67 b	7,78
25	75	37,29 ab	18,44 a	11,70	4,90 a	7,90
0	100	41,70 a	18,40 a	11,79	4,22 a	7,91
0	125	43,31 a	18,53 a	11,61	4,71 a	7,96
Média		41,83**	18,48**	11,11 ^{NS}	4,87**	7,13 ^{NS}
Fc		0,06	2,56	1,27	0,78	1,47
CV (%)		19,52	14,92	3,91	21,65	6,06
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	31,67 b	15,67 b	12,86	4,94 b	8,64
75	25	34,57 b	17,77 b	12,80	5,54 b	8,74
50	50	37,30 ab	20,70 ab	12,89	5,83 b	8,72
25	75	38,23 ab	22,80 a	12,90	6,48 a	8,78
0	100	45,67 a	23,10 a	12,96	6,25 a	8,80
0	125	48,70 a	24,67 a	12,87	6,85 a	8,84
Média		48,81**	21,56**	12,73 ^{NS}	5,82**	8,15 ^{NS}
Fc		0,06	2,47	1,26	0,68	1,42
CV (%)		20,81	15,65	3,44	22,34	8,71
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	30,50 b	14,20 b	12,76	4,45 b	7,45
75	25	35,67 b	16,90 b	12,68	5,00 b	7,64
50	50	36,43 ab	19,40 ab	12,78	5,37 b	7,66
25	75	37,56 ab	21,67 a	12,86	5,92 a	7,73
0	100	44,43 a	22,20 a	12,84	6,19 a	7,78
0	125	47,67 a	23,53 a	12,71	6,69 a	7,80
Média		49,67**	21,53**	12,73 ^{NS}	6,94**	7,21 ^{NS}
Fc		0,06	2,95	1,72	0,91	1,77
CV (%)		20,83	15,85	3,44	21,86	8,51

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os teores de Cd na folha da bananeira, obtidas por Pereira (2001) nas folhas de alface foram 40,80 e 45,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ e Gomes (2004) encontrou 40,43 e 54,71 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Os teores de Cd encontrados na parte aérea das bananeiras no presente experimento são (31,46 a 48,70 $\mu\text{g kg}^{-1}$) bem inferiores aos encontrados pelos autores citados. Esta variação pode ter ocorrido devido às diferenças de condições experimentais. Assim como no presente trabalho, os teores encontrados na parte aérea ficaram acima no limite considerado tóxico na literatura, que segundo Kabata-Pendias e Pendias (2001) varia de 5 a 30mg kg^{-1} .

Na Tabela 22 os teores de Cd na folha houve aumento das doses do bio sólido aplicadas aos solos, no ciclo de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano, e conforme os resultados encontrados precisa dar uma atenção especial ao metal, uma vez que o mesmo retorna ao solo no momento da colheita, através a desfolha na planta, lembrando que em pH baixo ocorre maior disponibilidade deste metal, devido as baixas concentrações de carbonato de cálcio e hidróxido.

Segundo Araújo et al. (2002) esta grande quantidade de Cd absorvida pelas plantas esta de acordo com maior solubilidade deste elemento no solo, e a adsorção não-específica de Cd pela formação de complexos de esfera externa exerce papel importante na retenção deste elemento nos solos, este tipo de adsorção explica a mobilidade e disponibilidade do Cd no solo.

No presente experimento pode observar aumento linear dos teores de Pb na folha, com o aumento da dose de bio sólido aplicada no solo, os teores encontrados foram 12,66 a 24,67 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Pereira (2006) em experimento com doses de Cd, Pb, Cu, Zn e Ni em latossolos em plantas de alface e feijão, obteve 15,28 e 14,29 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Já Gomes (2006) para as plantas de alface encontrou maiores teores no caule do que nas folhas, segundo o autor, indicam a maior adsorção do metal nos vasos do xilema ou acúmulo nas células do parênquima do xilema, indicando a menor mobilidade deste metal nos vasos do xilema e conseqüentemente a sua maior retenção no caule. Porém, mediante ao fato, de não ter feito análise no pseudocaule neste experimento não se pode afirmar o relato acima, mas pode abrir um “leque” para novas pesquisas futuras.

Porém, estes teores nas folhas encontram-se bem abaixo dos teores considerados fitotóxicos na parte aérea que varia de 30 a 300 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS E PENDIAS, 2001).

Observando-se efeito significativo para teores de Cu na folha, com ao aumento das doses aplicadas do lodo, resultando em teores nas folhas 11,57 a 12,86 mg kg⁻¹. Isso pode ser explicado alterações nas variáveis físico-química (pH, salinidade e temperatura) do meio podem influenciar nas disponibilidade do metal, como também modificar sua disponibilidade para absorção, o Cu apresenta um aumento de disponibilidade devido a diminuição do pH.

Resultados encontrados no experimento estão de acordo com Pereira (2006) encontrou 11,35 a 13,06 µg kg⁻¹ nas folhas de alface e feijão, estes teores ficaram abaixo dos considerados fitotóxicos, cujos valores considerados adequado que é de 10 a 20 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS E PENDIAS, 2001).

A baixa resposta de Cu as doses lodo de esgoto também foi observada por Martins et al. (2003) em milho, sendo observado uma forte complexação que esse metal sofre pela M.O; além disso, o Cu pode ter sofrido inibição pelo maior teores de Zn no solo, o que pode explicar, em parte, os menores teores de Cu nos tecidos foliares, em razão do maior aporte de Zn pelos lodo, em relação ao Cu. Outro fator a ser considerado é que o Cu tende a acumular mais nas raízes, em relação às folhas, indicando que a menor resposta as adições de lodo, em termos de teores de Cu nas folhas, pode estar relacionada também a baixa translocação desse nutriente nas plantas (PEREIRA, 2006).

Segundo Adriano (1986) os elementos Cu, Pb, e Cd não causaram redução na parte aérea das plantas, porém, concentram-se predominantemente nas raízes, o que não confirma os resultados observados neste trabalho, uma vez que neste experimento não foi realizada análise das raízes, cujas concentrações desses elementos foram elevadas na parte aérea em relação ao casca e fruto.

Com relação ao Ni, Marschner (1995) avaliando a acúmulo e distribuição de Ni em diferentes espécies de plantas em solução nutritiva encontrou teores de 9,91 µg kg⁻¹ nas folhas de couve crespa (*Brassica oleracea* L.) e Pereira (2006) de 10 µg kg⁻¹. Resultados inferiores foram encontrados neste experimento, nos ciclos de 2008, com uma tendência de aumento entres os ciclos de 2009 e entre os ciclos por ano. Os teores de Ni

encontrados, tanto para couve quanto no feijão, como também na bananeira, não são considerados fitotóxicos na parte aérea. Segundo Kabata-Pendias e Pendias (2001) a faixa seria de 10 a 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Já os teores de Cr não podem ser superiores a 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ porque ocorrem efeitos tóxicos, conforme Camargo (2001), onde o acúmulo dos teores de Cr, provocou um aumento nos teores desse metal no tecido da soja, o que demonstra a alta relação entre a absorção deste metal e a sua disponibilidade. Outro ponto importante é que o aumento nos teores dos macronutrientes N, P, K e Mg no tecido, devido ao teores de Cr, podem ser explicados pelo efeito de concentração desses elementos, a medida que a produção de matéria seca foi diminuída pela sua presença.

Com relação às doses dos compostos utilizados, observa-se efeito não significativo para teores de Ni e Cr, sendo que os teores desses elementos aumentaram; isto era esperado porque a disponibilidade deste elemento é maior em valores de pH mais baixos (MALAVOLTA et al., 1997).

7.14 Teores de metais pesados na casca do fruto.

Tabela 23. Teores metais pesados na casca do fruto de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,00	2,68	0,00	0,10	0,00
75	25	0,07	4,45	2,52	0,35	0,55
50	50	0,03	1,86	2,19	2,04	0,34
25	75	0,05	4,35	0,06	0,89	0,19
0	100	0,02	3,96	0,53	4,46	0,49
0	125	0,17	0,44	2,58	2,47	0,33
Média		0,94 ^{NS}	0,64 ^{NS}	6,92 ^{NS}	1,89 ^{NS}	1,09 ^{NS}
Fc		0,04	2,88	1,42	1,49	0,85
CV (%)		8,7	21,29	13,49	29,42	23,31
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,00	2,78	0,00	0,11	0,00
75	25	0,05	4,57	1,35	0,38	0,66
50	50	0,04	2,27	2,20	2,23	0,36
25	75	0,06	4,49	0,06	0,96	0,28
0	100	0,12	4,18	0,54	4,57	0,53
0	125	0,18	0,47	2,58	2,70	0,36
Média		0,94 ^{NS}	0,62 ^{NS}	9,92 ^{NS}	1,93 ^{NS}	1,09 ^{NS}
Fc		0,04	3,02	1,25	1,58	0,88
CV (%)		8,79	21,55	13,03	29,16	23,38
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	0,03	3,41	1,03	0,76	0,33
75	25	0,12	2,94	1,11	3,39	0,70
50	50	0,07	4,22	1,54	0,65	0,18
25	75	0,09	6,49	1,49	0,31	0,51
0	100	0,00	3,33	1,79	0,43	0,16
0	125	0,00	1,86	2,01	0,68	0,12
Média		1,34 ^{NS}	1,29 ^{NS}	1,46 ^{NS}	1,58 ^{NS}	1,64 ^{NS}
Fc		0,04	2,88	1,42	1,49	0,85
CV (%)		6,67	26,85	14,92	28,99	27,05
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr µg kg ⁻¹	Cu	Ni
100	0	1,06	3,60	1,06	0,87	0,38
75	25	1,16	3,08	1,16	3,59	0,74
50	50	1,55	4,26	1,55	0,72	0,25
25	75	1,49	6,68	1,49	0,34	0,55
0	100	1,79	3,43	1,79	0,49	0,16
0	125	1,01	1,93	2,01	0,72	0,12
Média		1,26 ^{NS}	1,31 ^{NS}	1,4 ^{NS}	1,54 ^{NS}	1,5 ^{NS}
Fc		0,06	3,42	1,57	1,01	0,64
CV (%)		7,42	26,27	14,68	29,3	27,64

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

7.15 Teores de metais pesados na polpa do fruto.

Tabela 24. Teores metais pesados na polpa do fruto de bananeiras 'Nanicão IAC 2001' irrigadas, sob manejo de solos com lodo de esgoto nos anos 2008 e 2009.

Tratamento		3º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr $\mu\text{g kg}^{-1}$	Cu	Ni
100	0	0,04	0,53	0,00	0,03	0,00
75	25	0,05	2,10	0,00	0,05	1,55
50	50	0,03	1,49	0,13	0,01	3,34
25	75	0,00	2,39	0,22	0,02	2,19
0	100	0,09	1,35	0,14	0,30	2,49
0	125	0,00	0,72	0,06	0,31	3,33
Média		0,50 ^{NS}	2,37 ^{NS}	2,77 ^{NS}	0,75 ^{NS}	2,09 ^{NS}
Fc		0,03	2,17	0,17	0,07	1,85
CV (%)		7,04	35,65	19,15	5,21	43,31
Tratamento		4º Ciclo - 2008				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr $\mu\text{g kg}^{-1}$	Cu	Ni
100	0	0,04	0,57	0,00	0,04	0,00
75	25	0,06	0,33	0,00	0,08	1,66
50	50	0,01	1,57	0,13	0,02	3,36
25	75	0,00	3,58	0,31	0,04	2,23
0	100	0,08	1,38	0,14	0,31	2,53
0	125	0,00	0,74	0,06	0,02	3,36
Média		0,49 ^{NS}	2,48 ^{NS}	2,76 ^{NS}	0,78 ^{NS}	2,09 ^{NS}
Fc		0,03	2,27	0,17	0,09	1,88
CV (%)		7,26	15,4	19,35	5,87	43,38
Tratamento		5º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr $\mu\text{g kg}^{-1}$	Cu	Ni
100	0	0,05	0,60	0,00	0,03	1,33
75	25	0,04	3,10	0,00	0,05	0,70
50	50	0,00	1,89	0,17	0,02	0,18
25	75	0,00	3,94	0,16	0,02	0,51
0	100	0,09	1,35	0,17	0,34	0,16
0	125	0,00	1,05	0,13	0,02	1,12
Média		0,46 ^{NS}	2,44 ^{NS}	2,73 ^{NS}	1,02 ^{NS}	1,64 ^{NS}
Fc		0,03	2,17	0,17	0,07	1,85
CV (%)		7,33	15,33	14,69	7,16	27,05
Tratamento		6º Ciclo - 2009				
N-Mineral (%)	N-Orgânico (%)	Cd	Pb	Cr $\mu\text{g kg}^{-1}$	Cu	Ni
100	0	0,05	0,60	0,00	0,04	1,38
75	25	0,04	2,10	0,00	0,08	0,74
50	50	0,01	1,94	0,17	0,08	0,25
25	75	0,00	2,02	0,10	0,04	0,55
0	100	0,09	1,37	0,18	0,34	0,16
0	125	0,00	1,07	0,13	0,22	1,12
Média		0,45 ^{NS}	2,39 ^{NS}	2,71 ^{NS}	1,28 ^{NS}	1,5 ^{NS}
Fc		0,03	2,53	0,25	0,11	0,64
CV (%)		7,4	15,52	14,76	8,13	17,64

**Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em geral, os frutos contém uma concentração menor de metais que as demais partes vegetativas das plantas, com relação à entrada dos metais na cadeia alimentar, Bettiol & Camargo (2000), afirmam que as plantas se comportam, tanto como um mecanismo de transferência de contaminantes do solo para níveis mais altos da cadeia trófica, como uma importante barreira nessa transferência, restringindo a absorção da maioria dos elementos do solo.

Pois acordo com o Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 (ANVISA, 1965), ainda em vigor, os limites máximos de tolerância (LMT) em frutas (matéria seca) para os elementos Cd, Cu, Pb, Cr e Ni são, respectivamente, 1; 30; 5; 0,5 e 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA, 1985), os LMT de Cd, Cu, Pb, Cr e Ni permitidos em frutas são de 1; 30; 8; 0,3 e 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$, respectivamente.

Com bases nessas informações, foi observado que os teores de Cd e Cu, em todos os tratamentos entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano, encontraram abaixo do LMT de ambas as instituições; não sendo significativos pelo teste de Tukey a 5%. Os menores teores de ambos os metais foram encontrados na polpa evidenciando que o risco de contaminação pela alimentação é muito baixo.

De modo geral, o aumento das doses de lodo de esgoto promoveu acúmulo de Pb na casca, evidenciando translocação e redistribuição do metal na planta, porém com menores proporções foram encontradas na polpa, entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre os ciclos por ano. O que até certo ponto já era esperado, conforme considerações feitas por Malavolta (2006) que o Pb se acumula na endoderme, atuando como barreira parcial, e nas paredes da célula das raízes, e, em certas condições, formam-se precipitados amorfos identificados como fosfato de Pb. De forma concordante, Berton (2000) relata que, dentro da planta, alguns metais concentram-se nas raízes, não sendo assim transportados para a parte aérea. Várias plantas, como a soja e o milho, excluem esse elemento dos grãos.

Além disso, no solo, a forte retenção do Pb controla sua disponibilidade, ou melhor, o fato de o Pb usualmente não se acumular nos grãos de milho torna-se este fator menos preocupante, com relação a essa cultura. Dessa forma, o sistema

solo-planta é uma importante barreira para a entrada desses metais na cadeia alimentar, o que reduz os problemas com Pb, por exemplo. Contudo, conforme Melo (2006) nem todos os metais pesados são igualmente retidos nas raízes das plantas, sugerindo que a tolerância a determinado elemento não garante, necessariamente, a tolerância a outro.

Observou nos resultados do experimento, um teor Cr elevado nas cascas das bananeiras entre os ciclos de 2008 e 2009, como também entre ciclos, mesmo não havendo efeito significativo das doses aplicadas; as mesmas na casca estavam acima do LMT de ambas as instituições. De acordo com Adriano (1986) o Cr absorvido permanece em maior proporção nas raízes, sendo pouco transportado à longa distância para a parte aérea, caracterizando esse fenômeno como um mecanismo de tolerância ao excesso de Cr nas plantas. Já com relação aos teores de Cr na polpa da bananeira, não apresentaram variações significativas, entre os tratamentos. Este fato evidencia a baixa translocação do elemento da casca para a polpa dos frutos; onde os teores variaram de 0,13 a 0,31 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Estes valores são semelhantes aos relatados por Kabata-Pendias & Pendias (2001) que mencionam valores de cromo em grãos variando de 0,16 a 0,55 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

Quanto ao Ni foi observado maiores teores na polpa do que na casca, não havendo diferença significativa, os teores encontram-se abaixo do LMT, mesmo assim, atenção especial deve ser dada aos componentes do lodo de esgoto responsáveis por manter o Ni numa forma indisponível. Caso o Ni adicionado via lodo de esgoto torne-se disponível em curto ou longo prazo, poderá ocorrer contaminação da polpa. Estudos realizados nos Estados Unidos (USEPA, 1994) para que se determinassem esses limites, consideraram condições edafoclimáticas diferentes das do Brasil, o que pode resultar em menor ou maior disponibilidade quando extrapolados para condições brasileiras.

Certamente diante deste relato, verifica-se que nas condições brasileiras, houve baixos teores de Ni tanto na casca quanto na polpa, os quais estavam dentro dos limites permitidos. Mesmo assim, novas pesquisas devem ser realizadas para melhor futuras e pertinentes afirmações sobre o metal aqui estudado.

Diante do exposto nota-se que a transferência dos metais pesados das raízes para o pseudocaule, e posteriormente para os frutos é lenta, resultando em baixa acumulação, conforme pode ser observado nos resultados aqui expostos. Sendo assim, em busca do aproveitamento total dos frutos, deve-se dar importância à casca, onde se encontra

quantidade de metais pesados acima dos limites da LMT. Pesquisas mais abrangente deve ser realizada de forma a busca melhores condições de vida para a população, a qual grande parte é carente, desnutrida e de baixa renda.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que:

- ✓ 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.
- ✓ Estudos de adubação, especialmente quando se trabalha com adubação orgânica, em frutíferas carecem de avaliações ao longo prazo, mas neste experimento foi possível observar os benefícios do emprego de diferentes quantidades de nutrientes ao solo.
- ✓ 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.

- ✓ O B, Cu, Fe e Zn estão presentes em maior quantidade na polpa do que na casca dos frutos. Já o Mg está distribuído em maior quantidade na casca do que na polpa dos frutos.

- ✓ A quantidade aplicada de lodo na área experimental, mesmo observando diferenças estatísticas foi segura e não apresentou risco de contaminação ambiental com metais pesados, conforme limites estabelecidos por leis.

- ✓ O lodo de esgoto aumenta os teores de metais pesados do solo, mas estes permanecem aquém dos valores considerados perigosos ao ambiente, no caso deste pesquisa, com as quantidades aplicadas.

- ✓ Os teores de metais pesados foram maiores na casca do que na polpa do fruto da bananeira, mas não apresentaram níveis que conferem risco de toxidez à alimentação humana.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, C. H. et al. Uso Agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: _____. **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v. 4, p. 391-470.

ADRIANO, D. C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer Verlag, 1986. 533 p.

AGÊNCIA NACIONAL VISA. Decreto n. 55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 abr. 1965. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/decreto/1950-1969/D55871.htm>>. Acesso em: 4 Maio 2009.

ALLOWAY, B. J. Cadmium. In: ALLOWAY, B. J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. New York: John Willey, p.100-121, 1990.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agroecossistema**. 1999. 279 p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaquariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.281-312, 2000.

ARAÚJO, W. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; GOMES, P. C. Relação entre adsorção de metais pesados e atributos químicos e físicos de classes de solo do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 26, p. 17 – 27, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. **Compêndio da legislação dos alimentos**. São Paulo, 1998. 185 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists**. 11th ed. Washington, 1970. 1015 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO - ABIA. **Compêndio da legislação dos alimentos**. São Paulo, 1998. 185p.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho eutroférico após aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1501-1505, 2002b.

- BARBOSA, R. D. et al. Avaliação dos parâmetros biométricos reprodutivos no terceiro ciclo de bananeiras 'Prataã' em função do efeito residual da adubação orgânica feita no primeiro ciclo. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS PESQUISAS SOBRE BANANA DO CARIBE E NA AMÉRICA TROPICAL, 17., 2006, Joinville. **Banicultura, um negócio sustentável: anais...** Joinville: ACORBAT; ACAFRUTA, 2006. p. 592-596.
- BARBOSA, R. D. **Manejo do solo com lodo de esgoto em bananeira irrigada.** 2008. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. **Suelos y Planta**, Oxford, v. 2, p. 345-361, 1992.
- BATAGLIA, O. C. & SANTOS, W. R. Diagnose foliar: estado nutricional de plantas perenes, avaliação e monitoramento. **Informações agrônomicas**, Piracicaba, n.96, 2001.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis.** New York: Gustav Fischer, 1992. 741 p.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6ªed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. 656 p.
- BERTON, R. S. **Risco de contaminação do agroecossistema com metais pesados.** In: BETIOL, W & CAMARGO, O. A. (eds.) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000 p. 259-268.
- 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.; CAMARGO O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de biossólidos na agricultura. In: TSUTIYA, M. T. et al. (Eds.) **Biossólido na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p. 365-404.
- BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: da cultura ao processamento e comercialização.** Campinas, 1978. p. 63-94.
- BLEINROTH, E. W. Matéria-Prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: matéria-prima, processamento e aspectos econômicos.** 2ªed. Campinas, 1995. p. 133-196.
- BOARETO, A. E. et al. Níquel e cádmio em grãos de feijão produzidos em solos adubados com lodo de esgoto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Adubação, produtividade, ecologia: anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 400-401.

BOARETTO, R. M. **Boro (¹⁰B) em laranjeira: absorção e mobilidade**. 2006. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 11, p. 1639-1647, 2002.

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

BRASIL, E. C. et al. 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, 2000. *Brasileira de Fruticultura*, 1984. v. 1, p. 201-221.

CAMARGO, O. A. et al. Reações de micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal. CNPq; FAPESP; POTAFOS, 2001. p. 89-124.

CARVALHO, P. C. T. Compostagem. In: _____. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo, SABESP, 2001. cap. 6.

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, v. 14, p. 125-132, 1990.

CENTRO DE SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. Banana. Florianópolis, EPAGRI/CEPA. Disponível em: <http://cepa.epagri.sc.gov.br/.../banana/Banana-310709.pdf>. Acesso em: 14 Ago.2009.

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, 1984.

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

COELHO, E. F. et al. **Produtividade da bananeira 'BRS Tropical' no primeiro ciclo sob diferentes configurações de sistemas de irrigação por microaspersão**. Joinville: ACORBAT; ACAFRUTA, 2006. 359 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba, 1997. 96 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma P 4230**: aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999. 32 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2001. 232 p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n. 283, de 12 de julho de 2001. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1 out. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res28301.html>>. Acesso em: 18 jul. 2009.

CORDEIRO, Z. J. M. **Banana produção**: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 143p.

COTRIM, A. R. **Metais pesados na agricultura, conseqüências das elevadas concentrações de mercúrio, cádmio e chumbo no solo**. Campinas: UNICAMP, Instituto de Química, 1994. 48 p.

CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu-SP, segundo Koppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1999. p. 487-491.

DONATO, S. L. R. et al. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa spp.*), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p.139-144, abr. 2006a.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1994. 212 p. (Estudos FAO: irrigação e drenagem, 33).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional e Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

FAO. **Crop water management**: banana. Roma, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/aGL/aglw/cropwater/banana.stm>>. Acesso em: 29 abr. 2009.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 45-68.,

FONSECA, A. F.; **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características fonte de nutrientes para as plantas**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, A. C. **Impacto FRUICULTURA**, 7., 1984, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade

FREITAS, W. S.; RAMOS, M. M.; COSTA, S. L. Demanda de Irrigação da cultura da banana na bacia do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n. 04, pp. 343-349, 2007.

GALDOS, M. V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p. 569-577, 2004.

GANGA, R. M. D.; RUGGIERO, C.; MARTINS, A. B. G. Avaliação de seis cultivares de bananeira em Jaboticabal-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17.,2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. 1 CD-ROM.

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

GOMES, S. B. V. et al. Distribuição de metais pesados em plantas de milho cultivadas em Argissolo tratado com lodo de esgoto. **Ciência Rural**, Santa Maria, p. 1689-1695, 2006.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827. 2005.

GONZAGA NETO, L. et al. Avaliação de cultivares de bananeira na região do Submédio São Francisco: primeiro ciclo de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas,v. 15, n. 1, p. 21-25, 1993.

GOTARDO JÚNIOR, J. R. **Efeito do lodo de esgoto, vinhaça e calagem nas propriedades químicas de um latossolo e nas características nutricionais de plantas de milho (*Zea mays* L .)**. 1998. 66 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 1998.

GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, 2005. p. 345-390.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas**: métodos químicos e físicos para a análise de alimentos. 2. ed. São Paulo: 1985. v. 1, 371 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**. Disponível em: <<http://ibge.org.br>>. Acesso em: 4 set. 2010.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, 2001. 413 p.

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

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL. **Análise de corretivos fertilizantes e inoculantes:** métodos oficiais. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1988. 104 p.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.) **Bananas and plantains.** London: Chapman e Hall, 1995. p. 258-316.

LEONEL, S.; GOMES, E. M.; PEDROSO, C. J. Desempenho agrônômico de bananeiras micropropagadas em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.2, p. 245-248, ago. 2004.

LIMA, G. P. P. et al. Parâmetros bioquímicos em partes descartadas de vegetais. In: PROGRAMA Alimente-se Bem: tabela de composição química das partes não convencionais dos alimentos. São Paulo: SESI, 2008.

LOBO. T. F. **Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de olnatio direto.** Botucatu, 2010. 198p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2010.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental:** micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificações e fatos. São Paulo: Produquímica, 1994. 153 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MANTOVANI, A. et al. Mobilidade de nitrogênio num solo ácido decorrente da aplicação de fertilizantes nitrogenados e superfosfato triplo. In: FERTBIO - FERTILIDADE E BOLOGIA DO SOLO, 2004, Lages. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 1 CD- ROM.

MARCÍLIO, H. C. et al. Avaliação de genótipos de bananeira em sistema orgânico de produção. In: REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO NAS

MARQUES, M. O.; MELO, W. J.; MARQUES, T. A. Metais pesados e o uso de bio sólidos na agricultura. In: TSUTIYA, M. T.; et al. (Eds.). **Bio sólido na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p.365-404.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press, 1995. 888 p.

- MARTIN-PRÉVEL, P. Exigências nutricionais em bananicultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BABANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p.118-134.1984.
- 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 em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, pp.563-574, 2003.
- McBRIDE, M. B. Toxic metal accumulation from agriculture use of sludge: are USEPA regulations protective? **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 24, n. 1, p. 5-18, 1995.
- MEDINA, J. C. **Banana**. 2º ed. Campinas: ITAL, 1995. 296p.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: _____ et al. **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. In: TSUTIYA, M. T. et al. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. 468p.
- MELO, L. A. S.; LIGO, M. A. V. Uso de lodo de esgoto em bananicultura: efeitos de doses no primeiro ano de aplicação. **Revista Científica Rural**, Jaguariúna, v. 11, n. 2, p. 33-38, 2006.
- MELO, W. J. de; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O. Uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T. et al. (Eds.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, p, 78-108, 2001.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, A. C. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.109-141,.
- MOREIRA, J. A. A. et al. 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, p.226-238, 2006.
- MOREIRA, R. S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335 p.
- MOREIRA, R. S. Nossa Nanica está garantida. **Revista Rural**, n. 63, mar. 2003. Disponível em www.revistarural.com.br/Edições/2003/Artigos/rev63_nanica.htm. Acesso em: 30 set.2009.

- NASCIMENTO, C. W. A. et al. 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.
- NOGUEIRA, D. J. P. Nutrição de fruteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 125, p. 12-31, 1985.
- OLIVEIRA, F. C. **Comportamento de metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. 1995. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- OLIVEIRA, F. C. et al. Movimentação de metais pesados em latossolo adubado com composto de lixo urbano. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1787-1793, 2002.
- OLIVEIRA, J. P. Níquel. In: AZEVEDO, F. A., CHASIN, A. A. M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003. p.127-142.
- OLIVEIRA, F.C; MATTIAZZO, M.E. **Metais pesados em latossolos tratados com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar**. Scientia Agrícola, Piracicaba, Sp, v.50, n.3, pp. 581-593.
- OLIVEIRA, S. L. de; COELHO, E. F.; BORGES, A. L. Irrigação e fertirrigação. In: In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 60-72.
- PEGORINI, E. S. et al. Avaliação do potencial de disseminação de metais pesados através da reciclagem agrícola de bio-sólidos no Paraná: quantificação dos elementos em lodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Anais, p.108-230, 2003.
- PEREIRA, A. R. P.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183.
- PEREIRA, J. M. N. **Doses de Cd, Pb, Cu, Zn e Ni em latossolos: efeito no solo e em plantas de alface a feijão**. 2006. 92 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo/ Solo e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- PIERRISNARD, F. **Impact de l'amendement des boues residuaires de la ville de Marseille sur des sols a vocation agricole: comportement du Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, des hydrocarbures et des composes polaires**. Marseille. 1996. 408 f. These (Docteur)-Facolte des Sciences et Techniques de Saint-Jerome, Universite de Droit d'Ecomonie et des Sciences d' Aix-Marseille, Marseille, 1996.Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- POGGIANI, F.; GUEDES, M. C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de bio-sólido em plantações florestais: I. Reflexo no ciclo dos nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.

A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 98-101, 2000.

PREZOTTI, L. C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo:** 3ª aproximação. Vitória: EMCAPA, 1992. 73 p. (Circular técnica, 12).

PROGRAMA Alimente-se Bem: tabela de composição química das partes não convencionais dos alimentos. São Paulo: SESI, p.23-37, 2008.

PIERRISNARD, F. **Impact de l'amendement des boues residuaires de la ville de Marseille sur des sols a vocation agricole: comportement du Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, des hydrocarbures et des composes polaires.** Marseille. 1996. 408 f. These (Docteur) – Facolte des Sciences et Techniques de Saint-Jerome, Universite de Droit d'Ecomonie et des Sciences d' Aix-Marseille, 1996.

RAIJ, B. van, QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise química de solo para fins de fertilidade.** Campinas: IAC, 1983. 31 p. (Boletim técnico, n. 81).

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284 p.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico do Instituto Agrônômico de Campinas,** Campinas, n. 100, 1997. 101p 2º ed.

RAMOS. D. P. **Avaliação de genótipos de bananeira (*musa sp.*) em Botucatu-SP.** Botucatu, 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos da bananeira 'Prata-anã' irrigada, na região norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 559-562, 2001.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SAES, L. A.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Cultivares resistentes de bananeira. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 13. 2005, Registro. **Anais...** Registro: APTA, 2005. p. 51-58. Disponível em:

<<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/XIIRifib/saes.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2009.

SALLES, R. F. M.; DESCHAMPS, C. Efeito dos teores de metais pesados nos frutos de macieira (*Malus domestica*) submetida à aplicação de lodo de esgotos como fertilizante orgânico. **Sanare**: São Paulo, v. 11, n. 11, p.44-50, 1999.

SANEPAR. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba, 1997. 96p.

SANTOS, S. C. et al. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares de bananeira resistentes a Sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, pp. 449-453, dez. 2006.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal: I. efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, p. 487-495, 2002a.

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, Piracicaba, 2007.

SILVA, S. de O. et al. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2000.

SILVA, S. de O. et al. Cultivares. In: ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, SPI; Cruz das Almas: Embrapa, CNPMF, 1999. p. 85-106.

SIMONETE, M. A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38 n. 10, p. 1187-1195, out. 2003.

SOBRINHO, P. A. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: TSUTIYA, M. T. et al. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001.

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

SOUZA, J. S.; TORRES FILHO, P. Aspectos socioeconômicos. In: ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília, DF: EMBRAPA, SPI, 1999. p. 507-524.

SOUZA, R. B. **Acúmulo e distribuição de minerais no fruto de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg cv. Sabará) em desenvolvimento**. 1992. 69 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

STRAUS, E. L. Normas da utilização de lodos de esgoto na agricultura. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p-18-37, 2000.

TAVARES, D. Lodo que vira adubo. **Globo Rural**, Rio de Janeiro, n. 210, p. 58-61, 2003.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, A. H. C. Uso de estações meteorológicas automáticas no manejo de irrigação de fruteiras. **ITEM**, Brasília, DF, n. 51, p. 22-26, 2001.

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

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

TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio sólidos. In: TSUTIYA, M. T. et al. (Eds.) **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. 468 p.

TSUTIYA, M. T. et al. **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: ABES, 2002. 468p.

UNITED STATE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Acid digestion of sediments, sludges, and soils, method 3050b**. Washington, DC, 2008. Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2008.