

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**USO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE  
ESGOTO PARA ADUBAÇÃO DE PLANTIO DE  
ESSÊNCIAS FLORESTAIS**

**VERA CRISTINA RAMALHO PADOVANI**

CAMPINAS

ABRIL DE 2013



VERA CRISTINA RAMALHO PADOVANI

## USO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE LODO DE ESGOTO ADUBAÇÃO DE PLANTIO DE ESSÊNCIAS FLORESTAIS

**Orientador: Prof. Dr. Durval Rodrigues de Paula Junior**

Tese de doutorado apresentada ao Programa  
Graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO  
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA VERA  
CRISTINA RAMALHO PADOVANI ORIENTADA  
PELO PROF. DR. DURVAL RODRIGUES DE  
PAULA JUNIOR

Assinatura do Orientador



CAMPINAS

2013

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura  
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

P136u Padovani, Vera Cristina Ramalho, 1965-  
Uso de composto orgânico de lodo de esgoto para adubação de plantio de  
essências florestais. / Vera Cristina Ramalho Padovani. – Campinas, SP : [s.n.],  
2013.

Orientador: Durval Rodrigues de Paula Junior.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de  
Engenharia Agrícola.

1. Lodo de esgoto. I. Paula Junior, Durval Rodrigues de, 1953-. II.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.  
Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Titulo em outro idioma:** Use of organic compost of sewage sludge to fertilizer planting forest  
essences

**Palavras-chave em inglês:**

Sewage sludge

**Área de concentração:** Água e Solo

**Titulação:** Doutora em Engenharia Agrícola

**Banca examinadora:**

Durval Rodrigues de Paula Junior [Orientador]

Ronaldo Stefanutti

Ronaldo Severiano Berton

Ariovaldo José da Silva

Denis Miguel Roston

**Data de defesa:** 05-07-2013

**Programa de Pós-Graduação:** Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Vera Cristina Ramalho Padovani**, aprovada pela Comissão Julgadora em 05 de julho de 2013, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



---

**Prof. Dr. Durval Rodrigues de Paula Junior – Presidente e Orientador  
Feagri/Unicamp**



---

**Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti - Membro Titular  
UFC**



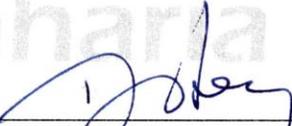
---

**Prof. Dr. Ronaldo Severiano Berton – Membro Titular  
IAC**



---

**Prof. Dr. Ariovaldo José da Silva - Membro Titular  
Feagri/Unicamp**



---

**Prof. Dr. Denis Miguel Roston - Membro Titular  
Feagri/Unicamp**

## DEDICO

Aos meus pais que partiram dessa vida durante a realização deste trabalho,  
meus amores eternos, exemplos de dedicação e humildade,  
por todo o carinho e ensinamentos de vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Durval Rodrigues de Paula Jr. pela orientação, estímulo e empenho para realização deste trabalho;

Aos meus amigos Alexandro, Alexandre e Patrícia pela ajuda na execução e finalização desta tese;

Aos meus pais (*in memorian*), pelo amor, carinho, dedicação e ajuda durante todos esses anos de minha vida;

Ao meu marido e meus filhos por existirem;

Aos meus colegas e amigos da SAAMA, FMPFM e Casa da Agricultura pelo incentivo;

A Faculdade Municipal Professor Franco Montoro ( FMPFM) e ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMA E), pelo apoio e oportunidade de desenvolvimento deste trabalho;

A todos que de alguma forma colaboraram para execução deste trabalho.

SUMÁRIO	Página
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS	xix
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxii
I. INTRODUÇÃO	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1. Reflorestamento	4
1.1 Degradação	4
1.2 Recomposição vegetal	6
1.3 Métodos utilizados na recomposição vegetal	10
1.3.1 Regeneração natural	10
1.3.2 Enriquecimento de florestas secundárias	10
1.3.3 Plantios heterogêneos em modelos sucessionais	11
2. Estágios nutricionais das árvores	12
3. Eficiência na utilização de nutrientes	14
4. Adubação orgânica na produção e adubação de essências florestais	17
5. Lodo de esgoto	19
5.1 Geração e disposição do lodo de esgoto	19
5.2 Estabilização do lodo de esgoto	21
5.3 Metais pesados	23
5.4 Patógenos	24
5.5 Micropoluentes orgânicos	27
5.6 Nutrientes	29

5.7 Matéria orgânica	31
6. Compostagem	34
6.1 Granulometria	35
6.2 Relação Carbono/Nitrogênio	35
6.3 Umidade	36
6.4 Dimensões e formas de pilhas	37
6.5 Aeração	37
6.6 Microrganismos	38
6.7 Temperatura	39
IV. MATERIAIS E MÉTODOS	42
1. Localização e Descrição do Experimento	42
2. Caracterização física e química do solo	45
3. Caracterização química dos resíduos	45
3.1 Caracterização do lodo de esgoto	46
3.2 Caracterização do resíduo estruturante	47
4. Compostagem do lodo de esgoto	47
5. Análises microbiológica e parasitológica	49
6. Mudanças de árvores selecionadas	50
7. Instalação do experimento	53
8. Delineamento experimental e análise estatística do experimento	54
9. Parâmetros a serem avaliados	56
9.1 Análise quantitativa de crescimento das mudas	56
9.2 Análise química do tecido vegetal	56
10. Plantio das mudas	56
11. Manutenção	60
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
1. Caracterização física e química do solo	62
1.1 Caracterização física do solo	62
1.2 Caracterização química do solo	63
2. Caracterização do lodo de esgoto	67

2.1 Análises químicas	67
3. Caracterização do resíduo estruturante	69
3.1 Análise química	69
4. Mistura de lodo de esgoto + resíduo estruturante, utilizada para produção do COLE.	70
5. Caracterização do composto orgânico de lodo de esgoto – COLE ( mistura de lodo de esgoto e de restos de gramíneas)	71
5.1 Análises químicas	71
5.2 Análise microbiológica	75
5.3 Análise parasitológica	75
6. Avaliação do desenvolvimento das plantas	76
6.1 Mudanças de Coração de Negro ( <i>Poecilanthe parviflora</i> ) produzidas em substrato à base de COLE.	76
6.1.1 Diâmetro e altura das plantas	78
6.1.2 Análise foliar	80
6.1.2.1 Macronutrientes	80
6.1.2.2 Micronutrientes	86
6.2 Mudanças de Aldrão ( <i>Pterocarpus violaceus</i> ) produzidas em substrato à base de COLE.	90
6.2.1 Diâmetro e altura das plantas	90
6.2.2 Análise foliar	92
6.2.2.1 Macronutrientes	92
6.2.2.2 Micronutrientes	94
6.3 Mudanças de Amendoim bravo ( <i>Platypodium elegans</i> ) produzidas em substrato à base de COLE	96
6.3.1 Diâmetro e altura das plantas	96
6.3.2 Análise foliar	98
6.3.2.1 Macronutrientes	98
6.3.2.2 Micronutrientes	100
6.4 Mudanças de Coração de Negro ( <i>Poecilanthe parviflora</i> ) produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.	102

6.4.1 Diâmetro e altura	102
6.4.2 Análise foliar	104
6.4.2.1 Macronutrientes	104
6.4.2.2 Micronutrientes	106
6.5 Mudas de Aldrigo ( <i>Pterocarpus violaceus</i> ) produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.	108
6.5.1 Altura e diâmetro	108
6.5.2 Análise foliar	110
6.5.2.1 Macronutrientes	110
6.5.2.2 Micronutrientes	112
6.6 Mudas de Amendoim bravo ( <i>Platypodium elegans</i> ) produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.	114
6.6.1 Altura e diâmetro	114
6.6.2 Análise foliar	116
6.6.2.1 Macronutrientes	116
6.6.2.2 Micronutrientes	118
VI. CONSIDERAÇÕES GERAIS	121
VII. CONCLUSÕES	122
VIII. BIBLIOGRAFIA	123

LISTA DE QUADROS		Página
Quadro 1	Características das espécies florestais brasileiras em função do estágio sucessional.	9
Quadro 2	Composição química do lodo cru e digerido	20
Quadro 3	Concentração de metais pesados poluentes em lodo de esgoto	24
Quadro 4	Classificação do lodo em função da concentração de patógenos	25
Quadro 5	Parâmetros microbiológicos encontrados no lodo de esgoto da ETE-Mogi Guaçu	26
Quadro 6	Parâmetros parasitológicos encontrados no lodo de esgoto da ETE-Mogi Guaçu	27
Quadro 7	Principais parâmetros de valor agrônômico dos lodos produzidos em diversas ETEs do Brasil	33
Quadro 8	Faixas de temperatura nas diferentes fases do processo de compostagem	39
Quadro 9	Temperatura e tempo de destruição de patógenos	41
Quadro 10	Limites de interpretação das determinações relacionadas com acidez da camada arável do solo.	64
Quadro 11	Limites de interpretação de teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e $\text{SO}_4^{-2}$ em solos	65
Quadro 12	Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo	66
Quadro 13	Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos	66

Tabela 1	Resultados de argila, silte, areia total e classificação textural do solo.	62
Tabela 2	Resultados da capacidade de campo ( CC) e ponto de murcha permanente ( PMP) do solo.	62
Tabela 3	Concentração de macro e micronutrientes, pH, matéria orgânica e CTC do solo.	63
Tabela 4	Concentração de metais pesados no lodo de esgoto da ETE-Mogi Guaçu e limites da Resolução CONAMA nº 375/06.	67
Tabela 5	Concentração de macro e micronutrientes, pH e sólidos voláteis da amostra de lodo de esgoto da ETE-Mogi Guaçu.	68
Tabela 6	Parâmetros químicos avaliados na amostra de resíduo estruturante.	69
Tabela 7	Resultados das análises físico-químicas dos materiais utilizados.	70
Tabela 8	Concentração de metais pesados em composto de lodo de esgoto.	72
Tabela 9	Concentração de macro e micronutrientes, pH e Sólidos voláteis da amostra de lodo de esgoto ( COLE).	74
Tabela 10	Parâmetros microbiológicos da amostra de composto de lodo de esgoto ( COLE).	75
Tabela 11	Parâmetros Parasitológicos da amostra de composto de lodo de esgoto ( COLE).	75
Tabela 12	Diâmetro e altura das plantas de <i>Poecilanthe parviflora</i> ( produzidas em substrato à base de COLE ) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.	78
Tabela 13	Teores de macronutrientes em tecido foliar de plantas de <i>Poecilanthe parviflora</i> ( produzidas em substrato à base de COLE ) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto.	83
Tabela 14	Teores de micronutrientes em tecido foliar de plantas de <i>Poecilanthe parviflora</i> ( produzidas em substrato à base de COLE ) após	86

aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto.

- Tabela 15 Diâmetro e altura das plantas de *Pterocarpus violaceus* ( 92  
produzidas em substrato à base de COLE ) após aplicação de  
diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto,  
analisados durante o período de 24 meses.
- Tabela 16 Teores de macronutrientes em tecido foliar das plantas *Pterocarpus*  
*violaceus* ( produzidas em substrato à base de COLE ) após 94  
aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de  
esgoto.
- Tabela 17 Teores de micronutrientes em tecido foliar das plantas *Pterocarpus* 96  
*violaceus* ( produzidas em substrato à base de COLE ) após aplicação  
de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto
- Tabela 18 Diâmetro e altura das plantas de *Platypodium elegans* ( 98  
produzidas em substrato à base de COLE ) após aplicação de  
diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto,  
analisados durante o período de 24 meses.
- Tabela 21 Diâmetro e altura das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( 104  
produzidas em substrato à base de esterco de curral ) após aplicação  
de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto,  
analisados durante o período de 24 meses.
- Tabela 22 Teores de macronutrientes em tecido foliar das plantas *Poecilanthe* 106  
*parviflora* ( produzidas em substrato à base de esterco de curral )  
após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo  
de esgoto.
- Tabela 23 Teores de micronutrientes em tecido foliar das plantas *Poecilanthe* 107  
*parviflora* ( produzidas em substrato à base de esterco de curral )  
após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo  
de esgoto.
- Diâmetro e altura das plantas de *Pterocarpus violaceus* (produzidas  
em substrato à base de esterco de curral ) após aplicação de diferentes

Tabela 24	dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.	110
Tabela 25	Teores de macronutrientes em tecido foliar das plantas <i>Pterocarpus violaceus</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral ) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto.	112
Tabela 26	Teores de micronutrientes em tecido foliar das plantas <i>Pterocarpus violaceus</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral ) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto.	114
Tabela 27	Diâmetro e altura das plantas de <i>Platypodium elegans</i> (produzidas em substrato à base de esterco de curral) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.	116
Tabela 28	Teores de macronutrientes em tecido foliar das plantas <i>Platypodium elegans</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto.	118
Tabela 29	Teores de micronutrientes em tecido foliar das plantas <i>Platypodium elegans</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral ) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto	119

Figura 1	Mudas de tomate cultivadas em substrato à base de COLE e testemunhas	31
Figura 2	Vista geral da ETE	42
Figura 3	Vista geral das instalações de desidratação do lodo de esgoto	43
Figura 4	Área destinada a implantação do experimento	43
Figura 5	Área do experimento e vista da portaria da ETE aos fundos	44
Figura 6	Lodo de esgoto e resíduo estruturante	48
Figura 7	Vista geral das mudas produzidas em substrato à base de COLE	50
Figura 8	Vista geral das mudas produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.	51
Figura 9	Esquema de distribuição dos quatro tratamentos e quatro repetições dentro dos quatro blocos.	55
Figura 10	Aspecto do composto orgânico de lodo de esgoto testado no experimento	58
Figura 11	Parcelas de mudas de Coração de negro produzidas em substrato à base de COLE.	58
Figura 12	Parcelas de mudas de Coração de negro produzidas em substrato à base de esterco de curral.	59
Figura 13	Vista das parcelas de mudas produzidas à base de esterco de curral.	59
Figura 14	Detalhe da garrafa pet colocada como proteção da muda contra ataque de animais roedores.	61
Figura 15	Evolução da compostagem em função da temperatura	71
Figura 16	Vista das parcelas da espécie de <i>Poecilanthe parviflora</i> ( produzidas em substrato à base de COLE), 24 meses após o plantio.	77

Figura 17	Diâmetro das plantas de <i>Poecilanthe parviflora</i> após a aplicação de diferentes doses do composto orgânico de lodo de esgoto.	79
Figura 18	Altura das plantas após diferentes doses de aplicação de composto orgânico de lodo de esgoto.	80
Figura 19	Teor de Cálcio em folhas de plantas de <i>Poecilanthe parviflora</i> após diferentes doses de aplicação de composto de lodo de esgoto.	83
Figura 20	Teor de Magnésio em folhas de plantas de <i>Poecilanthe parviflora</i> após diferentes doses de aplicação de composto de lodo de esgoto.	85
Figura 21	Vista das parcelas da espécie de <i>Pterocarpus violaceus</i> ( produzidas em substrato à base de COLE), 24 meses após o plantio.	91
Figura 22	Vista das parcelas da espécie de <i>Platypodium elegans</i> ( produzidas em substrato à base de COLE), 24 meses após o plantio.	97
Figura 23	Vista das parcelas da espécie de <i>Poecilanthe parviflora</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido), 24 meses após o plantio.	103
Figura 24	Vista das parcelas da espécie de <i>Pterocarpus violaceus</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido), 24 meses após o plantio.	109
Figura 25	Vista das parcelas da espécie de <i>Platypodium elegans</i> ( produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido), 24 meses após o plantio.	115

## LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
B	Boro
C	Carbono
C/N	Relação Carbono - nitrogênio
Ca	Cálcio
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de Cálcio
Cd	Cádmio
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Cr	Cromo
Cu	Cobre
dm <sup>3</sup>	Decímetro cúbico
ds	Decisiemens
Fe	Ferro
g	Gramma
H + Al	Acidez potencial
ha	Hectare
Hg	Mercúrio
K	Potássio
Kg	Kilograma
Km	Kilómetro
l	Litro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
mg	Miligramma
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
N	Nitrogênio
Na	Sódio
Ni	Níquel
N-NO <sub>3</sub>	Nitrogênio como Nitrato
° C	Graus celsius
P	Fósforo
Pb	Chumbo
pH	Potencial hidrogeniônico
S	Enxofre
Se	Selênio
SO <sub>4</sub>	Íon sulfato
t	Tonelada
UTM	Unidades transversas de mercator
V%	Índice de saturação por bases
Zn	Zinco

## LISTA DE ABREVIATURAS

C	Climácias
CE	Condutividade elétrica
CEPPA	Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos
COLE	Composto Orgânico de Lodo de Esgoto
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTC	Capacidade de troca catiônica
DMP	Diâmetro médio ponderado
EPA	“ Environment Protection Agency “
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEAGRI	Faculdade de Engenharia Agrícola
FMPFM	Faculdade Municipal Professor Franco Montoro
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
ICC	Índice de cobertura de copas
LAB	Lodo ativado por batelada
NMP	Número mais provável
NP	Não pioneiras
PI	Pioneiras
PR	Paraná
PS	Peso seco
S1	Secundárias iniciais
S2	Secundárias tardias
SAAMA	Secretaria da Agricultura Abastecimento e Meio Ambiente
SBCS-CQFS	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão de Química e Fertilidade do Solo
SAMAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SB	Soma de Bases
SP	São Paulo
ST	Sólidos totais
U.S.	United States
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar em condições de campo o comportamento de três espécies florestais produzidas em dois tipos substratos, submetidas a diferentes dosagens de adubação de cova (2,0; 4,0 e 8,0 kg), utilizando o composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) em comparação com a testemunha ( 0,0 kg ), e testar a viabilidade de uso do lodo de esgoto como adubo orgânico na adubação pós - plantio de mudas de árvores. O lodo de esgoto foi submetido a análise química de macro e micronutrientes, pH, sólidos voláteis, umidade, relação C/N e metais pesados, antes de ser higienizado e estabilizado através da compostagem, com restos de capim roçados das áreas verdes e recebeu a denominação de COLE. Após o término do processo de compostagem, o composto foi submetido a análises químicas, microbiológicas e parasitológicas, além da condutividade elétrica. As mudas de árvores nativas utilizadas no experimento foram as espécies *Platypodium elegans* (Amendoim bravo), *Pterocarpus violaceus* (Aldrigo) e *Poecilanthe parviflora* (Coração de negro), que representam respectivamente os grupos ecológicos das pioneiras, secundárias e clímax , e foram produzidas no viveiro municipal da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro /Mogi Guaçu, em dois substratos diferentes , sendo um à base de COLE e outro de esterco de curral curtido (tradicional). O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas no tempo com blocos casualizados, com cinco repetições por parcelas, utilizando três espécies diferentes produzidas em dois substratos diferentes (à base de COLE e esterco de curral curtido) e quatro tratamentos diferentes que correspondem a dosagens de COLE que variaram de 0,0 Kg, 2,0 Kg, 4,0 Kg e 8,0 Kg/ cova. Foram avaliadas as características químicas e físicas do solo e as medidas de crescimento das mudas como altura , diâmetro das plantas aos 24 meses após o plantio e análise química do tecido vegetal para determinação da concentração de macro e micronutrientes, aos 36 meses após o plantio. Os resultados das análises microbiológica, parasitológica e química indicaram que o composto de lodo de esgoto é adequado para ser utilizado como composto orgânico em adubação de cova para essências florestais. As plantas da espécie *Poecilanthe parviflora* produzidas à base de substrato COLE, apresentaram redução na altura, nos teores de Ca e Mg com adição do COLE, além do

desequilíbrio nutricional. A adição do COLE na cova de plantio das espécies *Platypodium elegans* e *Pterocarpus violaceus* não promoveu aumento significativo da altura e diâmetro em comparação com a testemunha. O uso do COLE como adubo orgânico para fertilização de espécies nativas e exóticas plantadas em áreas verdes apresenta-se como uma alternativa para destinação e disposição dos resíduos gerados no município.

Palavras - chave: Lodo de esgoto, fertilidade do solo, resíduo urbano, árvores nativas.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate under field conditions the behavior of three forest species produced in two types substratum exposed to different dosages of fertilizer pits (2.0, 4.0 and 8.0 kg) using the organic compost sewage sludge (COLE) compared to control (0.0 kg) and test the feasibility of using sewage sludge as a fertilizer in organic fertilization post plantation of tree seedlings. The sewage sludge was subjected to chemical analysis for micronutrients, pH, volatile solids, humidity, the C / N relation and heavy metals before being sanitized and stabilized through composting, with the remains of green areas scuffed grass and received the denomination COLE (sewage sludge organic compound). After completion of the composting process, the compound was subjected to microbiological, parasitological and chemical analyzes additionally to electrical conductivity. The seedlings used in the experiment are native trees species *Platypodium Elegans*, *Pterocarpus violaceus* *Poecilanthe parviflora*, which respectively represents the pioneer, secondary and climax ecological groups. They were produced at the municipal nursery of the Municipal University "Professor Franco Montoro" in Mogi Guaçu using two different substratum: one based in COLE and the other cattle manure (traditional). The experimental outline used was plots subdivided in time into random blocks of five repetitions per plot using three different species produced in two different substratum (based COLE and cattle manure) and four different treatments that correspond to doses of COLE ranging from 0.0, 2.0, 4.0 and 8.0 kg / pit. We evaluated the chemical and physical characteristics of the soil and seedling growth measurements such as height, diameter of plant at 24 months after planting and chemical analysis of plant tissue to determine the concentration of macro and micronutrients at 36 months after planting. The results of the microbiological, parasitological and chemical analyses indicate that the compost of sewage sludge is suitable for use as a fertilizer in the organic compound pit for forest species. The plants of the species *Poecilanthe parviflora* produced based on substratum COLE, besides nutritional imbalance, presented reduction in height based on levels of Ca and Mg adding COLE. The addition of the organic compound sewage sludge (COLE) in the planting pit of the remaining species did not cause a significant increase in height and diameter when compared with the dosage control, but increasing doses of COLE promoted increase in height and diameter of plants compared to the dosage control. The use of sewage sludge compound (COLE) an organic fertilizer can become reduces costs with the fertilization of native. Exotic species planted in green areas becoming a viable alternative for the destination and disposal of waste generated in the municipality.

Keywords - Keywords: Sewage sludge, fertilizer, urban máster, native trees

## I. INTRODUÇÃO

Atualmente a aplicação das legislações ambientais no Brasil para licenciamento de empreendimentos que desenvolvem atividades relacionadas à produção de alimentos, de agroindústrias ou construções de grandes empreendimentos, usinas hidrelétricas entre outras, impõe a necessidade de elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas através da implantação de reflorestamentos e enriquecimentos florestais de áreas de preservação permanente ou formação de bosques naturais.

Nos últimos anos tem-se verificado no Brasil uma drástica redução das matas ciliares e a fragmentação de florestas naturais tem causado aumento significativo dos processos de erosão dos solos, com prejuízos à hidrologia regional, redução da biodiversidade da flora e fauna e a degradação de imensas áreas.

A execução prática dos projetos de recuperação de áreas degradadas através de reflorestamentos e enriquecimentos florestais exige a disponibilidade de mudas de árvores nativas com qualidade e diversidade, mais capacitadas a sobreviver às adversidades encontradas no campo e uma boa adubação é uma das possíveis opções para minimizar as perdas no pós-plantio. Atualmente existem no mercado adubos comerciais que são usados para a produção de mudas no viveiro e pós-plantio

Os esterco animais vêm sendo empregados como fertilizantes a mais de dois mil anos (KIEHL, 1985). Os resíduos orgânicos corretamente manejados e utilizados, revertem-se em fornecedores de nutrientes para as plantas e atuam como condicionadores de solo, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas do solo.

Geralmente, os compostos orgânicos possuem baixa concentração de nutrientes e a grande maioria necessita ser mineralizada para se tornar disponível às plantas, e por isso necessita-se de aplicar maior volume de adubo orgânico em relação ao adubo mineral.

O lodo de esgoto gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETE) possui elevados teores de matéria orgânica, macro e micronutrientes para as plantas, promovendo o crescimento dos organismos decompositores, melhora no nível de fertilidade e aumento na capacidade de troca de cátions do solo, além de fornecer nutrientes para as plantas. Manejado de forma adequada, o lodo de esgoto constitui-se em um excelente fertilizante orgânico (MELO et al. 1994; VANZO et al. 2001).

Segundo Melo et al. (2001), o lodo de esgoto contém os nutrientes necessários para o desenvolvimento dos vegetais, podendo atender em grande parte à necessidade das árvores. Assim sendo, sua composição chama a atenção para o seu uso potencial na agricultura e na atividade florestal, como condicionador do solo e substituto dos fertilizantes minerais (POGGIANI et al., 2006).

É um resíduo que pode alterar as propriedades físicas do solo, melhorando sua densidade, sua porosidade e sua capacidade de retenção de água. Altera também as características químicas, elevando o nível de fertilidade, promovendo o crescimento dos microrganismos do solo, fundamentais para o metabolismo dos nutrientes e sua reciclagem (SILVA et al., 2008).

Segundo DIAS e FARIA, (citado por SOUZA et. al. 2006), a maioria dos estudos realizados sobre as necessidades nutricionais e respostas ao uso de nutrientes em espécies florestais, foram realizados em casa de vegetação e mesmo gerando resultados importantes, estes têm aplicação restrita para recomendação da adubação no campo pelo fato de poucos estudos terem sido realizados nessas condições.

Neste contexto, propõe-se desenvolver um estudo para avaliação do uso do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) para adubação de plantio de essências florestais nativas.

## **II. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a viabilidade do uso do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) como fonte de matéria orgânica e nutrientes para mudas de árvores nativas das espécies *Platypodium elegans* (Amendoim bravo), *Pterocarpus violaceus* (Coração de negro) e *Poecilanthe parviflora* (Aldrago) produzidas em substrato à base de COLE e substrato à base de esterco de curral curtido, aos 24 e 36 meses após o plantio no local definitivo.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o desenvolvimento em fase de campo de mudas produzidas em substrato à base de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE), utilizando diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, durante o período de 24 meses após o plantio;
- Avaliar o desenvolvimento em fase de campo de mudas produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido, utilizando diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) no plantio, durante o período de 24 meses após o plantio;
- Avaliar a influência do composto orgânico de lodo de esgoto no crescimento das mudas em altura e diâmetro aos 24 meses após o plantio e na concentração de nutrientes no tecido foliar das plantas aos 36 meses após o plantio;
- Estabelecer uma forma alternativa para recomendação de fertilização de plantio utilizando COLE para espécies nativas utilizadas em projetos de arborização e reflorestamentos, que possibilite a sustentabilidade ambiental em projetos de arborização urbana e reflorestamentos na zona rural.

### **III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **1. Reflorestamento**

##### **1.1 Degradação**

De acordo com Neto (citado por KAGEYMA e CASTRO,1989) o extrativismo vegetal e mineral, as queimadas sucessivas, as construções de barragens, associados à erosão do solo, e ao desmatamento para implantação de atividades agropecuárias, aceleram o processo de degradação de vasta extensão de terras do Brasil e do mundo.

Além do impacto ambiental, a destruição e degradação de recursos naturais exercem impacto negativo na qualidade de vida, na atividade sócio econômica e na biodiversidade da flora e fauna silvestres.

Dentre os ecossistemas destruídos ou perturbados pela ação antrópica, destacam-se as matas, que constituem importantes refúgios para a fauna terrestre e aquática, com funções de manutenção do fluxo gênico vegetal e animal e proteção dos recursos hídricos e do solo. A restauração funcional e estrutural das matas enriquece o solo, aumenta a biodiversidade e reduz drasticamente o assoreamento dos rios e reservatórios de água ( RODRIGUES e NAVE, 2001).

A desflorestação tropical está ocorrendo a taxas crescentes e os países que mais desmatam são: Brasil, Indonésia, Sudão, Zâmbia, México, República Democrática do Congo e Myanmar, estes países já perderam mais de 71 milhões de hectares de florestas entre 1990 e 2000. Cada um destes países perdeu uma média anual de pelo menos 500.000 ha de florestas. O Brasil (com desflorestação anual média de 2,3 milhões de ha) e Indonésia (com desflorestação anual média de 1,3 milhões de ha) lideram a lista de destruição florestal no período citado acima.

Quando o Brasil foi descoberto, em 1500, a Mata Atlântica cobria nada menos que 1,3 milhões de km<sup>2</sup>, em toda a sua extensão. Hoje 80% deste bioma está concentrada nas mãos de proprietários privados, o que torna a floresta mais suscetível a desmatamentos, pois o bioma está restrito a 7,9% da cobertura original, num total de 102 mil km<sup>2</sup>. O bioma abriga 65% das espécies ameaçadas de extinção no Brasil e muitas são endêmicas, ou seja, só existem no referido bioma.

O Estado de São Paulo abriga dois dos quatro Biomas existentes no Brasil: a Mata Atlântica, que originalmente cobria 81% da área do Estado, e o Cerrado, que originalmente recobria cerca de 14% do território paulista. Essas áreas encontram-se sobre forte pressão de desmatamento (SMA, 2004).

Estudo da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo mostrou que no estado há aproximadamente 3,4 milhões de hectares cobertos por vegetação nativa que representam 13,7% da sua área total. A vegetação remanescente distribui-se de forma heterogênea e se concentra nas áreas de maior declividade, na Serra do Mar e nas unidades de conservação administradas pelo governo (SMA, 2004)

Na região de Mogi Guaçu, interior do Estado de São Paulo, as matas ciliares foram intensamente degradadas pelo desordenado e desmedido crescimento agro-industrial, principalmente com a implantação maciça de lavouras de cana de açúcar. A atividade de mineração, voltada para extração de areia e argila, também contribuiu para o processo de degradação.

Segundo Farias (2002), o setor de mineração cresceu 8,2 % no período de 1995-2000 e é composto por 95% de pequenos e médios empreendimentos, dos quais 54% estão concentrados na região Sudeste. A extração de minérios de superfície é um caso extremo de degradação da área explorada, constatado, a princípio, pelos impactos visuais, resultantes dos altos volumes de rocha e de solos movimentados e das dimensões das cavas e frentes de lavra. Os impactos indiretos da atividade de mineração podem ser bastante extensivos, dependendo do volume e do tipo de material de interesse e incluem basicamente, alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano.

A ação de minimização destes impactos e de recuperação da área pode ser realizada através de medidas de sistematização do terreno e de restabelecimento da cobertura vegetal, objetivando como resultado final a minimização da poluição do ar e da água, a recuperação da auto - suficiência produtiva do solo, o restabelecimento do habitat da fauna e de uma paisagem esteticamente agradável e estável.

A degradação ambiental ocasionada por vários tipos de intervenções antrópicas tem promovido a redução, fragmentação e isolamento de paisagens, comprometendo suas principais características e levando à perda da biodiversidade e das funções a ela atribuídas (BARBOSA, 1989; DECAMPS e NAIMAN, 1990; JOLY, 1994; RODRIGUES e LEITÃO FILHO, 2000).

No Estado de São Paulo grandes extensões de áreas naturais foram alteradas constituindo-se hoje em áreas com diferentes graus de perturbação. Assim, a recuperação de áreas degradadas se apresenta como uma importante estratégia da conservação e manutenção da biodiversidade.

## **1.2 Recomposição vegetal**

O Brasil é o sexto país em termos de área reflorestada no mundo (COFO, 2001), detendo em 2000, 4,98 milhões de hectares. Desde 1995, a área reflorestada vem diminuindo e causando preocupação aos reformuladores da política econômica do país.

A previsão para a primeira década do século XXI é de uma escassez de madeiras de reflorestamento, citada e alertada por SBS (2000), BACHA (2001) E JUVENAL e MATTOS (2002).

Alguns projetos de pesquisa têm surgido, com a finalidade de definir espécies e técnicas adequadas para o reflorestamento das margens dos rios, conduzidos por diferentes instituições, como é o caso da UNESP (DEMATTE, 1989), e do Instituto de Botânica (BARBOSA, 1989), dentre outros.

Segundo Barbosa, (2006) a comunidade científica tem atualmente como desafio, a geração de pesquisas que subsidiem políticas públicas capazes de melhorar a qualidade dos

reflorestamentos e agilizar os processos de licenciamento ambiental a partir de planejamentos qualitativos aperfeiçoados com os parâmetros fornecidos pela pesquisa científica e pelas experiências práticas observadas nos últimos 10 a 15 anos.

As pesquisas atualmente desenvolvem projetos com predominância de estudos na área de aspectos botânicos e silviculturais das espécies, sendo que trabalhos que envolvem aspectos básicos ou aplicados à ciência do solo e nutrição vegetal raramente são inseridos nestes estudos.

A silvicultura tropical constitui uma importante alternativa para o desmatamento, através de suas diferentes linhas de atuação: o manejo da regeneração natural, os plantios de enriquecimento e agrossilviculturais e as plantações homogêneas e heterogêneas de árvores.

No Brasil, a silvicultura evoluiu como uma atividade voltada grandemente para a produção de matéria prima para indústrias baseadas na utilização de madeiras e fibras. As plantações têm se restringido às espécies e procedências de árvores que melhor atendem às necessidades industriais e que melhor respondem, em termos de produtividade, às condições geradas pelo emprego de alta tecnologia silvicultural.

A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, devido aos impactos negativos decorrentes do processo de degradação das matas ciliares formulou um Projeto de Recuperação de Matas Ciliares (PRMC) em convênio com a Secretaria da Agricultura e Abastecimento com participação do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas e do Instituto de Economia Agrícola, cujo objetivo principal é propor um programa de recuperação dessa vegetação para o estado.

Ainda segundo a SMA, no Estado de São Paulo existe um milhão de hectares de área consideradas de preservação permanente que precisam ser recuperadas e reflorestadas, sendo necessário produzir, plantar e manter dois bilhões de mudas de árvores. Pesquisas e experiências envolvendo o reflorestamento de áreas degradadas têm sido intensificadas nos últimos anos em todo o país e, o estado de São Paulo têm obtido avanços consideráveis neste setor pelo fato de associar as informações obtidas em Políticas Públicas. Um exemplo

disto é a Resolução SMA 08/08 que “fixa orientação para reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas”

O reflorestamento heterogêneo tem despertado grande interesse dos órgãos governamentais e da iniciativa privada por meio da gestão ambiental que deve se apoiar nos princípios da sustentabilidade, evidenciando a importância de estudos e o melhor conhecimento de técnicas adequadas para preservação, conservação e recuperação de áreas degradadas buscando alternativas e complementação que os levam a obter resultados mais promissores quanto ao estabelecimento definitivo das florestas que se pretende implantar.

De acordo com Barbosa (2003), os modelos atuais de reflorestamentos baseiam-se na dinâmica de uma floresta tropical, isto é, o processo pelo qual as espécies se regeneram e se desenvolvem após a queda natural de árvores com formação de clareiras que, seqüencialmente, vão sendo ocupadas por novos indivíduos de diferentes espécies.

A variação das clareiras no espaço e no tempo acaba por formar um mosaico de diferentes estágios sucessionais. A luz tem sido considerada o fator com maior influência na colonização destas clareiras. Algumas espécies são tolerantes à sombra e têm crescimento inibido quando a luminosidade é intensa. Outras espécies se adaptam à plena luz e um terceiro grupo somente exige luz em um determinado estágio do seu ciclo de vida. As situações diversas dos microclimas criados em função das diferentes formas e tamanhos das clareiras possibilitam o estabelecimento de grupos de espécies com características distintas. Desta forma, tem-se recomendado que a dinâmica de uma floresta natural seja o “modelo básico” a ser seguido na revegetação ou nos reflorestamentos induzidos, orientando a forma de associação das espécies em plantios heterogêneos.

A resposta à luz tem sido adotada como o principal critério na classificação ecológica a que pertencem (pioneiras, secundárias e climácicas). O Quadro 1 apresenta algumas características de espécies florestais nativas do Brasil, que compõem os estágios que devem ser considerados em modelos de recuperação vegetal baseados na sucessão secundária.

QUADRO 1 – Características de espécies florestais brasileiras em função do estágio sucessional.

Característica	Espécie pioneira	Espécie secundária inicial	Espécie secundária tardia	Espécie climácica
<b>Ciclos de vida (anos)</b>	Curto (1 a 3 podendo chegar a 5).	Curto (5 a 15)	Médio a longo (20 a 50)	Longo (mais que 100)
<b>Tamanho e quantidade de sementes e frutos</b>	Pequenos e em grande quantidade	Pequenos e em grande quantidade	Indefinidos, depende da espécie	Grandes e em pouca quantidade
<b>Viabilidade de sementes</b>	Longa, latentes no solo	Longa, latentes no solo	Curta e média	Curta
<b>Disseminação de sementes</b>	Pássaros, morcegos e ventos	Pássaros, morcegos e vento	Principalmente vento	Gravidade, mamíferos e coletores
<b>Altura dos indivíduos (m)</b>	4 a 8 (alguns até 12)	10 a 20	20 a 30 (alguns até 50)	30 a 45 (alguns até 60)
<b>Tempo para atingir a altura máxima</b>	Muito rápido (meses)	Rápido (meses/anos)	Variável com a espécie (>1 ano a alguns anos)	Lento (muitos anos – mais de 10 anos)
<b>Densidade da madeira</b>	Muito leve	Leve	Intermediária, variando com a espécie	Pesada e rígida
<b>Espessura dos ramos das espécies dominantes</b>	Muitos finos (perímetro < 40cm)	Finos (perímetros até 40 – 60cm)	Espessos (perímetros < 80cm)	Muito espessos (perímetro > 80cm)
<b>Folhagem da espécie dominante</b>	Sempre verde	Sempre verde	Muitas são decíduas	Sempre verde
<b>Forma de regeneração</b>	Colonizam qualquer área, agressiva sob luz	Colonizam grandes clareiras	Colonizam pequenas e médias clareiras	Colonizam áreas sombreadas
<b>Necessidade de luz</b>	Muita luz (heliofitas)	Variável com a espécie	Variável com a espécie	Umbrófilas quando jovens, necessitam de luz quando adultas

Fonte: BARBOSA (2003)

Segundo Pogianni e Schumacher, (2000), as espécies nativas apresentam características diferentes quanto ao mecanismo e a eficiência de absorção e extração de nutrientes do solo, que estão relacionadas com o sistema radicular (extensão e profundidade) de cada espécie e a capacidade de realizar simbiose com bactérias de solo fixadoras de nitrogênio, como as espécies leguminosas

Gonçalves et al. (1992) observaram em campo que as espécies pioneiras se apresentaram mais ativas na absorção e na eficiência do uso dos nutrientes do que as espécies secundárias e clímax.

### **1.3 Métodos utilizados na recomposição vegetal**

Segundo Barbosa (2003), a avaliação do grau de perturbação ou de degradação de uma determinada área irá estabelecer qual o método de reflorestamento que deverá ser adotado, o que poderá ser feito também a partir da fisionomia da vegetação existente.

#### **1.3.1 Regeneração natural**

É o método utilizado em áreas pouco perturbadas, em ambientes alterados, que mantêm a maioria das características bióticas (fauna e flora) das formações florestais típicas da área a ser preservada.

O método é indicado para locais em cujas proximidades existe a floresta remanescente, de modo que os processos naturais de recuperação possam agir (banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e rebrota).

A regeneração natural é reconhecida como o processo biológico mais econômico quando comparado aos demais, podendo ser acelerada através da adoção de práticas ou operações de manejos (BARBOSA, 2003).

#### **1.3.2 Enriquecimento de florestas secundárias**

As florestas secundárias são o resultado de explorações seletivas e descontínuas, após ter sido retirada delas toda a vegetação arbórea de interesse econômico.

Na maioria das vezes, essas matas são restos de uma vegetação exuberante outrora ocorrida, com alguns exemplares considerados de baixo valor econômico.

Esse sistema consiste em acrescentar mudas de espécies secundárias iniciais e tardias sob a copa das árvores remanescentes, enriquecendo essas áreas com espécies já ocorrentes na região bioclimática.

Neste sistema, a mecanização do solo e o alinhamento das covas são impraticáveis. O importante é manter um espaçamento médio de 10 metros quadrados por planta, ou cerca de 3,30 x 3,30m, numa densidade de plantio de 1000 indivíduos por hectare, incluindo os já existentes.

Para proceder ao enriquecimento, deve-se primeiramente realizar uma limpeza manual do sub-bosque, eliminando herbáceas e cipós. Durante pelo menos dois anos após o plantio, deve-se manter a área limpa (BARBOSA, 2003).

### **1.3.3 Plantios heterogêneos em modelos sucessionais**

Plantio heterogêneo consiste na prática de se plantar o conjunto de diferentes espécies numa mesma área, recriando condições as mais próximas possíveis das florestas naturais. Para avaliar o potencial de repovoamento vegetal e acelerar o processo de sucessão secundária nas áreas selecionadas para recuperação, vários modelos poderão ser implantados de acordo com a adequação à situação local.

Esta técnica é utilizada quando não existem características bióticas das formações florestais originais, não ocorrendo remanescentes florestais ou banco de sementes nas proximidades desta área.

Na implantação deve-se adotar as mesmas técnicas recomendadas para culturas perenes: tratos culturais, adubações, combate às pragas e doenças, e proteção contra incêndio e animais.

Nos dois primeiros anos após o plantio, o controle de ervas daninhas poderá ser mecanizado e complementado com coroação manual ao redor das mudas. Também se deve

realizar podas de condução, para obtenção de uma adequada conformação dos galhos e das copas. Quando as plantas atingirem 2m de altura ainda se deverá realizar roçagens manuais e, a partir de 4 a 5 anos, as copas se tocarão e haverá maior sombreamento do solo e menor incidência de gramíneas ou outras invasoras.

Por razões ecológicas e econômicas, recomendam-se espaçamentos de 2,00m x 2,00m até 3,3 x 3,3m – de 4 a 10 m<sup>2</sup> por planta, o que determina uma população de 1000 a 2500 plantas por hectare.

## **2. Estágios nutricionais das árvores**

Segundo Gonçalves et. al. (2000), os estágios nutricionais das árvores podem ser divididos em antes e depois do fechamento de copas. Nos primeiros meses de adaptação no campo, normalmente um a três meses após o plantio, as taxas de acúmulo de nutrientes são pequenas. Neste período, para assegurar o suprimento de água e nutrientes, as mudas plantadas alocam grande quantidade de fotoassimilados e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes, o que resulta em perda do viço, podendo mostrar sintomas de deficiência de nutrientes. Com o suprimento de água e nutrientes assegurado, a atividade fotossintética é intensificada, havendo expansão da área foliar e crescimento da muda. Após a plena adaptação das plantas no campo, segue-se uma fase de intenso crescimento e acúmulo de nutrientes, com elevadas taxas de absorção que se relacionam diretamente com a idade. Nesta fase, todos fotoassimilados sintetizados pela planta são canalizados para formação das copas (expansão da área foliar) e sistema radicular, principalmente raízes finas ou secundárias com função de absorção de água e nutrientes. O sistema radicular explora parcialmente o volume de solo e as árvores não competem entre si por fatores de crescimento como luz, água, nutrientes, sendo seu crescimento limitado pelas suas próprias condições fisiológicas. Neste estágio as respostas às fertilizações são muito comuns, com elevação das taxas de absorção de nutrientes e atividade metabólica dos componentes das árvores. Podem aumentar o tempo de retenção das folhas e a eficiência fotossintética por unidade de área foliar. Observa-se também uma elevação do conteúdo de nutrientes das folhas ou aumento de peso como compensação da maior absorção de nutrientes.

Após o fechamento das copas a ciclagem de nutrientes está estabelecida, tornando pouco provável a resposta à fertilização. Ocorrem pequenas variações das quantidades de nutrientes acumuladas, ora com elevação, ora com redução.

Gonçalves et. al.(2000), associaram esse comportamento às flutuações sazonais das condições ambientais que atuam sobre a estabilidade dos órgãos mais ativos e dinâmicos das árvores: folhas e raízes finas. Em plantações de eucaliptos, os picos de absorção de N e P ocorrem entre 2 a 4 anos após o plantio. Para o Pinus, estes picos ocorrem depois, entre 3 a 5 anos pós plantio, devido aos menores índices de crescimento inicial apresentados pelas espécies deste gênero. Nessa fase, o acúmulo de nutrientes ocorre com mais intensidade nos troncos, uma vez que a formação das copas atinge uma fase de relativa estabilidade, pois o auto-sombreamento impõe uma área foliar máxima limite. O acúmulo de resíduos na serrapilheira atinge o máximo, e a demanda de nutrientes das árvores é atendida por nutrientes, disponibilizados pela mineralização da mesma e pela retranslocação interna de nutrientes. Quanto mais intensos forem os processos de ciclagem de nutrientes menor é a dependência da árvore do suprimento de nutrientes obtidos diretamente do solo. Este padrão de comportamento varia com as espécies, condições climáticas, condições edáficas e manejo florestal.

Num povoamento florestal, as respostas à fertilização, com grandes incrementos de produtividade ocorre na fase de estabelecimento da floresta e decrescem com o passar do tempo, podendo ser mínimas ou inexistentes na época da colheita da madeira.

Com base em estudos, Gonçalves et. al.(2000), concluíram que muitos resíduos provenientes de indústrias alimentícias ou de áreas urbanas como o lixo orgânico ou o lodo de esgoto, os quais têm representado problemas graves de remoção e descarte, resultando em sérias agressões ecológicas ao ambiente, poderiam ser utilizados como fonte de matéria orgânica para plantações florestais ou reflorestamentos com espécies nativas.

Poggiani e Schumacher, (2000), comentam sobre a necessidade de ampliar e aprofundar estudos sobre a nutrição mineral e a ciclagem dos nutrientes em plantações florestais com espécies nativas, tendo em vista a implantação de reflorestamentos para recuperação de áreas degradadas ou mesmo o cultivo de essências nativas para produção de madeiras de lei.

As espécies arbóreas nativas adequadas para revegetar as áreas degradadas variam entre locais. Além das condições climáticas, também as condições edáficas são fatores restritivos para sua adaptação, visto que o sistema radicular pode encontrar, freqüentemente, barreiras físicas e características químicas desfavoráveis.

### **3. Eficiência na utilização de nutrientes**

Com relação à nutrição de espécies arbóreas nativas, a demanda por nutrientes varia entre espécies, estação climática e estágio de crescimento, e é mais intensa na fase inicial de crescimento das plantas. As espécies dos estádios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes relativamente às daquelas dos estádios sucessionais subsequentes, característica intimamente relacionada com o potencial de crescimento ou taxa de síntese de biomassa ( FURTINI NETO et al. 2000)

Espécies pioneiras e secundárias apresentam como estratégias de estabelecimento rápido crescimento inicial e posteriores reduções nos índices de crescimento, independentemente da disponibilidade de nutrientes.

Para Furtini Neto, et. al. (2000) pouco se avançou no conhecimento quanto aos efeitos e exigências de micronutrientes das espécies nativas. Estudos realizados por RENÓ et. al.(1997) e DUBOC (1994) , mostraram pequena ou falta de resposta a micronutrientes por espécies como Cedro ( *Cedrela odorata* ), Pau ferro ( *Caesalpinia ferrea* ) , Pau pereira ( *Geissospermum laeve*), Jatobá ( *Hymenaea courbari*) e Óleo de copaíba ( *Copaifera landesdorffi*.)

A diagnose foliar é um método que consiste em avaliar o solo usando a planta como extratora e mostra-se como uma das melhores formas de avaliação nutricional, pois as

folhas são os órgãos que refletem melhor o estado nutricional das plantas (MALAVOLTA, 1989), refletindo a translocação de nutrientes em concentrações nutricionais (BELLOTE e SILVA, 2004).

A nutrição das plantas envolve a absorção de vários elementos químicos, todos ou a grande maioria dos presentes na litosfera, necessários ou não para os processos bioquímicos essenciais das plantas (LARCHER, 2004), sua distribuição dentro da planta e utilização dos elementos essenciais no metabolismo e no crescimento (RAVEN et al. 2001; LARCHER, 2004). Sob deficiência mineral dos nutrientes considerados essenciais, as plantas têm seu crescimento limitado e seu desenvolvimento torna-se anormal (LARCHER, 2004, BEGON et. al. 2007).

Segundo Epstein e Bloom (2004), apenas cerca de 1,5% da matéria fresca das plantas é representada pelos elementos minerais, formada por macro e microelementos que são absorvidos do ambiente, principalmente do solo. Informações sobre exigências nutricionais de espécies florestais nativas são escassas na literatura (SORREANO et al., 2008), e os poucos estudos existentes são restritos apenas a algumas formações vegetais.

Reissmann et. al., citado por REISSMANN e WISNEWSKI (2000), observou através da análise dos coeficientes de correlação entre os nutrientes e o crescimento da altura dominante em espécies do gênero *Pinus*, que os nutrientes K, Mg e Zn se destacam de maneira expressiva.

Gonçalves et. al. (1992) observou em campo que as espécies pioneiras se apresentaram mais ativas na absorção e na eficiência do uso dos nutrientes do que as espécies secundárias e clímax.

Para a maioria das espécies vegetais, o crescimento é drasticamente reduzido tanto sob acidez quanto alcalinidade excessivas. As espécies florestais nativas apresentam grande variabilidade de comportamento em relação à acidez do solo, saturação por bases e por Al (VALE et.al. 1996).

Resultados obtidos por Furtini Neto et. al. citado por NETO, SIQUEIRA, CURI, e MOREIRA, (2000), confirmam a importância da toxidez por Al como componente da acidez do solo, principalmente em termos de crescimento radicular, em cultivos de espécies nativas .

Reno et. al., Faria et.al., Lima et. al. e Pereira et.al., (citados por FURTINI NETO et al. 2000), observaram reduções no crescimento inicial de espécies arbóreas nativas quando ocorreram omissões de nitrogênio nessa fase. Todas as espécies apresentaram incremento no crescimento com a aplicação de N, sendo que a forma N-  $\text{NO}_3^-$  apresenta crescimento superior à forma N- $\text{NH}_4^+$ . Stewart *et.al.*, (citado por FURTINI NETO et al. 2000), afirmam que as espécies arbóreas pioneiras têm preferência por  $\text{NO}_3^-$ , conforme observado em estudos com as espécies nativas.

As associações micorrízicas entre espécies arbóreas e fungos elevam a absorção de N e P principalmente em espécies leguminosas não nodulares, e se torna uma maneira de incrementar o crescimento de espécies florestais em programas de reflorestamento. Estudos revelam que plantas de espécies nativas micorrizadas apresentaram teores de N ate 2,6 vezes maiores devido a aplicação desse nutriente em comparação a plantas não micorrizadas , evidenciando a importância da micorriza para a nutrição nitrogenada de espécies arbóreas.

Segundo Furtini Neto et. al. (2000), a demanda de P (fósforo) está associada a diversos fatores, como tamanho e conteúdo de P das sementes , grau de desenvolvimento do sistema radicular, dependência micorrízica, taxa de crescimento e estágio de desenvolvimento da planta. Esses fatores têm estreita relação com a classe ecológica da espécie, concluindo-se que os níveis de suficiência de P no solo, para as espécies de crescimento rápido (pioneiras e secundárias iniciais), implica na aplicação de maiores quantidades de fertilizantes fosfatados na cova de plantio. O P propiciará um crescimento inicial vigoroso, com uma rápida cobertura da área, protegendo o solo e propiciando condições favoráveis ao estabelecimento das espécies dos grupos sucessionais subseqüentes.

Para as espécies de crescimento lento, como as secundárias tardias e clímax, sugere-se o fornecimento de uma menor dose de P solúvel. A adoção deste manejo da fertilização resulta numa substancial economia de fertilizantes, além de otimizar as relações custo/benefício.

De acordo com trabalhos desenvolvidos por SILVA et. al.(1997), todas as espécies pioneiras com exceção da cássia carnaval (*Sena spectabilis*), tiveram aumentos de crescimento com a aplicação de K (potássio), enquanto para as classes secundárias, apenas o cedro (*Cedrella fisillis*) e fedegoso responderam ao nutriente; as espécies clímax não foram responsivas.

De acordo com Pritchett e Fisher, (citado por NETO, SIQUEIRA, CURI, e MOREIRA, 2000) , as espécies florestais arbóreas são capazes de se desenvolver em locais com baixa disponibilidade de K trocável, mediante um eficiente sistema interno e externo de ciclagem deste nutriente.

Renó, (citado NETO, SIQUEIRA, CURI, e MOREIRA, 2000), constatou através de estudos que algumas espécies florestais apresentam na fase inicial de crescimento, elevada demanda nutricional em S (enxofre), ao contrário dos micronutrientes que mostraram falta de resposta para espécies como canafístula, cedro, pau-ferro e pau-pereira.

Segundo Malavolta et. al. (1997), o Boro atua na formação da parede celular, no aumento do tamanho das células e na translocação de polióis e os sintomas de deficiência e de toxidez do Boro na maioria das espécies estão restritos a sua mobilidade, considerada baixa ou muito limitada no floema.

#### **4. Adubação orgânica na produção de essências florestais**

A produção de mudas de espécies florestais em larga escala para plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas, recomposição de florestas e arborização urbana faz com que haja grande procura por alternativas que visam à redução dos custos de manejo dessas espécies. Atualmente existem no mercado adubos que são usados para produção de mudas no viveiro e pós-plantio. Produzir mudas resistentes, mais capacitadas a

sobreviver às adversidades encontradas no campo e uma boa adubação é uma das possíveis opções para minimizar as perdas pós-plantio.

Segundo Malavolta et. al. (2004), alguns adubos orgânicos são empregados em doses elevadas, toneladas por hectares, e são pobres nos elementos nutritivos como nitrogênio, fósforo e potássio. Valem especialmente pela matéria orgânica que, incorporada ao solo, se decompõe e forma húmus. Outros, mais concentrados, comportam-se de modo mais semelhante ao dos adubos minerais, funcionando como fonte de nitrogênio, fósforo, potássio e outros elementos.

Raij (1996) observou que os adubos orgânicos, além do fornecimento de nutrientes, destacam-se por um papel fundamental e mais importante, fornecimento de matéria orgânica para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Myers et. al. (1994) assinalam que a adição de material orgânico ao solo tende a apresentar um reflexo positivo no desenvolvimento do sistema radicular das árvores, favorecendo uma melhor sincronia entre a liberação de nutrientes pela serrapilheira e sua absorção pelas raízes finas.

A utilização do lodo de esgoto na área florestal tem sido bastante estudada. Os resultados variam em função da consistência do material e principalmente do seu grau de decomposição. Quando esse material passa por um processo adequado de compostagem tem as suas condições físico-químicas ajustadas e a desinfecção do produto pela morte dos patógenos, tornando o resíduo um ótimo adubo orgânico.

Embora alguns estudos acerca dos requerimentos nutricionais e respostas ao uso de nutrientes em espécies florestais já tenham sido conduzidos, a maioria deles foram realizados em casa de vegetação (DIAS e FARIA, 1992). Mesmo gerando resultados importantes sobre as exigências nutricionais e respostas das espécies à fertilização, estes têm aplicação restrita para recomendação da adubação no campo pelo fato de poucos estudos terem sido realizados nessas condições.

## **5. Lodo de esgoto**

### **5.1 Geração e disposição do lodo de esgoto**

A disposição de esgotos brutos no solo ou em corpos receptores naturais, como lagoas, rios, oceanos, é uma alternativa que foi e ainda é empregada de forma muito intensa em países em desenvolvimento como o Brasil. Segundo dados do IBGE, por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2004), no ano de 2000, o volume de esgoto coletado por dia era de 14.570.079 m<sup>3</sup>, desse montante, mais de 65% não passava por nenhum tipo de tratamento.

Os sistemas de tratamento de esgotos resultam, sem dúvida, em aspectos relevantes para o aumento da qualidade de vida da população, mas é fundamental a inclusão da gestão adequada dos resíduos gerados na estação. O lodo de esgoto é o resíduo sólido gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), e sua composição depende do tipo de tratamento empregado e das características das fontes geradoras (SANEPAR, 1997).

O índice de cobertura de coleta de esgotos do país é da ordem de 50% e apenas 25 % é destinado a algum tipo de tratamento, gerando 270 mil toneladas de lodo por ano ( expresso em matéria seca) nas estações de tratamento, das quais apenas 5 % são reutilizadas de forma adequada (CASSINI, 2003).

A quantidade de lodos produzidos tende a aumentar consideravelmente devido a criação de novas ETE, tendo em vista a ocorrência do crescimento dos grandes centros urbanos e o desenvolvimento de regiões, além da expansão da consciência ecológica entre a sociedade brasileira (MELO et al. 2001).

No Brasil, ainda não é difundida a experiência de incorporar resíduos de esgoto, lodo e efluentes, aos solos, porque ainda são poucas as cidades dotadas de estações de tratamento de esgotos (BETTIOL e CAMARGO, 2006).

O lodo de esgoto pode ser caracterizado como um material rico em matéria orgânica, com alto teor de umidade que possui concentrações elevadas de nitrogênio, possui fósforo e micronutrientes, e por esse motivo passa a ter grande importância como insumo

agrícola ( AISSE et al., 1994 ). A quantidade e qualidade do lodo produzido por uma ETE dependem da vazão de esgoto tratado, das características do esgoto, do tipo de tratamento e da operação da estação.

O lodo bruto (primário) é proveniente do processo de tratamento primário da Estação de Tratamento de Esgoto ( separação do material grosseiro, areia e argila ) e obtido por sedimentação e flotação, possui coloração acinzentada, é pegajoso, de odor ofensivo e facilmente fermentável. O lodo digerido (secundário) sofreu degradação biológica por digestão anaeróbia ou aeróbia, apresentando coloração escura e ausência do odor. O Quadro 2 apresenta parâmetros típicos de composição química dos lodos crus e digeridos.

**Quadro 2 : Composição química do lodo cru e digerido.**

Características	Lodo primário cru	Lodo digerido
Sólidos totais (ST) %	5,0	10,0
Sólidos Voláteis (% de ST)	65	40
Proteínas (% de ST)	25	18
Nitrogênio(% de ST)	4,0	4,0
Fósforo (% de ST)	2,0	2,5
Potássio(% de ST)	0,4	1,0
pH	6,0	7,0
Alcalinidade (mg $\text{CaCO}_3/\text{l}$ )	600	3000
Ácidos orgânicos ( mg/l)	500	200

Fonte : Adaptado de METCALF e EDDY, 1991

Para disposição ou uso seguro do lodo de esgoto, devem ser considerados três aspectos básicos : o nível de estabilização da matéria orgânica, a quantidade de metais pesados e o grau de patogenicidade ( CASSINI, 2003).

## 5.2 Estabilização do lodo de esgoto

A estabilização está relacionada à biodegradação de parte da matéria orgânica, redução de odores e do nível de microrganismos patogênicos.

Os processos de estabilização do lodo geram um material com elevado teor de umidade, tornando obrigatória sua desidratação, tendo em vista o transporte para destinação final.

Segundo Bettiol e Camargo (2000), a disposição final adequada do lodo de esgoto, é uma etapa problemática no processo operacional de uma estação de tratamento de esgoto. As práticas usuais de disposição do lodo de esgoto, como os “aterros sanitários e controlados” ou os despejos “a céu aberto”, são alternativas de custo elevado ou têm potencial para produzirem impactos ambientais indesejáveis. Se constituem, frequentemente, em focos de problema de saúde pública, pela contaminação das águas superficiais e subterrâneas, e pela proliferação de animais e insetos vetores de doenças (MORAES NETO et. al. 2007).

Como outras alternativas pode-se citar: disposição oceânica, lagoas de armazenagem, incineração, reuso industrial (produção de agregados leve, fabricação de tijolos, cerâmica e produção de cimento), conversão em óleo combustível, recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e de mineração) (BETTIOL e CAMARGO, 2006), landfarming, reciclagem agrícola e florestal. ( ANDREOLI et. al.1998).

A reciclagem agrícola é uma das alternativas para a disposição final do lodo de esgoto, que alia baixo custo e impacto ambiental positivo quando é realizada dentro de critérios seguros. Do ponto de vista ambiental, é a solução mais correta, pois promove o retorno dos nutrientes ao solo, colaborando para o fechamento do ciclo dos elementos. A regulamentação de uso agrícola do lodo deve estar condicionada a regras que definam a qualidade do material, cuidados na sua estabilização, desinfecção e normas de utilização, que incluam as restrições de uso.

A legislação da Agência de Controle Ambiental dos Estados Unidos ( United States Environmental Protection Agency – USEPA ), denominada de 40CFR 503 de 1996, contempla exigências específicas para lodos tratados, obtidos de sistemas públicos de tratamento de esgotos. A lei prevê restrições , baseadas na composição do lodo de esgoto e no seu tratamento referentes respectivamente à limitação na concentração de metais comumente encontrados nos lodos de esgotos e à necessidade de tratamento para redução de patógenos e de atratividade de vetores (STRAUS, 2000).

No sistema conhecido como landfarming ou tratamento no solo não há a utilização dos nutrientes e matéria orgânica do lodo para fins produtivos. O objetivo é a biodegradação do lodo pelos microrganismos presentes no perfil arável e a retenção de entre as diversas alternativas existentes para a disposição do lodo de esgoto, a utilizada para fins agrícola e florestal apresenta-se como uma das mais convenientes e é amplamente recomendada sua aplicação como condicionador de solo (efeito floculante/cimentante) ou fertilizante, uma vez que o lodo é rico em nutrientes e matéria orgânica (LAPERUTA NETO, 2006).

No Brasil os lodos para destinação agrícola são regulamentados pela Resolução CONAMA n° 375 de 29 de agosto de 2006, baseada na norma americana USEPA 40CFR 503, pela Norma ABNT 10004 de 31/05/2004 que classifica os Resíduos Sólidos e pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento, Pecuária e Abastecimento através da INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA n° 25, de 23 de julho de 2009, que aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se à questão dos metais pesados, agentes patogênicos e micropoluentes orgânicos.

A aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas é uma prática que requer uma fiscalização rigorosa dos órgãos ambientais.

### 5.3 Metais pesados

Metais pesados são elementos químicos metálicos cujas densidades são maiores que  $5,0 \text{ g/cm}^3$ . A presença de metais pesados não apenas exerce efeito negativo sobre o crescimento das plantas, mas também afeta os processos bioquímicos que ocorrem no solo (HATTARI e BROADVENT, 1991). Os metais pesados predominantes no lodo são: Cu, Ni, Cd, Zn, Pb e Cr. A maior ou menor concentração desses metais é função da maior ou menor participação de esgotos industriais (ANDRÉ, 1996).

Tsutiya (2001), relata que os metais pesados exercem efeitos negativos no crescimento das plantas e afetam os processos bioquímicos que ocorrem no solo, inibindo a decomposição do material orgânico adicionado ao solo, a mineralização do nitrogênio e a nitrificação. Para aplicação do lodo de esgoto no solo, devem ser levadas em consideração as concentrações máximas de metais em solos agrícolas e as cargas cumulativas máximas de metais em solos pela aplicação de lodos de esgoto. Os limites máximos de metais para aplicação do lodo de esgoto no solo são apresentados pela Resolução CONAMA nº 375 de 25 de Agosto 2006, baseada na Norma Norte Americana USEPA 40 CFR Part 503 (1997).

Petruzzelli et. al. (1985), concluíram, através de experimentos com mistura de composto e solo, que a quantidade de metal pesado biodisponível para absorção pelas raízes das plantas é somente uma pequena porcentagem do conteúdo total aplicado.

Alguns fertilizantes utilizados na agricultura, tanto orgânicos como inorgânicos, também possuem metais pesados em sua composição. Estercos de animais monogástricos também apresentam quantidades elevadas de Cu e de Zn, devido as rações fornecidas a esses animais conterem esses elementos em grande quantidade (ADRIANO, 1986).

No Quadro 3 estão apresentados os limites de metais pesados recomendados pela Norma USEPA 40 CF (1997) para o uso agrícola e os limites máximos recomendados pela Resolução CONAMA nº 375/06.

**Quadro 3: Concentração de metais pesados poluentes em lodo de esgoto.**

<b>LEGISLAÇÃO</b>	<b>Conc. em mg/Kg base seca – Limites máximos</b>								
	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>P</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Mo</b>	<b>Ni</b>	<b>Se</b>	<b>Zn</b>
<b>Norma USEPA 40 CFR Part 503</b>	<b>75</b>	<b>85</b>	<b>840</b>	<b>4300</b>	<b>57</b>	<b>75</b>	<b>420</b>	<b>100</b>	<b>7500</b>
<b>Resolução CONAMA Nº 375/06</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>300</b>	<b>1500</b>	<b>17</b>	<b>50</b>	<b>420</b>	<b>100</b>	<b>2800</b>

Fonte: USEPA 40 CFR Part 503 (1997) e Resolução CONAMA nº 375/06

#### **5.4 Patógenos**

Estão geralmente presentes no lodo de esgoto quatro grupos de organismos patogênicos: fungos, vírus, bactérias e helmintos. A porcentagem de patógenos encontrada no lodo é variável, pois está relacionada com as características da população e do tipo de tratamento do lodo.

Para utilização do lodo de esgoto como fertilizante orgânico, o mesmo deverá passar por um processo de desinfecção, dentre eles destacam-se o tratamento com cal, o uso de

radiações ionizantes, a compostagem e a vermicompostagem. O CONAMA (2006), classifica o lodo em classes, de acordo com seu conteúdo em coliformes fecais e *Salmonella*.

O Quadro 4 mostra as classes do lodo de esgoto em função da concentração de patógenos e os processos recomendados para redução dos microrganismos.

**Quadro 4 – Classificação do lodo em função da concentração de patógenos**

Lodo de esgoto	Critério de classificação
Classe A	Coliformes Termotolerantes < $10^3$ NMP/g de ST Ovos viáveis de helmintos < 0,25 ovo / g de ST <i>Salmonella</i> ausência em 10 g de ST Vírus < 0,25 UFP ou UFF / de ST

Fonte: CONAMA 375/2006

Os organismos patogênicos encontrados normalmente nos esgotos sanitários são pertencentes ao grupo dos fungos, vírus, bactérias e parasitos obrigatórios (helmintos, platelmintos e protozoários) Os microrganismos ficam adsorvidos às partículas sólidas em suspensão e tendem a se precipitar durante a fase de decantação, concentrando-se no lodo de esgoto. A densidade de microrganismos presentes nos lodos é variável, pois está ligada às características da comunidade geradora e ao tipo de tratamento a que foi submetido.

Para a sua disposição ao solo, o lodo deverá antes ser submetido a processos de tratamentos de redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores (CONAMA, 2006). Os processos de estabilização do lodo são utilizados para reduzir os níveis de microrganismos patogênicos e seus odores, podendo ocorrer por processos químicos, físicos e biológicos. Dentre as várias alternativas de tratamento de lodo de esgoto, visando à destruição de microrganismos patogênicos, a compostagem tem se mostrado como uma das mais eficientes.

A compostagem pode ser conduzida até a estabilização final do biossólido, ou ser interrompida após a fase termófila, na qual os patógenos já foram eliminados. Se conduzida até o fim, o material orgânico resultante estará estabilizado e parcialmente humificado, produzindo efeitos muito superiores sobre a estrutura e condicionamento dos solos. Quando interrompida após a fase termófila, no entanto, o material resultante, ainda “verde”, revela-se como melhor fonte de nutrientes e substrato para a atividade biológica, e, assim como o lodo caleado, atuará secundariamente como condicionador do solo, após a humificação de sua matéria orgânica (ANDREOLI et al. 2001).

Corrêa et. al. (2007), verificaram que um lodo de esgoto que apresentava, originalmente 4,7 ovos viáveis de helmintos por grama de matéria seca, com o processo de compostagem reduziu essa concentração para valores entre não detectáveis a 0,34 ovos viáveis de helmintos por grama de material seco, o representa uma eficiência de desinfecção entre 93 e 100%.

Os Quadros 5 e 6 apresentam os resultados da análise microbiológica e parasitológica do lodo de esgoto proveniente da ETE – Av. Brasil, antes da compostagem, utilizado como substrato para produção de mudas de essências nativas ( PADOVANI, 2006) e no presente trabalho para adubação de plantio de mudas de espécies nativas. Observa-se a presença de ovos viáveis e inviáveis, bem como cistos de protozoários.

**Quadro 5 : Parâmetros Microbiológicos encontrados no lodo de esgoto da ETE- Mogi Guaçu**

Contagem de Enterococos	NMP/g ST <sup>(2)</sup>	1,1 x 10 <sup>6</sup>
Pesquisa de Salmonella	Sp/25 g <sup>(3)</sup>	presença

Fonte: PADOVANI, 2006

**Quadro 6 : Parâmetros Parasitológicos encontrados no lodo de esgoto da ETE- Mogi Guaçu**

HELMINTO	MÉDIA		TOTAL
	viáveis	inviáveis	
Ascaris sp	0	0	0
Toxocara sp	0	0,10	0,10
Trichuris trichiura	0	0	0
Trichuris vulpis	0	0	0
Trichuroidea	0	0,10	0,10
Hymenolepis diminuta	0,10	0,30	0,40
Hymenolopis nana	0,10	0	0,10
<b>TOTAL GERAL</b>	0,20	0,50	0,70
PROTOZOÁRIOS			0,60

Número total Ovos Helmintos = 0,70 ovos de helmintos por grama de matéria seca.

Número de ovos viáveis = 0,20 ovos por grama de matéria seca.

Percentual de viabilidade = 28,6 %

### **5.5 Micropoluentes orgânicos**

O lodo de esgoto, quando oriundo de regiões industrializadas, pode apresentar compostos orgânicos complexos, entre os quais se destacam os do grupo das bifenilas policlorados (PCBs) e dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs). As bifenilas são substâncias organocloradas apolares, facilmente absorvidas pelas plantas e, por essa via, acabam por entrar na cadeia alimentar. No solo são muito estáveis, permanecendo inalteradas por muito tempo. Segundo Grossi, (citado por MELO, MARQUES, e MELO., 2001), os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos são resultantes da queima incompleta de

substâncias orgânicas e constituem fator de risco por serem carcinogênicas e bastante persistentes no solo.

Dentre as substâncias orgânicas que merecem atenção, estão os seguintes grupos:

- Agrotóxicos clorados: produtos usados como inseticidas e herbicidas, alguns dos quais têm seu uso proibido em muitos países;
- Derivados de benzeno: subproduto da combustão de óleo combustível e de madeira;
- Bifenil policlorados: são os PCBs oriundos da manufatura de produtos elétricos e químicos. são produtos que estão com seu uso proibido.
- Dioxinas e furanos: São subprodutos da síntese de pesticidas derivados do fenol. Um dos constituintes mais conhecidos é o 2,4 D, utilizado na agricultura como herbicida.
- Fenol : usado como desinfetantes.
- Pentaclorofenol : substância usada no tratamento químico da madeira, bastante persistente no ambiente.
- Benzeno, clorometileno, metiletilcetona, tetracloroetileno, triclorometileno, hexaclorobutadieno : são substâncias muito voláteis e que participam da composição de tintas.
- Cloreto de vinila, bis (2-etihexi)ftalato: substâncias que entram na composição de plásticos.

Lodos de esgoto contendo PCBs, furanos, dioxinas, para serem aplicados em solo agrícola, precisam ser submetidos a uma avaliação caso a caso pelo órgão ambiental (CONAMA, 2006).

## 5.6 Nutrientes

O interesse agrícola pelo lodo de esgoto está associado principalmente ao seu teor de nutrientes ( N, P e micronutrientes) e ao conteúdo de matéria orgânica.

Resultados de pesquisa e experiências práticas têm demonstrado os benefícios do uso controlado de lodo na agricultura, como melhora das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e conseqüentemente o aumento da produtividade, a melhoria na qualidade das colheitas e a redução dos custos.

Os lodos contêm matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Os macro nutrientes encontrados são nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Os micro nutrientes são cobre, zinco, manganês, boro, molibdênio e cloro. Esses nutrientes têm impacto direto no desenvolvimento e rendimento das plantas.

Segundo ANDREOLI et. al..(1997), dos três macronutrientes secundários cálcio, magnésio e enxofre, o primeiro é o que apresenta maiores concentrações em lodos que utilizam a cal como condicionamento, estando presente nos lodos essencialmente na forma mineral, mesmo em pequenas aplicações de lodos, pode suprir as necessidades de magnésio e enxofre da maioria das culturas agrícolas.

O trabalho de POGGIANI e GUEDES (2006), objetivou avaliar o efeito da aplicação do bio sólido sobre os teores foliares de nutrientes, em um povoamento jovem de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Foram aplicadas doses crescentes, até 40 t.ha<sup>-1</sup>, de bio sólido e adubação mineral. O bio sólido alterou, significativamente, os teores dos nutrientes nas folhas, exceto para o elemento Fe. Quantificados pelos autores, de maneira geral, a aplicação de bio sólido aumentou os teores de N, P, Ca e S nas folhas.

Dentre as vantagens econômicas do emprego do uso do bio sólido, para fins agrícolas e florestais, podem-se citar a redução ou mesmo eliminação da necessidade da aplicação de corretivos e fertilizantes minerais, principalmente do N, do P e do Zn, contudo a substituição total ou parcial dos corretivos e dos fertilizantes irá depender do tipo e da

dose do resíduo orgânico empregada e também da sua composição. (ABREU JUNIOR et al. 2005).

O lodo de esgoto não é uma boa fonte de potássio devido ao baixo teor encontrado , devendo-se realizar uma complementação com outra fonte do elemento para o sucesso de sua utilização na agricultura ( CRIPPS e MATOCHA, 1991; ROS et. al. 1993).

O teor de cálcio nos tecidos vegetais varia de 0,02 a 5% na matéria seca e o teor de magnésio nos tecidos vegetais varia de 0,002 a 2,5% na matéria (SARRUGE e HAAG, 1974 ). Foram observados aumentos graduais na disponibilidade de Ca e Mg pela aplicação de lodo de esgoto ao solo (SILVA et. al. 1998).

O lodo de esgoto, quando aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, normalmente atende às necessidades de micronutrientes exigidas pelas plantas. A Tabela 4 mostra os principais nutrientes encontrados nos lodos de diversas ETES do Brasil e de um modo geral pode-se observar que as quantidades de nitrogênio contido nos lodos de esgoto variam de 2,2 a 5,5 %, as concentrações de fósforo de 1,0 a 3,7 %, decorrentes do processo de tratamento da fase líquida e da fase sólida dos esgotos. As concentrações de potássio são pequenas porque esse elemento é altamente solúvel em água , durante o processo de tratamento de esgoto, fica contido no efluente líquido.

Na tese de mestrado de PADOVANI, (2006) foi utilizado o COLE como substrato para produção de mudas de árvores nativas. Antes do plantio das sementes de árvores nativas, foi realizado um teste preliminar com sementes de tomate, uma planta sensível às substâncias tóxicas para avaliação de fitotoxidez do substrato à base de COLE para as plantas. A variedade de tomate plantada foi a Santa Cruz Kada Gigante e na emergência, observou-se que o teor de lodo de esgoto não afetou a germinação. Foram estabelecidos 11 tratamentos diferentes com o COLE misturado com casca de arroz carbonizada e as testemunhas que utilizaram o substrato comercial Plantmax e esterco de curral curtido, os quais receberam as sementes de tomate.

Na avaliação final, ponto em que as mudas estariam prontas para o plantio no campo, observou-se que, à medida que se aumentou a dosagem de casca de arroz

carbonizada nos substratos houve diminuição da altura, comprimento de raiz, peso úmido e peso seco das mudas de tomate

As mudas que se desenvolveram nos tratamentos testemunhas esterco de curral e plantmax apresentaram boa qualidade e ótimas medidas dos parâmetros avaliados e citados acima. Desta maneira os tratamentos que contêm de 100 a 60 % de lodo de esgoto apresentaram os melhores resultados e qualidade das mudas, conforme pode-se observar na Figura 1.



Figura 1 : Mudanças de tomate cultivadas em substrato à base de COLE.

### 5.7 Matéria Orgânica

A matéria orgânica dos lodos favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, promovendo as condições físicas e estruturais ideais num solo. A matéria orgânica humificada apresenta propriedades importantes como a Capacidade de Troca Catiônica ( CTC ) que promove a adsorção de cátions para depois

cedê-lo às raízes das plantas ou solução do solo (KIEHL, 1998), a formação de quelados na adsorção e no transporte de elementos metálicos, reduzindo a mobilidade dos metais pesados e conseqüentemente a sua absorção pelas plantas, e a capacidade de retenção de nutrientes e água, devido a sua maior superfície específica.

O lodo de esgoto estabilizado é comprovadamente, um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo (JORGE et. al. 1991), sendo rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes presentes em menores quantidades (SILVA et. al. 1998), podendo ser beneficemente reciclado dentro de ambientes florestais (HENRY et. al. 1994).

Carvalho e Barral (1981) consideram o lodo de esgoto um fertilizante orgânico promissor dada a importância da reciclagem de nutrientes embutida nessa prática. A decomposição do lodo no solo produz agentes complexantes que facilitam a movimentação de fosfato combinados com ferro e alumínio, permitindo um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em decorrência da lenta liberação dos mesmos através do processo de mineralização da matéria orgânica. Dessa forma, a aplicação do lodo no solo causa um aumento de teor da matéria orgânica, melhora o nível de fertilidade, promovendo a diminuição da acidez potencial e o aumento gradual na disponibilidade de nutrientes como Ca, Mg e S.

Como fonte alternativa de matéria orgânica, o lodo de esgoto vem revelando-se um importante insumo agrícola, de interesse na recomposição de solos degradados, bem como na fertilização das culturas, de preferência aquelas que não são de consumo direto pelos seres humanos (CAMPOS E ALVES, 2008).

Alguns trabalhos têm demonstrado que a aplicação do lodo de esgoto pode resultar na recuperação das características físicas de solos degradados (MELO et. al., 2004; KITAMURA et. al. 2008; CAMPOS e ALVES, 2008).

O lodo de esgoto, quando aplicado em taxas suficientes para suprir as necessidades de nitrogênio, normalmente atende às necessidades de micronutrientes exigidas pelas plantas. O Quadro 7 mostra os principais nutrientes encontrados nos lodos de diversas

ETEs do Brasil e de um modo geral pode-se observar que as quantidades de nitrogênio contido nos lodos de esgoto variam de 2,2 a 5,5 %, as concentrações de fósforo de 1,0 a 3,7 %, a concentração de matéria orgânica varia de 40 a 70% dependendo do processo de tratamento dos esgotos.

**Quadro 7 – Principais parâmetros de valor agrônômico dos lodos produzidos em diversas ETEs do Brasil**

Estação Tratamento de Esgoto	Parâmetros									
	Nitrogênio total (%)	Fósforo (%)	Potássio (%)	Matéria orgânica (%)	Cálcio (%)	Magnésio (%)	Zinco (mg/Kg)	Cobre (mg/Kg)	Ferro (mg/Kg)	pH
Barueri (São Paulo – SP)	2,25	1,48	0,01	44	7,29	N.D.	990	348	15.117	11
Franca (Franca – SP)	5,53	0,93	0,26	65,2	2,0	0,22	1.560	160	11.995	6,3
Suzano (São Paulo – SP)	2,31	2,65	0,10	41	14,6	0,22	2.705	543	40.454	11,5
Lavapés (São José dos Campos – SP)	4,50	2,59	0,39	52,6	13,3	0,27	682	120	10.461	12,6
Bertioga (Bertioga – SP)	3,93	2,60	0,35	68,3	1,30	0,37	437,8	136,0	66.622	6,7
Humaitá (São Vicente- SP)	4,10	0,6	0,15	63,43	1,95	0,27	549,3	136,4	8.064	5,6
Bichoró (Mongaguá – SP)	4,84	2,89	0,10	71,35	0,63	0,24	555,7	231,3	69.348	3,9
Brasília (Brasília – DF)	5,5	3,0	0,35	52,5	4,5	0,35	N.D.	N.D.	N.D.	7,9
Belém (Curitiba – PR)	4,91	3,70	0,36	69,4	1,59	0,36	N.D.	N.D.	N.D.	5,9

N.D. – Não Disponível Valores em porcentagem (base seca).

Fonte: TSUTIYA ( 2001)

Campos e Alves (2008), constataram que o lodo de esgoto influenciou as propriedades físicas de Latossolo Vermelho degradado quando comparado ao solo exposto (sem tratamento para recuperação). Os tratamentos de recuperação proporcionaram maior quantidade de macroporos. Resultados semelhantes foram observados por Melo et al. (2004), os quais observaram que a incorporação de 50 t ha<sup>-1</sup> de lodo aumentou a macroporosidade na camada mais superficial do solo.

## **6. Compostagem**

Os resíduos orgânicos são utilizados na agricultura e confundidos com fertilizantes orgânicos, os quais se diferem dos primeiros pela transformação ou degradação da matéria orgânica em sais minerais assimiláveis pelas plantas (KIEHL, 1998).

O composto ou fertilizante orgânico pode ser obtido a partir de diversos resíduos, tais como: esterco de animais, capins, bagaço de cana, cascas de árvores, serragens, resíduos de agroindústrias e outros. Os resíduos urbanos como lixo e lodo de esgoto possuem características físicas e químicas adequadas para o desenvolvimento de plantas e recuperação de solos, mas necessitam ser tratados antes de sua utilização.

Segundo Kiehl (1985), a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhes deu origem. Como resultado da compostagem são gerados dois importantes componentes: sais minerais, contendo nutrientes para as raízes das plantas, e húmus, como condicionador, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Na natureza a estabilização dos restos orgânicos se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que eles se encontram. A técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a mineralização da matéria orgânica, além de promover a higienização de resíduos orgânicos contaminados por patógenos, eliminando-os através da elevação da temperatura durante o processo de fermentação.

A compostagem é uma alternativa natural e viável de tratamento do lodo de esgoto que, pelo efeito da elevação da temperatura, promove a desinfecção do resíduo, tendo como produto final um insumo de alto valor agrônômico (KIEHL, 1998).

### **6.1 Granulometria**

A granulometria ou dimensão das partículas é uma característica importante a ser considerada pois afeta o bom andamento da compostagem. A decomposição da matéria orgânica é um fenômeno microbiológico cuja intensidade está ligada à área de exposição ou superfície apresentada pelo material; isto quer dizer que, teoricamente, quanto menor a partícula da matéria orgânica, maior a superfície de exposição e mais rápida será sua decomposição; a redução mecânica das dimensões das partículas poupa o desempenho dos microrganismos, os quais ao decomporem a matéria orgânica realizam duas alterações: a primeira é a demolição física, reduzindo-a a dimensões minúsculas ditas coloidais; a segunda alteração é a decomposição química, alterando a composição da matéria orgânica.

Preparando-se a matéria-prima de maneira que sua granulometria fique distribuída dentro das dimensões recomendáveis (1 a 5 cm) pode-se, em certos casos, dobrar a velocidade de decomposição.

### **6.2 Relação Carbono/Nitrogênio**

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento microbiológico, já que a atividade dos microrganismos heterotróficos, envolvidos no processo, depende tanto do conteúdo de C para fonte de energia, quanto de N para síntese de proteínas (SHARMA et. al. 1997).

A relação Carbono/Nitrogênio tem influência direta no tempo de compostagem, pois durante o processo de decomposição da matéria orgânica os microrganismos absorvem carbono e nitrogênio, eliminam o carbono na atmosfera na forma de dióxido de carbono, assimilam o restante do carbono, imobilizando e incorporando-o no protoplasma das células. O nitrogênio é reciclado entre as células microbianas até a eliminação total do carbono na forma de gás carbônico.

Em resumo, observa-se que relações muito altas (acima de 50/1) indicam deficiência de nitrogênio e tempo de maturação do composto mais prolongado e relações muito baixas (abaixo de 10/1) podem promover perda de nitrogênio por volatilização na forma de amônia.

Na prática, a relação carbono/nitrogênio inicial mais favorável, de um resíduo orgânico ou da mistura destes, deverá apresentar os valores de 26/1 a 35/1. Quando vamos preparar a mistura de resíduos para o início da compostagem, é possível misturá-los de maneira a melhorar a relação C/N, conhecendo-se as relações dos materiais a serem empregados no processo e realizando o balanceamento da relação C/N da mistura.

O lodo de esgoto não possui características que o tornam um resíduo capaz de ser compostado sozinho. É necessário misturá-lo com outro resíduo, de características complementares, para que a mistura, racionalmente determinada, apresente as condições ótimas para a compostagem.

Os agentes estruturantes, ou resíduos estruturantes, têm a função de conferir integridade estrutural à mistura a ser compostada, absorver o excesso de umidade e equilibrar a relação C/N da mistura (FERNANDES, 1996).

Efetuada o controle de qualidade dos resíduos a serem compostados, o passo seguinte é a determinação das proporções de combinação entre os resíduos. Os dois principais parâmetros a serem ajustados são a umidade e a relação C/N. O cálculo pode ser feito de maneira simples tomando por base que a relação C/N da mistura final é a razão entre o total de carbono presente na mistura e o total de nitrogênio.

### **6.3 Umidade**

A umidade é indispensável para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo que a considerada ideal para a compostagem varia entre 50 e 60% (RODRIGUES et. al. 2006). RICHARD et. al. (2002) afirmam que materiais com 30% de umidade inibem a atividade microbiana, sendo que um meio com umidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes.

## **6.4 Dimensões e formas das pilhas**

Dos sistemas de compostagem existentes, o de leiras revolvidas é o mais simples. A mistura do resíduo orgânico e resíduo estruturante é disposta em longas leiras que são periodicamente revolvidas.

As leiras podem ser aeradas por meio de revolvimentos manuais ou mecânicos, fazendo com que as camadas externas se misturem às internas, que estão em decomposição mais adiantada (KIEHL, 1985; PEREIRA NETO, 1994; SILVA et al., 2001). RICHARD et. al. (2002) afirmam que as concentrações de oxigênio acima de 10% são consideradas ótimas para a manutenção da compostagem em condições de aerobiose.

A altura e seção das leiras dependem do resíduo estruturante e do método de construção da leira, sendo as pilhas com 2,0 a 2,5 metros de largura por 1,5 a 1,8 metros de altura as mais comuns e que apresentam resultados comprovados.

## **6.5 Aeração**

A aeração é o fator mais importante a ser considerado no processo de decomposição da matéria orgânica (PEIXOTO, 1988), sendo classificado como o principal mecanismo capaz de evitar altos índices de temperatura durante o processo de compostagem, de aumentar a velocidade de oxidação, de diminuir a liberação de odores e reduzir o excesso de umidade de um material em decomposição (PEREIRA NETO, 1994; KIEHL, 2004).

A decomposição da matéria orgânica pode ser realizada em ambiente aeróbio ou anaeróbio. A compostagem de resíduos orgânicos deve ser feita em ambiente aeróbio, pois com abundância de ar a decomposição, além de mais rápida e melhor conduzida, não produz mau cheiro nem proliferação de moscas, o que constitui um fator estético para o local e recomendável para a saúde pública.

Os microrganismos aeróbios necessitam de oxigênio para o seu metabolismo, o consumo de oxigênio depende, principalmente, da temperatura, da umidade, da granulometria e da composição química da matéria-prima, bem como da intensidade dos revolvimentos.

Há uma relação ideal entre a porosidade e o conteúdo de água do composto, de maneira geral, considera-se que o bom parâmetro para resíduos a serem compostados está entre 30 e 36% da porosidade total (cerca de um terço do volume total) e 55 e 65%, em peso, de água.

A fonte de oxigênio para os microrganismos é o ar aprisionado nos poros do material. Assim sendo, quanto maior a porosidade (principalmente a macroporosidade), maior será o fornecimento de oxigênio para os organismos que nele habitam.

## **6.6 Microrganismos**

A conversão da matéria orgânica crua, biodegradável, ao estado de matéria orgânica humificada, realizada pela compostagem, é um processo microbiológico operado na natureza por microrganismos, classificados como bactérias, fungos e actinomicetos, principalmente. De acordo com Miller (1992), durante a compostagem há uma sucessão de microrganismos que variam conforme a influência de determinados fatores, como a substância química da matéria-prima, a quantidade de água, a disponibilidade de oxigênio (governada pela aeração que dá à massa), a temperatura (selecionando os microrganismos mesófilos e termófilos), a relação carbono/nitrogênio e o pH. Certos organismos multiplicam-se mais rapidamente na fase de fermentação. Digerida a substância química responsável pelo aumento de determinada população de microrganismos e alterando-se também alguns dos fatores citados, tais organismos vão morrendo e cedendo lugar para uma nova e diferente população, a qual passará a dominar a massa. Havendo bom arejamento da pilha de composto verifica-se que os principais organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, as bactérias, os fungos e os actinomicetos, multiplicam-se espantosamente por toda a massa.

As pesquisas demonstraram que os organismos como fungos e bactérias que atuam na compostagem predominam nas pilhas do composto em temperaturas que variam de 45° a 60° C.

## 6.7 Temperatura

A temperatura é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos, a qual é diretamente afetada pela taxa de aeração (PEREIRA NETO, 1988).

O desenvolvimento da temperatura na leira de composto está relacionado com vários fatores responsáveis pela geração de calor, como microrganismos, umidade, aeração, granulometria da matéria – prima, etc. A temperatura é considerada uma consequência desses fatores acima apontados e não sua causa.

As altas temperaturas são consideradas desejáveis pelo fato de destruírem sementes de ervas más e organismos patogênicos, os quais são pouco resistentes a temperaturas em torno de 50 a 60°C por certo período de tempo.

As faixas de temperatura que definem a predominância de determinados grupos de organismos podem ser classificadas em criófilas, mesófilas e termófilas. A compostagem deve-se dar nas faixas mesófilas e termófilas, pois quanto maior o calor, mais rápida se torna a decomposição. Considera-se uma ótima faixa para a compostagem a que vai de 50 a 70°C, sendo 60°C a mais indicada . O Quadro 7 mostra as temperaturas consideradas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias em graus Celsius.

### **Quadro 8: Faixas de temperatura nas diferentes fases do processo de compostagem**

<b>Bactéria</b>	<b>Mínima</b>	<b>Ótima</b>	<b>Máxima</b>
<b>Termófila</b>	<b>25 a 45°C</b>	<b>50 a 55°C</b>	<b>85°C</b>
<b>Mesófila</b>	<b>15 a 25°C</b>	<b>25 a 40°C</b>	<b>43°C</b>

Fonte: ISWAPWA (1970)

Segundo KIEHL (1985), há autores que consideram como melhor faixa a que vai de 50 a 60°C; temperaturas acima de 70°C são consideradas desnecessárias ou mesmo desaconselháveis por longos períodos pois restringem o número de microrganismos que conseguem viver nelas , podendo insolubilizar as proteínas hidrossolúveis, provocar

alterações químicas indesejáveis e desprendimento de amônia, principalmente quando o material possui baixa relação C/N. A prática demonstrou que se pode estabelecer uma relação aproximada entre a temperatura do processo de compostagem e o grau de decomposição quando tudo correr normalmente, isto é, quando a temperatura não baixar por falta de água ou por encharcamento.

Considera-se que após a fase termófila o composto deve estar semicurado ou bioestabilizado e, após a nova fase mesófila, quando se esfriar, estará completamente curado ou humificado. A bioestabilização e a humificação devem ser confirmadas por testes rápidos de controle da decomposição.

Para uma boa condução do processo de compostagem é fundamental o controle de alguns parâmetros do processo, como a umidade, a temperatura e o pH, além de análises químicas para determinação das concentrações de metais pesados e nutrientes e análises microbiológicas.

Os principais testes rápidos para acompanhar o grau de decomposição do composto e que podem ser realizados no campo são: alteração das características (Redução do volume, coloração e aspecto, odor e umidade reduzida); teste de vara de madeira (avaliação do grau de maturidade do composto); teste de temperatura (acompanhamento da temperatura, medida a 40 a 60 cm de profundidade); teste dos colóides (Através de amoníaco ou teste da mão); teste do pH e teste do sulfeto. A compostagem corretamente conduzida destrói os ovos, larvas e microrganismos patogênicos existentes no lodo de esgoto, como mostra o Quadro 8 .

**Quadro 8: Temperatura e tempo para destruição de patógenos**

<b>ORGANISMOS</b>	<b>Temperatura e tempo para destruição</b>
<i>Salmonella typhosa</i>	Não se desenvolve acima de 46°C; morre dentro de 30 minutos entre 55 e 60°C.
<i>Salmonella spp</i>	Morre dentro de uma hora a 55° C e dentro de 15 a 20 minutos a 60° C.
<i>Shigella spp</i>	Morre dentro de uma hora a 55° C
<i>Escherichia coli</i>	Morre dentro de uma hora a 55° C ou dentro de 15 a 20 minutos a 60° C.
<i>Entamoeba histolytica (cistos)</i>	São destruídos a 68° C
<i>Taenia saginata</i>	Morre dentro de 5 minutos a 71° C
<i>Trichinella spiralis (larvas)</i>	A infestação é reduzida em uma hora de exposição a 50°C, morrendo a 62° - 72°C.
<i>Necator americanus</i>	Morre dentro de 50 minutos a 45°C.
<i>Brucella abortus ou B. suis</i>	Morrem dentro de 50 minutos a 45°C.
<i>Micrococcus pyogenes</i>	Morrem dentro de 10 minutos a 54°C.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Morrem dentro de 15 a 20 minutos a 66°C.
<i>Ovos de Ascaris lubricoides</i>	Tornam-se inviáveis dentro de 50 minutos a 50° C

Fonte: UNIVERSITY OF CALIFORNIA (1953)

## IV. MATERIAIS E MÉTODOS

### 1. Localização e Descrição do Experimento

O experimento foi conduzido e desenvolvido em área do município de Mogi Guaçu, São Paulo, localizada junto à Estação de Tratamento de Esgoto, o qual se apresenta nas coordenadas UTM 75524,737 KN e 298,036 KE, 23° Latitude, Datum WGS-84, com altitude em torno de 593 metros metros. Segundo Köeppen, o clima é Cwa (verão chuvoso e inverno seco) com temperatura média anual de 22° C.

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi obtido junto à ETE - Av. Brasil – Mogi Guaçu – SP. Este material é originado do processo de lodos ativados por aeração prolongada utilizado para o tratamento de esgoto sanitário do município. A estação apresenta uma produção diária média de 1000 kg de lodo e umidade em torno de 80%. No processo de desidratação do lodo de esgoto é utilizado cloreto férrico e um polímero adicionado à massa do lodo, o qual passa pela centrífuga para retirada da água.

Uma visão geral da estação de tratamento de esgoto e da área onde foi desenvolvido o trabalho está ilustrada nas Figuras 2, 3, 4 e 5.



Figura 2: Vista geral da ETE



Figura 3: Vista das instalações de desidratção do lodo de esgoto



Figura 4: Área do experimento



Figura 5: Área do experimento e vista da portaria ETE aos fundos

O local possui solo classificado por OLIVEIRA et. al., 1999, como um Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico Álico, A moderado ou proeminente, textura indiscriminada. Unidade Campininha- LVc. Relevo plano com declividade menor que 2%; os materiais de origem deste solo são sedimentos aluvionais e a vegetação original é a floresta estacional semidecidual e o cerrado. Em decorrência da origem fluvial esses solos apresentam textura bastante variada tanto horizontal como verticalmente, sem haver, contudo, variações texturais muito acentuadas. Segundo Oliveira et. al.( 1999), os solos dessas Unidades situam-se em cotas suficientemente elevadas para ficarem atualmente a salvo de adições aluviais e em virtude de sua origem podem apresentar estratificação do material, aparente ou não, dentro da profundidade normalmente atingida pelo trado (120 cm) e presença de minerais primários intemperizáveis, especialmente micas, porém em quantidades compatíveis com o conceito de Latossolo.

Os solos da Unidade Campininha são profundos e de fácil preparo para o plantio, porém apresentam sérias limitações quanto à fertilidade, pois são essencialmente álicos ou distróficos, requerendo, portanto, aplicação de corretivos e fertilizantes.

Corrigidas estas limitações, são solos que apresentam aparentemente bom potencial agrícola, pastoril e florestal. Sua topografia praticamente plana permite completa mecanização e não oferece limitações quanto a erodibilidade. A cor com matriz mais amarelo que 7,5 YR e a presença de mosqueados em profundidade sugerem a presença de franja capilar, que pode ser importante no fornecimento da água às plantas permanentes nos períodos de veranico.

## **2. Caracterização física e química do solo**

Foram realizadas as análises físicas : granulométrica, Capacidade de campo e Ponto de Murcha Permanente e análises químicas: fósforo-resina ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ), matéria orgânica ( $\text{g.dm}^{-3}$ ), índice de acidez ( $\text{pH CaCl}_2$ ), potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial (H +Al) e alumínio (Al), soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e micronutrientes.

### **2.1 Caracterização física**

Método de ensaio para análise granulométrica: CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. e VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, IAC, 2009. 94 p. (B. técnico, 106), Resolução CONAMA 344/04.

### **2.2 Caracterização química**

A amostra de solo foi submetida à análise química para determinação dos teores de Macronutrientes: pH- Acidez ativa ( $\text{CaCl}_2$ ); H+Al- Acidez potencial (Tampão SMP); P- Fósforo (Resina), K- Potássio (Resina), Ca- Cálcio (Resina) e Mg- Magnésio (Resina); MO- Matéria orgânica (Fotométrico); CTC- Capacidade de troca de cátions (Cálculo); SB- Soma de bases (Cálculo); V- Saturação por bases (Cálculo); Alumínio – Al ( Cloreto de potássio 1 mol/l) ); Enxofre (S) enxofre trocável (fosfato de cálcio) e de Micronutrientes: B- Boro (água quente); Cu- Cobre (DTPA); Fe- Ferro (DTPA); Mn- Manganês (DTPA); Zn- Zinco (DTPA) . Método de análise: Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

### 3. Caracterização química dos resíduos

#### 3.1 Caracterização do Lodo de Esgoto

A amostra de lodo de esgoto foi submetida à análise química para determinação dos teores de metais pesados, macro e micronutrientes, sólidos voláteis, pH e umidade, realizadas no laboratório de Análise de Solo do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) – Centro de Solos e Recursos Ambientais, o qual utilizou os métodos de ensaio descritos abaixo.

Para umidade e sólidos voláteis : perda de massa a 60° a 500 ° C, respectivamente.

Para metais : US-EPA, SW-846, método 3051, com determinação por fotômetro de chama para Na e K e para os demais metais determinações por ICP-AES.

Para nitrogênio total: método Kjeldahl segundo métodos descritos em RAIJ et. al., (editores), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais”, 2001.

Para nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito: destilação por arraste a vapor

Para carbono orgânico : digestão com dicromato e determinação volumétrica, segundo métodos descritos em RAIJ *et al* (2001), “ Análise química para avaliação da Fertilidade em Solos Tropicais”.

Para pH, determinação em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo:água), segundo métodos descritos em “ de ANDRADE, J.C.; DE ABREU, M.F. (editores), Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais, Editora IAC, Campinas, 2006, 178 p . “

### **3.2 Caracterização do resíduo estruturante**

O resíduo estruturante escolhido é um resíduo vegetal obtido da roçagem de gramíneas das áreas verdes e jardins da Faculdade Municipal Franco Montoro, constituído principalmente de capim brachiaria e grama batatais, o qual foi submetido à análise para caracterização química realizada pelo laboratório de Análise de Solo do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) – Centro de Solos e Recursos Ambientais, através do método de digestão nítrico-perclórico.

A análise quantitativa do teor de umidade do resíduo estruturante foi realizada no laboratório de análises de solos da FMPFM pelo método de peso constante, seco em estufa a 65° C.

## **4. Compostagem do Lodo de Esgoto**

Kiehl (2004) afirma que a compostagem é um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, compreendendo uma fase inicial rápida mesofílica, que se caracteriza por células microbianas em estado de latência, porém com uma intensa atividade metabólica, apresentando uma elevada síntese de DNA de enzimas (CORRÊA, 2003).

O método escolhido para higienização do lodo de esgoto foi a compostagem, a qual foi realizada segundo metodologia de KIEHL (1998), pelo sistema de leiras revolvidas. O lodo teve sua umidade inicial 82,5% reduzida para 65% pela sua disposição em leira em pátio aberto por um período de 15 dias e posteriormente misturado com o resíduo estruturante formado por restos de capim cortados das áreas verdes do município.

O teor de umidade deste resíduo (restos de capim), após coleta, foi analisado no Laboratório de Solos da FMPFM - Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, em Mogi Guaçu, pelo método da estufa a 65° C até peso constante, obtendo-se um valor médio de 12%. Uma amostra do resíduo foi enviada para o Centro de Solos e Recursos Agroambientais do IAC para análise do teor de carbono e nitrogênio.

O processo foi realizado no aterro municipal de Mogi Guaçu, em área onde não havia risco de contaminação de solo ou águas subterrâneas por lixiviados, devido ao sistema de drenagem e tratamento dos chorumes gerados no local. Uma vista geral do lodo de esgoto e do resíduo estruturante antes da mistura para a compostagem, é mostrado na Figura 6.



Figura 6: Lodo de esgoto e resíduo estruturante

Fonte: autor, 2009

A compostagem do lodo de esgoto utilizou o sistema de leiras revolvidas a céu aberto, com pilhas com 1,5 metros de altura por 1,8 metros de largura. A pilha foi revolvida duas vezes por semana no primeiro mês, reduzindo-se os revolvimentos para uma vez por semana no mês seguinte e quinzenalmente nos meses subsequentes. A temperatura foi medida diariamente e a umidade semanalmente.

Após o término da compostagem, que durou em torno de 120 dias, o COLE foi peneirado ( peneira crivo 50 mm) para retirada de material grosseiro não compostável existente na mistura como plástico, borracha, arame entre outros.

## 5. Análises microbiológica e parasitológica do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE).

A análise microbiológica do lodo de esgoto foi realizada após a compostagem do mesmo, pelo CEPPA – Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, Paraná, o qual avaliou a concentração de coliformes fecais <sup>1</sup>, o número de *Enterococos* <sup>2</sup> e a presença de *Salmonella* <sup>3</sup>, utilizando as seguintes metodologias:

1 US Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology – Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge ( including domestic sewage). Under 40 CFR Part 503. Appendix F: Sample preparation for fecal coliform test coliform test and *Salmonella* sp analys, p.137, EPA/625/R-92/013, 2003.

2 HIGASKINO/C.E.K *et AL*. Determinação de coliformes fecais em amostras de lodo de esgoto por fermentação em tubos múltiplos.In: SANEPAR. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba, 1998.p.51-58 ( adaptado).

3 ANDRAUS, Sumaia *et al* . Pesquisa de *Salmonella* spp em amostras de lodo de esgoto e solo : isolamento e identificação. In: SANEPAR. Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto. Curitiba, 1998. p.59-61.

A análise parasitológica foi realizada pelo Laboratório de Parasitologia Molecular da Universidade Federal do Paraná, para pesquisa e estudo de viabilidade de ovos de Helmintos e utilizou a metodologia descrita em TOMAZ SOCCOL V., CASTRO E.A., PAULINO R. In: SANEPAR, Manual de Métodos para Análises Parasitológicas em Reciclagem de lodo, Curitiba, 2000, p.27-41.

A análise físico-química do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) foi realizada pelo CEPPA – Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, Paraná, segundo REFERÊNCIA TOTAL, Fixed, and Volatile Solids and Semisolid Samples. In: STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>th</sup> Ed. Washigton: APHA; AWWA; WEF . 2005. p.2-60-61 ( Method 2540 G).

## 6. Mudanças de árvores selecionadas

As mudas de árvores nativas utilizadas no experimento foram produzidas em substrato à base de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e em substrato à base de esterco de curral curtido. As figuras 7 e 8 ilustram as mudas produzidas e armazenadas no viveiro municipal instalado na Faculdade Municipal Professor Franco Montoro.



Figura 7: Vista geral das mudas produzidas em substrato a base de COLE

Fonte: Autor, 2009



Figura 8: Vista geral das mudas produzidas em substrato a base de esterco de curral curtido.

Fonte: Autor, 2009

A escolha das espécies foi em função da disponibilidade de sementes na época do plantio. As sementes foram coletadas de matrizes selecionadas pelo viveiro da Faculdade Municipal Professor Franco Montoro e estão localizadas no município de Mogi Guaçu. As espécies selecionadas e as principais características (LORENZI, 1998) são apresentadas a seguir:

**a) Grupo das pioneiras**

Espécie: *Platypodium elegans* (Amendoim bravo)

Família : Leguminosae

Planta semidecídua, heliófita, seletiva xerófita, característica de áreas de transição do cerrado para a floresta semidecídua. É também esparsamente encontrada em terrenos altos da floresta pluvial atlântica.

Floresce a partir de meados de setembro, prolongando-se até novembro. Os frutos amadurecem nos meses de setembro-outubro, permanecendo por mais algum tempo sobre a árvore.

**b) Grupo das secundárias:**

Espécie: *Pterocarpus violaceus* (Aldrigo)

Família: Leguminosae

Planta perinifólia, heliófita, aparentemente indiferente às condições físicas do solo, característica da floresta pluvial da encosta atlântica. É encontrada tanto na floresta primária como nas formações secundárias. Ocorre desde o sul da Bahia, Minas Gerais até o Paraná.

Floresce a partir de meados de outubro, prolongando-se até início de dezembro. A maturação dos frutos ocorre durante os meses de maio-julho, entretanto permanecem na árvore por mais alguns meses.

**c) Grupo das clímax:**

Espécie: *Poecilanthe parviflora* (Coração de negro)

Família: Leguminosae

Planta perenifólia esciófita ou heliófita, característica da floresta latifoliada. Ocorre no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná até Rio Grande do Sul.

Floresce durante os meses de outubro-novembro. A maturação de seus frutos verifica-se nos meses de junho-julho.

## 7. Instalação do experimento

Foram estabelecidos quatro tratamentos representados por quatro dosagens de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE), a saber:

T1 – Dosagem de 0,0 Kg /cova (Testemunha)

T2 – Dosagem de 2,0 Kg/cova;

T3 – Dosagem de 4,0 Kg/cova;

T4 – Dosagem de 8,0 Kg/cova;

As dosagens de aplicações encontram-se dentro dos limites permitidos pela CONAMA 375/06, com relação ao teor de metais pesados.

As diferentes doses de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) foram aplicadas nas covas de plantio de três espécies de árvores nativas diferentes (*Platypodium elegans*, *Pterocarpus violaceus* e *Poecilanthe parviflora*), produzidas em dois tipos de substratos diferentes (COLE e esterco de curral curtido).

As mudas das espécies selecionadas foram plantadas em parcelas compostas por cinco plantas com espaçamento de 2,0 m x 2,0m (quatro plantas na bordadura e uma no meio). Para cada dosagem de COLE foram estabelecidas quatro parcelas de mudas com cinco plantas cada uma, totalizando 16 parcelas de plantas para cada espécie estudada. A área total do experimento é 1568 m<sup>2</sup>, sendo a metade dessa área para mudas produzidas em substrato à base de COLE e a outra metade para mudas produzidas em substrato à base de esterco de curral, segundo recomendação de IGUE e LASCA (1986). A marcação das covas foi feita com uso de régua, obedecendo-se o espaçamento de 2,0 m x 2,0 m entre as árvores do entorno da parcela e de 2,0 m entre cada parcela.

## **8. Delineamento experimental e análise estatística do experimento**

O delineamento experimental é de parcelas subdivididas no tempo com blocos casualizados, com cinco repetições por tratamento, utilizando três espécies de árvores diferentes produzidas em substrato à base de COLE e de esterco de curral curtido, com três dosagens diferentes do COLE e uma testemunha.

Cada parcela de 2,0 m x 2,0 m comportará 5 plantas, formando uma figura geométrica segundo modelo “quinconcio”, obtendo-se uma área útil de 36m<sup>2</sup>. As medidas das mudas da bordadura serão descartadas e somente os resultados da planta do meio (5) serão utilizados no programa de estatística, atendendo as quatro repetições mínimas necessárias para aplicação dos testes.

A Figura 9 mostra o exemplo da distribuição no campo das mudas para uma espécie selecionada e suas parcelas com as diferentes doses de COLE e testemunha. Cada bloco é formado por quatro parcelas, distribuídas ao acaso. O esquema foi repetido para as três espécies de árvores estudadas produzidas em substrato à base de COLE e também para as produzidas em substrato à base de esterco de curral.



Figura 9: Esquema de distribuição das parcelas ( 16 ) e seus respectivos tratamentos para uma espécie.

Utilizou-se o software SISVAR para processamento dos dados. O teste F foi aplicado. Quando constatada interação significativa, as médias foram testadas dentro de doses, por modelos de regressão polinomial de 1º, 2º ou 3º grau e dentro de períodos através do teste de Tukey a  $P \leq 0,05$ .

## **9. Parâmetros a serem avaliados**

Foi avaliado o efeito do composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) no crescimento das mudas de árvores nativas a cada seis meses, durante 24 meses após o plantio das mudas.

### **9.1 Análise quantitativa de crescimento**

Foram medidas semestralmente durante um período de dois anos a altura das plantas e o diâmetro do fuste a 10 cm do solo, utilizando-se régua especial e paquímetro digital STREET (0-15mm). A primeira medição foi realizada em Dezembro/09, quando foi realizado o plantio das mudas e a última em Dezembro/11.

### **9.2 Análise química do tecido vegetal**

Foi realizada nas espécies, para todos os tratamentos aos 36 meses após o plantio, análise química das folhas para determinação da concentração dos macronutrientes e micronutrientes, pelo Laboratório de Análise de Plantas – Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo através do método de digestão nítrico-perclórico. As folhas foram coletadas nas porções inferiores da copa e na parte superior.

## **10. Plantio das mudas**

O plantio foi condicionado às condições meteorológicas da região, e foi realizado em 12 de Dezembro/09 imediatamente após dias chuvosos.

As áreas foram percorridas na sua totalidade para destruição dos formigueiros, os quais foram localizados pelas manchas no terreno, por carreadores, montículos, resíduos, olheiros, etc. O combate foi feito com isca granulada, à base de Sulfuramida respeitando-se todas as normas técnicas usuais para aplicação de formicida.

As mudas estavam plantadas em sacos plásticos de 2 litros, e as covas foram feitas manualmente com dimensões de 40x40x40 cm. Foram utilizados baldes plásticos com as medidas de peso de 2,0 kg, 4,0 kg e 8,0 kg de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) para a colocação do mesmo no fundo das covas de cada parcela demarcada por fitilho e placas de identificação com respectiva dosagem do composto. As testemunhas (dosagem 0,0 kg COLE) não receberam o composto orgânico de lodo de esgoto. Foi realizada a separação das terras de superfície e de fundo para adoção de sua inversão na ocasião do plantio e a distribuição das mudas nas covas seguiu o ritmo do plantio, procurando efetivamente realizar o plantio de todas as mudas no mesmo dia. O procedimento de transporte e distribuição das mudas, foi realizado de modo cuidadoso afim de evitar traumatismo e perda das mesmas.

No ato do plantio, foi feita a retirada total do recipiente procurando-se evitar o destorroamento, e as mudas foram colocadas na cova, sobre uma pequena porção de terra já misturada ao composto orgânico de lodo de esgoto (COLE). A seguir, foi juntada terra ao redor da muda, compactando-a de modo a formar um torrão até se completar o volume da cova. O colo da muda ao final do plantio, ficou em concordância com a superfície do terreno, ficando o substrato original do recipiente recoberto por uma pequena camada de terra.

O excesso de terra retirada das covas, foi disposto em “coroa” ao redor da muda, em um raio mínimo de 30 cm, propiciando um melhor armazenamento da água das chuvas.

Logo após o plantio as mudas foram estaqueadas para sua maior proteção e correta condução. A estaca utilizada era de bambu e foi amarrada à muda através de barbante em forma de oito, sem apertar. Evitou-se a competição aérea e radicular entre as ervas daninhas ou grama e as mudas, através do coroamento de plantio, ao redor das covas, com um raio de 60 cm à partir das bordas das mesmas. A área de coroamento ficou totalmente limpa após esta operação. As Figuras 10, 11, 12 e 13 mostram o composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e as mudas logo após o plantio.



Figura 10: Aspecto do composto orgânico de lodo de esgoto ( COLE) testado no experimento.

Fonte: Autor, 2009



Figura 11 : Parcelas de mudas de *Poecilanthe parviflora* produzidas em substrato COLE

Fonte : Autor, 2009



Figura 12: Parcelas de mudas de *Poecilanthe parviflora* produzidas com substrato de esterco curral

Fonte: Autor, 2009



Figura 13: Vista geral das parcelas de mudas produzidas em substrato esterco de curral.

Fonte: Autor, 2009

## 11. MANUTENÇÃO

O acompanhamento do desenvolvimento das mudas e realização dos tratos culturais foram realizados por funcionários destinados a esse fim e orientados por técnico habilitado. Foram realizados os tratos culturais necessários, como capina mecânica e manual, coroamento das mudas, controle de pragas e doenças e irrigação das mudas.

As linhas localizadas entre as parcelas de mudas foram roçadas mecanicamente, e a ao término desta operação, a altura da vegetação não excedeu a 10 cm do solo. Essa operação foi executada três vezes no ano.

A operação denominada de coroamento ( capina ao redor da muda ) foi executada decorridos 40 dias do plantio , em um raio de 60 cm tendo como centro a muda, mantendo as mesmas totalmente livres de ervas daninhas que competem com as mudas na absorção de água e nutrientes.

A irrigação das mudas foi realizada quando as condições climáticas foram adversas às plantas podendo levar as mudas ao ponto de murchamento permanente.

Foram distribuídos três litros de água em cada muda plantada. Logo após o plantio foi feito um serviço de repasse às formigas cortadeiras, o qual foi realizado sempre que necessário. Os repasses foram realizados a cada quinze dias durante o período de três meses após o plantio, sendo que posteriormente esta periodicidade passou para cada trinta dias.

Após um semestre do plantio das mudas, as mesmas sofreram ataque no caule de algum animal que se alimentava de casca de árvores, provavelmente a cotia, muito comum na região. O controle do ataque foi obtido com a colocação de garrafas pet no caule das mudas, conforme pode-se observar na Figura 14.



Figura 14: Detalhe da garrafa pet colocada como proteção da muda contra ataque de animais.

Fonte : Autor, 2012

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Caracterização física e química do solo

#### 1.1 Física

O solo é formado por partículas minerais de vários tamanhos, que podem ser grosseiras, médias ou finas, e a distribuição dessas partículas no solo recebe o nome de textura.

A predominância de determinado tamanho de partícula exerce grande influência nas propriedades físicas e químicas do solo. O diâmetro das partículas influencia a circulação do ar, o movimento e percolação da água e nutrientes, sua maior ou menor retenção, afetando o crescimento das plantas.

A análise granulométrica do solo na profundidade de 0-20 cm, revelou que o mesmo é classificado como argiloso, conforme pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1 : Resultados de argila, silte, areia total e classificação textural do solo

Argila (g/kg)	Silte ( g/kg)	Areia total ( g/kg)	Classificação textural
< 0,002 mm	0,053 – 0,002 mm	2,00 – 0,053 mm	
422	272	306	Argila

Também foram realizadas análises da capacidade de campo ( CC ) e ponto de murcha permanente (PMP), cujo valores são considerados médios. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 : Resultados da capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) do solo.

CC 10 kPa	CC 30 kPa	PMP
0,30	0,26	0,21

## 1.2 Química

Foi realizada análise química do solo e os resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 : Concentração de macro e micronutrientes, pH, matéria orgânica e CTC**

Parâmetro	Unidade <sup>(1)</sup>	Valor
pH	-	5,6
pH SMP	-	6,9
Matéria orgânica	g/dm <sup>3</sup>	40
SB	mmolc/dm <sup>3</sup>	41,8
H + AL	mmolc/dm <sup>3</sup>	16
V%	%	72
Alumínio	mmolc/dm <sup>3</sup>	0
Boro	mg /dm <sup>3</sup>	1,18
Cálcio	mmolc/dm <sup>3</sup>	13
Cobre	mg/dm <sup>3</sup>	1,9
Enxofre	mg/dm <sup>3</sup>	6
Ferro	mg/dm <sup>3</sup>	57
Fósforo	mg/dm <sup>3</sup>	81
Magnésio	mmolc/dm <sup>3</sup>	22
Manganês	mg/dm <sup>3</sup>	20,8
Zinco	mg/dm <sup>3</sup>	5,1
CTC	mmolc/dm <sup>3</sup>	57,8
Potássio	mmolc/dm <sup>3</sup>	6,8

( 1) Resultados expressos na amostra em base seca

Os resultados obtidos através da análise de solo foram interpretados segundo o Boletim Técnico 100 do IAC, 1996.

A variação na acidez ou na alcalinidade do solo está associada a variações na disponibilidade de nutrientes e outros elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 1980). A acidez do solo é considerada baixa e o valor do pH está dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da maior parte das culturas, incluindo as essências florestais.

Segundo Ronquim (2010), a saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na

nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) =  $V\% \geq 50\%$ ; solos distróficos (pouco férteis) =  $V\% < 50\%$ . O solo é considerado eutrófico.

A Saturação de bases está classificada como alta, segundo os limites de interpretação da acidez e saturação de bases representados no Quadro 9, elaborado pelo Instituto Agrônomo de Campinas ( IAC) .

Quadro 9: - Limites de interpretação das determinações relacionadas com a acidez da camada arável do solo.

Acidez	pH em CaCl <sub>2</sub>	Saturação por bases	V %
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4 - 5,0	Baixa	26 -50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6- 6,0	Alta	71-90
Muito baixa	> 6,0	Muito Alta	> 90

Fonte: RAIJ et. al. 1996

A matéria orgânica é o resultado de transformações ocorridas em restos de vegetais e animais por microrganismos existentes na flora do solo e está relacionada com a textura do mesmo. O teor de matéria orgânica para solos argilosos está entre a faixa de 31 a 60 g/dm<sup>3</sup> e portanto o solo onde foi instalado o experimento é considerado argiloso.

No solo, o aumento do teor de matéria orgânica causa, entre outros efeitos, o aumento do pH e da saturação por bases, assim como a complexação e a precipitação do alumínio da solução do solo (FRANCHINI et. al., 1999, MELLO e VITTI, 2002).

Após alguns anos de cultivo, o teor de matéria orgânica se estabiliza em torno de 25 a 30 g dm<sup>-3</sup> em solos argilosos e valores mais baixos em solos de textura média ou arenosa, RONQUIM ( 2010).

A capacidade de troca catiônica ( CTC) pode ser definida como a capacidade que os coloides do solo possuem para reter cátions sendo diretamente dependente da quantidade de cargas negativas presentes ( MALAVOLTA, 1980).

A capacidade de troca iônica dos solos representa, portanto, a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes, RONQUIM ( 2010)

O valor de CTC obtido na análise do solo ( 57, 8 mmolc/dm<sup>3</sup> ) reflete, sob condições naturais a alta capacidade do solo em reter cátions e promover a sua troca, revelando a alta atividade das argilas.

Os teores de Cálcio ( Ca) e Magnésio ( Mg) encontram-se altos no solo e o de Enxofre (S) está classificado como médio. No Quadro 10 pode-se observar os limites de interpretação dos macronutrientes secundários citados acima.

Quadro 10 : Limites de interpretação de teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> em solos

Teor	Ca <sup>+2</sup> trocável	Mg <sup>+2</sup> trocável	S – SO <sub>4</sub>
	----- mmol/dm <sup>3</sup> -----		.mg/dm <sup>3</sup>
Baixo	0 -3	0 - 4	0 - 4
Médio	4 -7	5 - 8	5 -10
Alto	>7	>8	>10

Fonte: RAIJ et. al. (1996)

Os resultados de fósforo e de potássio são divididos em cinco classes de teores. Os limites de classes foram estabelecidos com ensaios de calibração, realizados principalmente para culturas anuais em condições de campo e levando em conta as respostas aos elementos aplicados na adubação expressos em termos de produção relativa (Boletim Técnico nº 100, 2011).

O valores de Potássio (K) e fósforo (P) encontrados no solo, estão classificados como muito alto e a correspondência dos limites de classes de teores com os respectivos limites de produção relativa, são os apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo

Teor	Produção	K+ trocável	P resina			
			Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	%	mmolc/dm <sup>3</sup>	----- mg/dm <sup>3</sup> -----			
Muito baixo	0 -70	0,0 – 0,7	0 -2	0 -5	0 -6	0 -10
Baixo	71 -90	0,8 – 1,5	3 -5	6 -12	7 -15	11 -25
Médio	91 -100	1,6 -3,0	6 -8	13 -30	16 -40	26 -60
Alto	>100	3,1 – 6,0	9 -16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>6,0	>16	>60	>:80	>120

Fonte: RAIJ et. al. (1996)

Os teores de Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) obtidos na análise de solo estão classificados como alto, segundo os limites estabelecidos pelo IAC, representados na Quadro 12. O Boro disponível no solo encontra-se principalmente associado à matéria orgânica, portanto tende a apresentar maior concentração nos horizontes superficiais do solo. A absorção de boro pelas plantas ocorre na forma de ácido bórico não dissociado e é proporcional à concentração do elemento na solução do solo (GOLDBERG, 1997).

Quadro 12 : Limites de interpretação dos teores de micronutrientes em solos.

Teor	B água quente	Cu	Fe	Mn	Zn
		DTPA			
		-----mg/dm <sup>3</sup> -----			
Baixo	0 -0,20	0 -0,2	0 -4	0 -1,2	0 -0,5
Médio	0,21 -0,60	0,3 -0,8	5 -12	1,3 -5,0	0,6 -1,2
Alto	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Fonte: RAIJ et. al. (1996)

## 2. Caracterização do lodo de esgoto

### 2.1 Análises químicas

A Tabela 4 apresenta a concentração de metais pesados no lodo da ETE – Mogi Guaçu, e os limites máximos de metais pesados poluentes para o uso agrícola adotados pela Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006, que regulamenta a disposição de lodo de esgoto e seus derivados. Observa-se que os valores de metais pesados no lodo de esgoto da ETE – Mogi Guaçu estão abaixo dos recomendados pela legislação.

Tabela 4: Concentração de metais pesados no lodo de esgoto da ETE- Mogi Guaçu e limites da Resolução CONAMA nº 375/06

Metal pesado poluente	Lodo ETE – Moji Guaçu	Limites Metais Pesados Resolução Conama 375/06
	Concentração em mg/kg, base seca	
Arsênio	ND	41
Cádmio	2,1	39
Cobre	210,0	1500
Chumbo	48,0	300
Mercúrio	ND	17
Molibdênio	15,8	ND
Níquel	24,8	420
Selênio	ND	100
Zinco	905,0	2800

A mesma amostra foi submetida à análise para determinação da concentração de macro, micronutrientes, pH, umidade e sólidos voláteis, cujos valores são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Concentração de macro e micronutrientes, pH e Sólidos Voláteis da amostra de lodo de esgoto da ETE – Mogi Guaçu.

Parâmetro	Unidade	Amostra lodo de esgoto ETE- Mogi Guaçu
Fósforo	g/kg	9,8
Potássio	g/kg	1,2
Enxofre	g/kg	8,9
Carbono Orgânico	g/Kg	463,0
Ferro	g/kg	13,7
Magnésio	g/kg	1,6
Alumínio	g/kg	10,7
Cálcio	g/Kg	78,1
Manganês	mg/kg	495,0
Boro	mg/kg	86,1
Nitrogênio Kjeldahl	g/kg	54,0
Nitrogênio amoniacal	mg/kg	5698
Nitrogênio –Nitrato- Nitrito	mg/kg	55,1
pH		7,8
Umidade	%	82,5
Sólidos Voláteis	%	71,7

### 3. Caracterização do resíduo estruturante

#### 3.1 Análise química

O resíduo estruturante escolhido foi um resíduo vegetal obtido da roçagem de gramíneas das áreas verdes e jardins da Faculdade Municipal Professor André Franco Montoro, constituído principalmente de capim brachiária e grama batatais. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros químicos avaliados na amostra de resíduo estruturante

Elementos	Unidade	Valores
Nitrogênio	g/Kg	11,3
Carbono	g/Kg	435
Carbono/Nitrogênio		38,5
Potássio	g/Kg	11,5
Fósforo	g/Kg	0,6
Cálcio	g/kg	3,3
Magnésio	g/Kg	1,8
Boro	mg/Kg	8,0
Cobre	mg/Kg	35,6
Ferro	mg/Kg	1955
Manganês	mg/Kg	128
Zinco	mg/Kg	16,2

#### 4. Mistura de lodo de esgoto + resíduo estruturante, utilizada para produção do COLE.

Diversos pesquisadores afirmam que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 25/1 e 35/1 (ZUCCONI e BERTOLDI, 1986; LOPEZ-REAL, 1994; FONG et. al., 1999; KIEHL, 2004).

Para a elaboração da mistura foi observada a relação carbono/ nitrogênio do lodo de esgoto e do resíduo estruturante, levando-se em conta as análises físico-químicas dos materiais, conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Resultado das análises físico-químicas dos materiais utilizados

	LODO	RESÍDUO ESTRUTURANTE
CARBONO	463 gkg <sup>-1</sup>	435,0 gkg <sup>-1</sup>
NITROGÊNIO	54,0 gkg <sup>-1</sup>	11,3 gkg <sup>-1</sup>
UMIDADE	82,5 %	12 %
RELAÇÃO C/N	8,57	38,5

Para se obter uma relação C/N de 25 da mistura, foi misturada uma parte de lodo de esgoto para 2,2 partes do capim (base úmida).

A temperatura atingiu 50 ° C nos primeiros dez dias, elevando-se até 60° C por mais quinze dias, decrescendo e se mantendo até 35 ° por mais um mês e meio. A partir daí, a temperatura se estabilizou em 30 ° C ( temperatura ambiente), conforme observa-se na Figura 15.

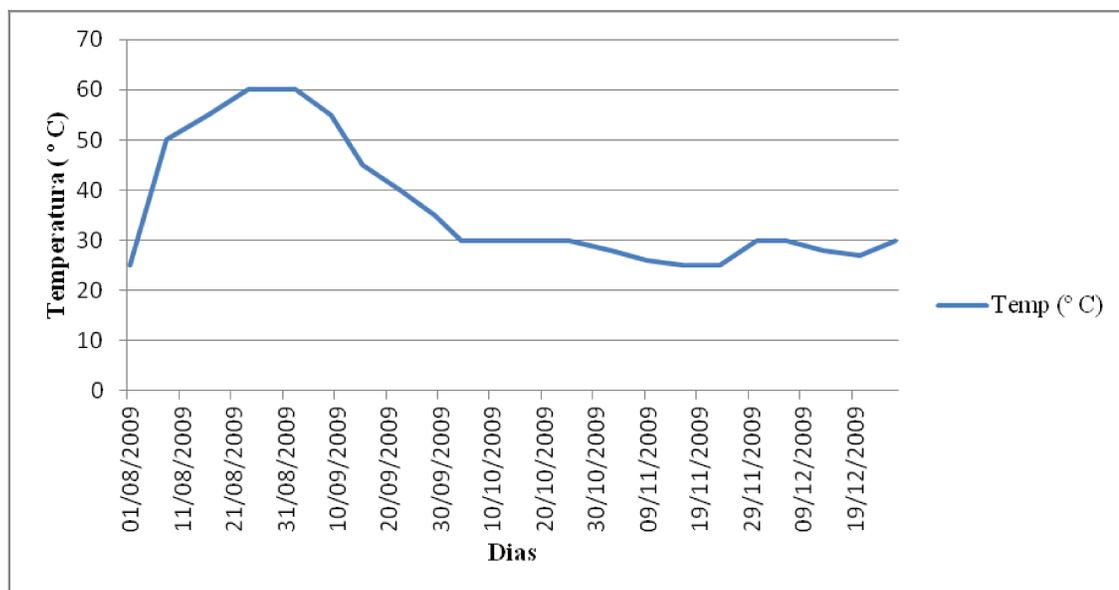


Figura 15: Evolução da compostagem em função da temperatura

## 5. Caracterização do composto orgânico de lodo de esgoto- COLE (mistura de lodo de esgoto e de restos de gramíneas).

O COLE atende o previsto na legislação (CONAMA, 2006) e também o disposto no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Atende também a legislação prevista pelo Ministério da Agricultura, Abastecimento, Pecuária e Abastecimento através da INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA nº 25, de 23 de julho de 2009 que aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

### 5.1 Análises químicas

Silva et. al. (2001), testando o uso do lodo em um argissolo, observaram que o lodo aumentou os teores de metais pesados do solo, mas estes permanecem abaixo dos valores considerados perigosos ao ambiente e permitidos pela legislação. CHIBA et al. (2008) observaram que a utilização de lodo de esgoto em um argissolo cultivado com cana-de-

açúcar não resultou em aumento nos teores de Cd, Cr, Ni e Pb no solo e na planta. Resultados similares foram obtidos por NASCIMENTO et. al. (2004).

Após a compostagem do lodo de esgoto com restos de gramíneas roçadas realizou-se nova análise química do composto ( COLE) , para obtenção de valores de metais pesados cujos resultados obtidos estão representados na Tabela 8 .

Tabela 8 : Concentração de metais pesados em composto de lodo de esgoto (COLE).

Metal pesado poluente	Lodo/ ETE – Moji Guaçu	Limites Metais Pesados Resolução Conama 375/06
	Concentração em mg/kg, base seca	
Arsênio	3,2	41
Cádmio	< 1,0 <sup>(1)</sup>	39
Cobre	36,9	1500
Chumbo	20,1	300
Mercúrio	< 1,0 <sup>(1)</sup>	17
Molibdênio	< 1,0 <sup>(1)</sup>	ND
Níquel	8,1	420
Selênio	< 1,0 <sup>(1)</sup>	100
Zinco	57,1	2800

(1) Não detectado, concentrações menores que 1,0 mg/Kg

a) **Valores de Matéria orgânica, pH, relação C/N, Macro e Micronutrientes**

O principal efeito da adubação orgânica é a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. Os adubos orgânicos mais utilizados possuem nutrientes em teores geralmente baixos e desbalanceados, necessitando de suplementação com fertilizantes minerais para a maioria das culturas . Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem liberação mais lenta que a dos adubos

minerais, dependente da mineralização da matéria orgânica, proporcionando mais disponibilidade ao longo do tempo (RAIJ e ABREU, 1996).

Conforme ilustrado na Tabela 15, no que se refere ao teor mínimo de nitrogênio, o COLE produzido apresentou teor de 9,9g/kg, classificado como baixo. Kiehl (1985), relata que os compostos orgânicos possuem em média duas a quatro vezes mais nitrogênio que fósforo ou potássio, mas também é o mais difícil de ser conservado no composto, perdendo-se facilmente por volatilização ou lavagem. Temperaturas superiores a 70 ° C durante o processo de compostagem acarretam em perdas de nitrogênio por volatilização.

O teor do nitrogênio amoniacal encontrado na amostra do composto de lodo de esgoto (19,9 mg N/kg) e apresentado na Tabela 15, em comparação com o teor inicial obtido na amostra do lodo de esgoto antes da compostagem (5698 mg N/kg), demonstra a maturação do composto pelo processo de nitrificação. O nitrogênio amoniacal transformado em nitrato (NO<sub>3</sub>), encontra-se na forma dissolvida no solo, podendo ser removido da pilha do composto por lavagem de água da chuva KIEHL (1998).

A relação entre o teor de sólidos voláteis e totais apresentados foi inferior a 70 %, conferindo ao COLE a característica de um composto bioestabilizado, segundo CONAMA (2006).

A relação C/N do COLE foi de 38,8 a qual, segundo KIEHL (1985), é considerada alta e indesejável para compostos orgânicos, e pode estar relacionada a perdas de nitrogênio pelo composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) ocorridas durante a compostagem realizada em local sem cobertura, deixando a pilha do composto exposta a chuva e sol. Valores baixos de C/N, entre 8 e 12, indicam um maior potencial de suprimento de nitrogênio ao solo e conseqüentemente um maior risco de contaminação de águas subterrâneas pela lixiviação de nitrato (MELO et. al. 2008).

Os teores dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) representados na Tabela 9 apresentaram níveis baixos para fertilizantes orgânicos, de acordo com KIEHL, (1985).

Tabela 9: Concentração de macro e micronutrientes, pH e Sólidos Voláteis da amostra de composto de lodo de esgoto (COLE).

Parâmetro	Unidade	Amostra lodo de esgoto ETE- Moji Guaçu
Fósforo	g/Kg	1,8
Potássio	mg/Kg	124
Enxofre	g/Kg	1,5
Carbono Orgânico	g/Kg	385,0
Ferro	mg/Kg	23510
Magnésio	g/Kg	1,3
Alumínio	mg/Kg	15610
Cálcio	g/Kg	10,1
Manganês	mg/Kg	511
Boro	mg/Kg	5,2
Nitrogênio Kjeldahl	g/Kg	9,9
Nitrogênio amoniacal	mg/Kg	19,9
Nitrogênio –Nitrato	mg/Kg	171,0
Nitrito		
pH		7,5
Umidade	%	1,8
Sólidos Voláteis	%	29,7
Sólidos Totais	%	98,2

## 5.2 Análise microbiológica

A compostagem é utilizada com o objetivo de promover a mineralização da matéria orgânica em menor tempo e de maneira adequada, e é ideal para a higienização de resíduos orgânicos contaminados por patógenos, como por exemplo o lodo de esgoto, (KIEHL,1985). Após o término da compostagem, foi realizada a análise microbiológica do composto de lodo de esgoto (COLE) que revelou que as quantidades de coliformes totais e *Enterococos* encontram-se dentro do limite permitido para seu uso agrícola, segundo Resolução CONAMA, 2006. A pesquisa de *Salmonella* mostra a ausência da bactéria na amostra do composto. A Tabela 10 apresenta os parâmetros microbiológicos obtidos.

Tabela 10: Parâmetros microbiológicos da amostra de composto de lodo de esgoto

PARÂMETROS	VALORES
Contagem de coliformes termotolerantes NMP/g ST	< 3,21
Contagem de coliformes totais NPM/g ST	$3,9 \times 10^4$
Contagem de <i>Enterococos</i> NPM/g ST	$1,2 \times 10^3$
Pesquisa de <i>Salmonella sp</i> /10 g ST	Ausência

## 5.3 Análise parasitológica

Conforme ilustrado na Tabela 11, verifica-se que o composto orgânico de lodo de esgoto ( COLE) apresenta 100% de inexistência de ovos viáveis e inviáveis de Helmintos .

Tabela 11: Parâmetros Parasitológicos da amostra de composto de lodo de esgoto

HELMINTO	Média		Total
	viáveis	inviáveis	
<i>Ascaris sp</i>	0	0	0
<i>Toxocara sp</i>	0	0	0
<i>Trichuris trichiura</i>	0	0	0
<i>Trichuris vulpis</i>	0	0	0
<i>Trichuroidea</i>	0	0	0
<i>Hymenolepis diminuta</i>	0	0	0
<i>Hymenolepis nana</i>	0	0	0
<i>Taenia sp</i>	0	0	0
<i>Strongyloidea</i>	0	0	0
TOTAL GERAL	0	0	0

A análise do composto orgânico do lodo de esgoto também revelou a ausência de Protozoários.

## 6. Avaliação do desenvolvimento das plantas

### 6.1 Mudanças de Coração de Negro (*Poecilanthe parviflora*) produzidas em substrato à base de COLE.

*Poecilanthe parviflora* Bentham é denominada popularmente de coração-de-negro. Pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae (SOUZA e LORENZI, 2005). Ocorre naturalmente nos Estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo (CARVALHO, 2003), na Floresta Estacional Semidecidual e na Floresta Estacional Decidual, sendo menos frequente na Floresta Ombrófila Mista (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994). De acordo com Carvalho (2003), o *Poecilanthe parviflora*, apresenta ritmo de crescimento lento a moderado atingindo até 9,15 m<sup>3</sup>/ha/ano. Pode ser recomendada para arborização de ruas e avenidas. A madeira é muito pesada, de alta resistência ao apodrecimento e ao ataque de cupins de madeira seca (LORENZI, 1992), sendo indicada para fabricação de móveis e carpintaria; na construção civil, é usada como esquadrias, tacos e tábuas para assoalho, vigas, caibros e ripas; é empregada, também, em estruturas externas, como postes, dormentes, cruzetas, mourões e cercas; produz ótima lenha, porém a celulose para papel é de baixa qualidade. Pode também ser recomendada para a recuperação de ecossistemas degradados. As sementes não apresentam dormência (CARVALHO, 2003).

Segundo listagem de espécies nativas publicadas na Resolução SMA nº 08/08, a espécie *Poecilanthe parviflora* é classificada como não pioneira, ou seja, secundária tardia ou clímax. A Figura 16 mostra as parcelas da espécie coração de negro (*Poecilanthe parviflora*) produzidas à base de composto orgânico de lodo de esgoto (COLE) e suas folhas com coloração amarelada devido exposição intensa ao sol.



Figura 16: Vista das parcelas da espécie *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de COLE), 24 meses após o plantio .

Fonte: Autor, 2012

A luz é um dos fatores ambientais que exerce influência sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas (CANCIAN e COREDEIRO 1998). Neste sentido, a eficiência do crescimento de mudas pode estar relacionada à habilidade de adaptação das plântulas às condições de intensidade luminosa do ambiente, conforme observado por SCALON et. al. ( 2002) E MORAES NETO et. al. (2000). GRIME (1997) afirma que, em espécies tolerantes ao sombreamento o crescimento ocorre mais lentamente se comparada às não tolerantes.

Provavelmente este fato deve-se às baixas taxas metabólicas apresentadas por estas espécies. Por outro lado, as mudas de espécies não - tolerantes, quando sombreadas, apresentam capacidade de crescerem rapidamente em altura, constituindo uma valiosa estratégia para escapar às condições de baixa luminosidade (SCALON et. al. 2002). Deste modo, a adaptação a baixas intensidades luminosas é condicionada pela interação das características genéticas da planta com o ambiente, o que determina alterações morfo-fisiológicas, como variações foliareas, que capacitam a utilização efetiva da radiação solar disponível.

### 6.1.1 Diâmetro e altura das plantas

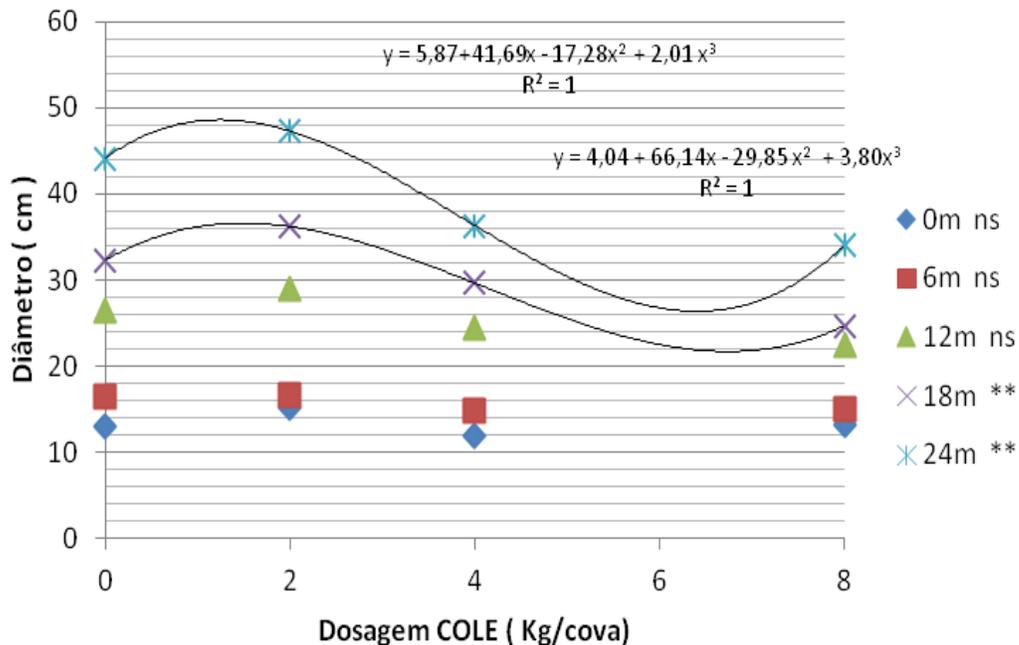
A Tabela 12 apresenta os resultados de crescimento em diâmetro e altura da espécie *Poecilanthe parviflora* produzidas em substrato à base do composto orgânico de lodo de esgoto, durante dois anos após o plantio e aplicação das diferentes dosagens de COLE na cova. As plantas apresentaram crescimento significativo em diâmetro e altura durante os cinco períodos analisados, após o plantio, crescendo em média 1,21 m, de acordo com a classificação sucessional da espécie.

**Tabela 12: Diâmetro e Altura das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de COLE) após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.**

Período Dose	Diâmetro						Altura					
	0mês	06	12	18	24	Média	0mês	06m	12m	18m	24m	Média
<b>Kg/cova</b>	----- mm -----						----- metros -----					
0	13,02a	16,49a	26,49b	32,28b	44,12c	26,48	1,30	1,42	1,90	2,25	2,74	1,92
2	15,19a	16,68a	28,99b	36,19c	47,29d	28,87	1,20	1,24	1,71	2,19	2,54	1,78
4	11,92a	14,88a	24,51b	29,6bc	36,33d	23,45	1,29	1,37	1,72	2,14	2,28	1,76
8	13,23a	14,96a	22,52b	24,68b	34,05c	21,88	1,07	1,05	1,51	1,88	2,08	1,52
Média	13,34	15,75	25,63	30,70	40,45		1,22A	1,27A	1,71B	2,11C	2,41D	
			Prob F	CV					Prob F	CV		
Dose			*	28,77					*	18,53		
Período			**	13,75					**	12,82		
Dose x período			*	-					NS	-		

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente)

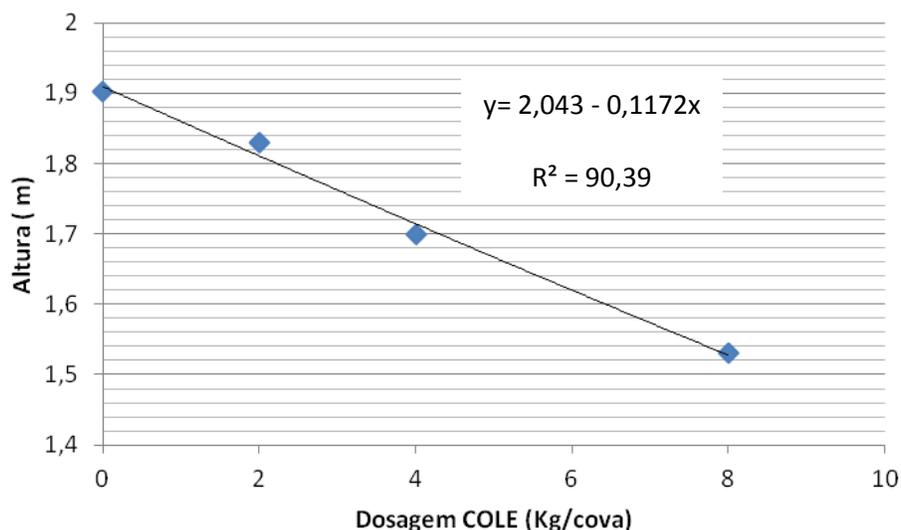
O diâmetro sofreu interferência significativa da dose dentro de cada período e a dose de 2,0 kg/cova de COLE promoveu nas plantas maior crescimento do diâmetro e as doses de 4,0 e 8,0 kg/cova de COLE promoveram diminuição do diâmetro das plantas em comparação com a testemunha a partir dos 12 meses após o plantio (Figura 17).



**Figura 17: Diâmetro média das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de COLE) após aplicação de diferentes doses do composto orgânico de lodo de esgoto.**

Conforme Barbosa et. al. (1992), os resultados para certas espécies podem ser reflexo do comportamento próprio de cada essência, sem contudo estarem associados aos conceitos teóricos de grupos sucessionais, os quais não foram ainda confirmados para algumas espécies.

As doses de COLE utilizadas afetaram significativamente a altura da espécie *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de COLE), promovendo um efeito inverso no crescimento das plantas durante os cinco períodos analisados em comparação com a testemunha. O aumento da dosagem de COLE diminuiu a altura das plantas (Figura 18).



**Figura 18 : Altura das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de COLE) após diferentes doses de aplicação de composto de lodo de esgoto.**

O teor de boro comentado no item 6.1.2.2. Micronutrientes está muito alto e segundo vários estudos realizados com Eucalyptus e milho, a alta concentração do micronutriente na planta provoca redução na altura das mesmas no início do crescimento.

Apesar da redução da altura das plantas com a adição do COLE, as plantas de *Poecilanthe parviflora* que compõem os tratamentos e a testemunha apresentam teores muito altos de B nos seus tecidos foliares, não se estabelecendo uma relação de diminuição da altura das plantas com o aumento da dose do composto orgânico de lodo de esgoto.

## 6.1.2 Análise foliar

### 6.1.2.1 Macronutrientes

Segundo Pritchett (1979), citado por SCHUMACHER et. al., (2003), a absorção dos nutrientes pelas árvores é influenciada pela espécie, pela cobertura florestal e pelas condições de solo e clima.

Gonçalves et. al., (1992), em estudo sobre a capacidade de absorção e eficiência do uso de nutrientes por espécies arbóreas tropicais de diferentes grupos sucessionais, encontraram, na parte aérea de mudas de *Peltophorum dubium* com 128 dias, concentrações de 9,0 g kg<sup>-1</sup> de N; 2,5 g/kg<sup>-1</sup> de P; 7,8 g kg<sup>-1</sup> de K e 7,4 g kg<sup>-1</sup> de Ca.

Epstein e Bloom (2004), dão conta de que teores de 15 g kg<sup>-1</sup> de Nitrogênio são considerados normais para plantas, sendo encontrados com frequência em sua matéria seca, sendo considerado, nesse caso, uma média das diferentes partes da planta.

Apesar da influência não significativa dos tratamentos ( doses de COLE) , observa-se pelas médias uma tendência de valores maiores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio no tecido foliar das plantas de *Poecilanthe parviflora* aos 36 meses após o plantio, conforme pode ser observado na Tabela 19. Para o Nitrogênio as doses de 4,0kg/cova e 8,0 kg/cova de COLE promoveram um aumento do nutriente nas folhas das plantas em comparação com a testemunha.

O teor de Fósforo no tecido foliar aumentou com a adição do composto orgânico de lodo de esgoto ( COLE), e a dose de 2,0kg/cova apresentou o maior teor do nutriente no tecido foliar das plantas ( Tabela 19).

As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram teores de N considerados dentro de intervalo adequado (entre médio e alto) em função da comparação com outros trabalhos, como acima de 18 g kg<sup>-1</sup> (SILVEIRA et. al. 2005), acima de 21 g kg<sup>-1</sup> (KOPINGA e VAN DENBURG, 1995) e entre 15-25 g kg<sup>-1</sup> (LARCHER, 2000), uma vez que essa espécie é uma leguminosa , ou seja, capaz de fixar N atmosférico, fato pelo qual se pode explicar os teores relativamente elevados de nitrogênio na composição química foliar desta espécie, apesar do baixo teor de nitrogênio existente no composto orgânico de lodo de esgoto (COLE).

Em estudos realizados com espécies nativas de floresta semidecídua do estado de São Paulo, HADDAD et. al. (2004) relataram teores foliares médios de N iguais a 13,9 e 8,0 g kg<sup>-1</sup> respectivamente para *Croton priscus* e *Hymenaea courbaril*, sendo o experimento conduzido no mesmo solo de ocorrência natural das espécies, o qual apresentava teores médios de matéria orgânica no início do estudo e baixíssimos após dois anos de condução do experimento.

Segundo a classificação apresentada em Kopinga e Van Den Burg (1995), os teores de P são considerados muito baixos quando menores que 1,0 g kg<sup>-1</sup>, baixos quando entre 1 e 1,4 g kg<sup>-1</sup>, normais quando entre 1,4 e 1,9 g kg<sup>-1</sup> e altos quando acima de 1,9 gkg<sup>-1</sup>, portanto as plantas de *Poecilanthe parviflora* que não receberam o composto na cova (testemunha) apresentaram teores de P classificados como baixo, enquanto as plantas adubadas com o COLE apresentaram teores de P considerados normais.

O potássio, em função de suas características de alta mobilidade na planta, assim como pela significativa presença no solo, tem absorção em quantidades necessárias para as plantas, na grande maioria dos casos. O mesmo pode ser absorvido do solo pelas raízes tanto na forma trocável como a não trocável (MEURER, 2006).

Em espécies florestais, cabendo citar espécies do gênero *Eucalyptus*, *Pinus* e *Araucaria*, as faixas de suficiência de K, segundo SBCE-CQFS (2004), ficam entre 6 e 15 gkg<sup>-1</sup> e conforme pode-se observar na Tabela 13, as plantas adubadas com o COLE, bem como a testemunha apresentam teores de K dentro da faixa de suficiência do nutriente para as plantas.

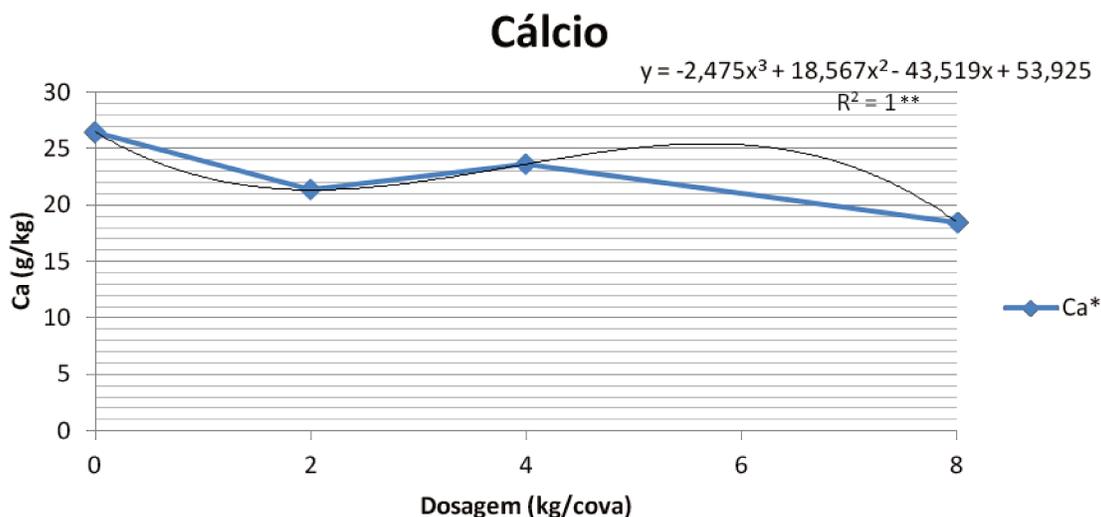
O teor de Potássio no tecido foliar, apesar de não significativo, aumentou com a adição do composto de lodo de esgoto e a dose de 2,0 kg de COLE /cova apresentou o maior teor do nutriente nas folhas das plantas em comparação com a testemunha, (Tabela 19).

**Tabela 13: Teores de macronutrientes em tecido foliar de plantas de *Poecilanthe parviflora*, produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio .**

Dosagem kg/cova	MACRONUTRIENTES											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g/Kg											
0	18,25		1,26		12,83		26,50		2,50		1,38	
2	15,56		1,46		18,87		21,35		1,11		2,03	
4	19,82		1,44		14,70		23,64		2,18		1,58	
8	19,13		1,40		17,81		18,50		1,71		1,68	
	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
Dose	NS	20,52	NS	23,78	NS	18,84	*	11,03	*	26,42	NS	29,09

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

O teor de Cálcio presente no tecido foliar das plantas de *Poecilanthe parviflora*, apresentou redução significativa na concentração do nutriente no tecido foliar das plantas e as doses de 2,0 e 8,0 kg/cova de COLE apresentaram os menores teores respectivamente, em comparação com a testemunha, conforme ilustrado na Figura 19.



**Figura 19 : Teor de Cálcio em folhas de plantas de *Poecilanthe parviflora* após diferentes doses de aplicação de composto de lodo de esgoto ( \*\* = significativo a 1%).**

Epstein e Bloom (2004) relatam um valor de referência igual a 5 g kg<sup>-1</sup> para o Ca na matéria seca de plantas. Grassi Filho (2007) e Larcher (2004) apresentaram um intervalo entre 3-15 g kg<sup>-1</sup> para Ca nas plantas, de modo geral. Para espécies de *Eucalyptus* sp., uma revisão realizada por SILVEIRA et al. (2005) mostrou valores foliares de Ca variando entre 3 e 11 g kg<sup>-1</sup> sendo considerados como uma faixa adequada de ocorrência.

As plantas de *Poecilanthe parviflora*, apresentaram altos teores de Ca no tecido foliar, muito acima dos valores considerados adequados para o nutriente.

A relação mais discutida e conhecida do ponto de vista agrônomo é a relação cálcio e magnésio (Ca:Mg). Ela é importante por haver uma competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo (MOREIRA et. al., 1999), o que pode afetar o desenvolvimento das plantas.

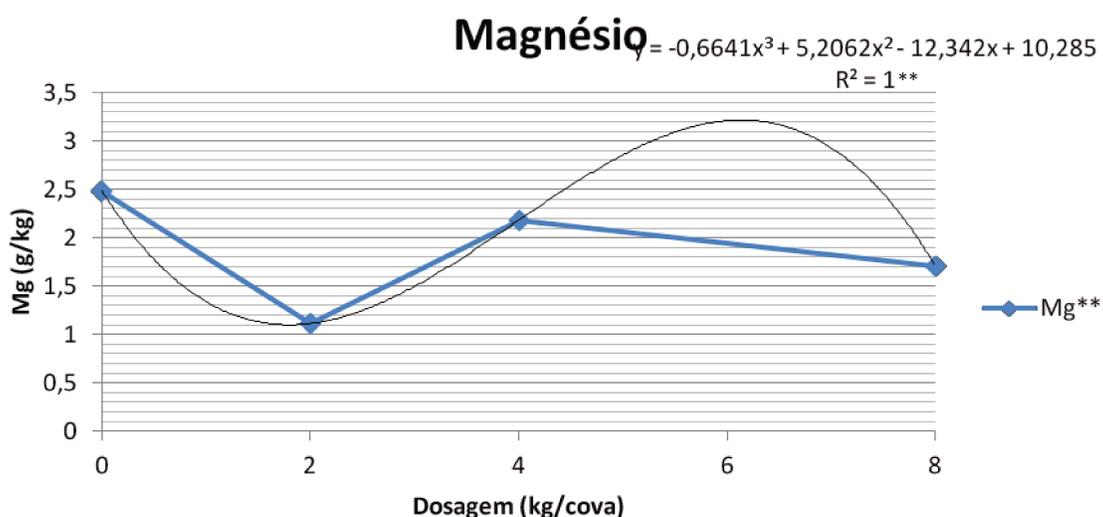
Yadare e Girdhar (1981) citam que o cálcio apresenta maior preferência em relação ao magnésio no complexo de troca do solo. Por outro lado, a relação do cálcio e magnésio desencadeia outros processos. Na nutrição vegetal, esse fato está relacionado às suas propriedades químicas muito similares, como o grau de valência e a mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes. Como consequência, a presença excessiva de um pode prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro (ORLANDO FILHO et. al. 1996). A interação desses macronutrientes no sistema solo-planta é medida pela absorção da planta. Nesse caso, o método mais utilizado é a verificação dos teores foliares na planta (SCHERER, 1998).

Hernandez e Silveira (1998) em estudo realizado em casa de vegetação num Neossolo Quartzarênico, observaram influência negativa na produção de matéria seca do milho em função do aumento da relação Ca:Mg do solo, sendo que as relações Ca:Mg maiores que 3:1 causaram quedas no crescimento e na produção das plantas. A relação Ca:Mg apresentada por todas as plantas de *Poecilanthe parviflora* está acima do recomendado na literatura.

Medeiros, et. al. (2008), verificaram por meio de experimento com a planta de milho, que a altura das plantas de milho reduziu linearmente em função do aumento na relação Ca: Mg.

Epstein e Bloom (2004) apresentaram como referência para teor de Mg na matéria seca de plantas um valor igual a  $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ , situação semelhante acontecendo com os valores de referência apresentados pela SBCS-CQFS (2004) para espécies florestais, com valores variando entre 2 e  $8 \text{ g kg}^{-1}$ .

As plantas de *Poecilanthe parviflora* produzidas em substrato à base de COLE que receberam as doses de 2,0 Kg e 8,0 Kg/cova de COLE apresentaram redução significativa para o nutriente Mg em comparação com a testemunha, conforme ilustrado na Figura 20.



**Figura 20: Teor de Magnésio em folhas de plantas de *Poecilanthe parviflora* após diferentes doses de aplicação de composto de lodo de esgoto ( \*\* = significativo a 1%).**

Observando a Tabela 19, pode-se notar que teor de Enxofre contido no tecido foliar das plantas teve um comportamento semelhante aos nutrientes N, P e K, indicando aumento não significativo do nutriente nas folhas das plantas que receberam o COLE na

cova de plantio quando comparadas com a testemunha. A dose de 2,0 Kg/cova de COLE apresentou o maior valor de Enxofre em comparação com a testemunha.

Como valores de referência para a ocorrência de S nas plantas, Epstein e Bloom (2004) apresentam 1,0 g kg<sup>-1</sup> como sendo adequado e SBCS-CQFS (2004) falam em um intervalo de 1,0 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>. Moura et. al. (2006), em estudo sobre a distribuição de biomassa e nutrientes na parte aérea de *Mimosa caesalpiniaefolia*, observaram teores médios de enxofre nas folhas variando de 1 a 1,25 g kg<sup>-1</sup>. As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram valores de S considerados adequados para todos os tratamentos, conforme pode-se observar na Tabela 13.

### 6.1.2.1 Micronutrientes

Na Tabela 14, são apresentados os teores médios de micronutrientes para as plantas de *Poecilanthe parviflora*.

**Tabela 14: Teores de micronutrientes em tecido foliar de plantas de *Poecilanthe parviflora*, produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MICRONUTRIENTES									
	Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	mg/Kg									
0	5,01		53,00		14,80		18,23		107,76	
2	6,93		53,85		21,67		18,59		121,78	
4	5,70		66,77		29,18		18,90		89,35	
8	4,82		74,60		30,57		16,61		108,66	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	33,81	NS	46,11	NS	78,81	NS	41,04	NS	35,88

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

Para o Cobre, percebeu-se que o maior teor médio foi encontrado para a dose de 2,0 kg/cova de COLE, a qual não diferiu significativamente dos demais tratamentos e testemunha (Tabela 20). Silveira et. al. (2005), considera adequados os valores entre 2 e 10 mg kg<sup>-1</sup> de Cu e pode-se afirmar que todos os tratamentos apresentaram teores de Cu em níveis adequados, considerando intervalo entre 5 e 20 mg kg<sup>-1</sup> citado por DECHEN e NACHTIGALL (2006).

Para o Fe, a adição do COLE na cova de plantio das mudas de *Poecilanthe parviflora* não apresentou diferença significativa em comparação com a testemunha, mas pode-se observar (Tabela 20) que houve um aumento do teor do micronutriente em função do aumento da dose do composto orgânico de lodo de esgoto.

Segundo os dados disponíveis na literatura, fato que ocorre para a maioria dos nutrientes, mas singularmente para o Fe, a variabilidade de teores entre diferentes espécies é grande. Para algumas espécies de *Eucalyptus* sp. Silveira et. al. (2005) apresentam teores foliares variando entre 63 e 200 mg kg<sup>-1</sup> como adequados.

Para Dechen e Nachtigall (2006), a variabilidade do teor de Fe nas plantas pode ocorrer entre 10 e 1500 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca, considerando-se concentrações adequadas ao bom crescimento das plantas as que ocorrem entre 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup>, podendo-se considerar deficientes as plantas com menos de 10 mg kg<sup>-1</sup> de Fe. Larcher, 2004 apresenta o valor de 100 mg kg<sup>-1</sup> como necessidade média para o bom desenvolvimento das plantas terrestres. As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram valores considerados adequados para o micronutriente Fe.

O Fe apresenta baixa mobilidade dentro da planta (DECHEN e NACHTIGALL, 2006), apesar de que sua ocorrência preferencial seja nas folhas, em função da sua participação na formação da clorofila (LARCHER, 2004), fato exemplificado nos resultados de BRUN et. al., (2010), com teores foliares de Fe com valores aproximadamente o dobro do encontrado nos galhos, para *Caesalpinia pluviosa*.

Em relação ao Manganês, as doses de COLE adicionadas na cova de plantio proporcionaram um aumento não significativo do micronutriente no tecido foliar das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( Tabela 20).

Silveira et. al. (2005) relataram, para espécies de *Eucalyptus* sp., teores considerados adequados variando entre 193 e 840 mg kg<sup>-1</sup>. Para esses mesmos autores, teores menores que 100 mg kg<sup>-1</sup> são considerados como deficientes. Segundo LARCHER (2004), o valor médio necessário de Mn para o bom crescimento das plantas em geral varia entre 30 e 50 mg Kg<sup>-1</sup>.

Os valores de Mn apresentados na Tabela 20 revelam uma deficiência do microelemento no tecido foliar das plantas de *Poecilanthe parviflora* para a testemunha e para as doses de 2,0 e 4,0 kg/cova do COLE. Apenas a dose 8,0 kg/cova de COLE apresenta teor de Mn adequado para atender a necessidade da maioria das plantas (LARCHER, 2004).

Em estudo realizado por REISSMANN e CARNEIRO (2004), verificou-se que a maior saturação de bases diminuiu os níveis de Mn no tecido foliar de Erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Isso pode explicar os baixos teores de Mn observados para a espécie *Poecilanthe parviflora*, pois o solo em estudo apresenta uma elevada saturação de bases.

Silveira et. al., (2005), estudando a nutrição de diferentes espécies de *Eucalyptus* sp.,relataram que valores adequados de Zn no tecido foliar variaram entre 12 e 50 mg kg<sup>-1</sup>, encontrando-se todas as espécies dentro desse intervalo. Já Dechen e Nachtigall (2006) relatam intervalos de ocorrência entre 3 e 150 mg kg<sup>-1</sup>, afirmando que valores menores que 25 mg kg<sup>-1</sup> seriam considerados deficientes nas folhas das plantas. Larcher (2004), apresenta como valor médio necessário para o bom desenvolvimento das plantas em geral o intervalo de 10 a 50 mg kg<sup>-1</sup>.

O teor de Zinco nas folhas das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( Tabela 20) atende a necessidade das plantas em geral, segundo LARCHER ( 2004), e de acordo com

os outros autores citados acima encontra-se deficiente. Na Tabela 19 observa-se que não houve diferença significativa entre as plantas adubadas com COLE em comparação com a testemunha.

A boa disponibilidade P no solo da área de estudo pode estar influenciando a absorção de Zn, pois existe competição entre esses dois nutrientes, evidenciada em experimentos como de MARSCHNER e SCHROPP (1977), onde altos teores de P podem causar deficiência de zinco.

Para Epstein e Bloom (2004), teor de B adequado em tecido vegetal fica em torno de 20 mg kg<sup>-1</sup>, valor corroborado por SBCS-SQFS (2004), citando intervalo entre 10 e 50 mg kg<sup>-1</sup> para o tecido foliar de algumas espécies florestais. Porém, dados citados em DECHEN e NACHTIGALL (2006) dão conta de que, apesar desse intervalo de ocorrência, os valores adequados para o crescimento normal de plantas fica entre 30 e 50 mg kg<sup>-1</sup> e as deficiências se pronunciam de forma mais severa em teores menores que 15 mg kg<sup>-1</sup>.

As médias referentes ao teor de B no tecido foliar das plantas não sofreram diferença significativa com a adição do composto orgânico de lodo de esgoto em comparação com a testemunha e as plantas de *Poecilanthe parviflora*. As plantas apresentaram teores de B nos tecidos foliares considerados muito altos e as doses de 2,0 e 8,0 kg/cova de COLE apresentaram os maiores teores de B, conforme pode-se observar na Tabela 20.

O B é um micronutriente essencial ao desenvolvimento dos vegetais, e a sua falta ou excesso no solo tem acarretado problemas em florestas implantadas (ROCHA FILHO et. al. 1979).

O limite entre a concentração adequada e o nível tóxico de B para as plantas pode ser muito estreito (GONÇALVES e VALERY, 2001) e a tolerância relativa das plantas à toxidez do elemento parece depender da taxa de transferência do nutriente das raízes para a parte aérea. Trabalhando em solos de textura arenosa, COUTINHO et. al. (1995) observaram efeito depressivo na altura de plantas de *E. globulus* quando aplicaram de 4,4 a

8,8 kg/ha de B e determinaram que o nível crítico de B nas folhas foi de 20 mg kg<sup>-1</sup> de B no material seco. O efeito depressivo da fitotoxicidade de B sobre a altura de *Eucalyptus canadulensis* também foi verificada por MORAIS (1999). O teor de 55 mg kg<sup>-1</sup> de B no solo, provocou redução na altura da ordem de 24,6% em relação ao teor de 11 mg kg<sup>-1</sup> de B.

Silveira et. al. (1995a e 1995b) avaliaram o estado nutricional, através da diagnose foliar em talhões de *Eucalyptus saligna* com dois anos na região sul de São Paulo e constataram que a maior produtividade foi alcançada quando a espécie apresentava 41 mg Kg<sup>-1</sup> de B nas folhas.

## **6.2 Mudas de Aldrago (*Pterocarpus violaceus*), produzidas em substrato à base de COLE**

### **6.2.1 Diâmetro e altura das plantas**

Pertencente a família Fabaceae, não é endêmica do Brasil, tem como domínio fitogeográfico a Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica com distribuição geográfica no Norte (Roraima, Amapá, Pará, Amazonas, Acre, Rondônia), Nordeste (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro), Sul (Paraná, Santa Catarina). Espécie heliófila a esciófila de folhagem brilhante de curta e intensa florada, adaptada a insolação direta, não tolera baixas temperaturas. De madeira leve, o Aldrago é indicado para acabamentos internos, como rodapés e molduras. É uma espécie com poucos dados de crescimento em plantios silviculturais (LORENZI, 1998). Contudo, segundo o autor citado anteriormente, no campo, o desenvolvimento das plantas é apenas moderado, atingindo facilmente 2,50 m de altura aos dois anos. As mudas de Aldrago apresentaram altura superior a 2,0 metros aos 24 meses após o plantio, conforme ilustrado na Figura 21.



Figura 21: Vista das parcelas da espécie *Pterocarpus violaceus*, ( produzidas à base de COLE) , 24 meses após o plantio.

Fonte: Autor, 2012

A adição do composto orgânico de lodo de esgoto ( COLE) não proporcionou aumento significativo no diâmetro e altura das plantas de *Pterocarpus violaceus*, em comparação com a testemunha, durante os 24 meses após o plantio , conforme ilustrado na Tabela 21, entretanto pode-se observar um aumento do diâmetro e altura das plantas adubadas com o COLE a partir dos 18 meses após o plantio .

O tratamento com dose de 8,0 kg/cova de COLE não aumentou significativamente o diâmetro das plantas a partir dos 6 meses após o plantio em comparação com a testemunha. Com relação a altura, a partir dos 18 meses após o plantio a dose de 8,0 kg/cova apresentou as maiores médias em altura das plantas de *Pterocarpus violaceus* em comparação com as outras doses e a testemunha ( Tabela 15) .

Os valores das médias dos períodos revelam o crescimento moderado da espécie em função do tempo, mostrando um crescimento estatístico significativo durante os períodos analisados.

**Tabela 15: Diâmetro e Altura das plantas de *Pterocarpus violaceus*, produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.**

Dose	Período	Diâmetro					Altura						
		0m	06m	12m	18m	24m	Média	0m	06m	12m	18m	24m	Média
Kg/cova		----- mm -----					----- metros -----						
	0	15,25	21,27	50,13	56,79	74,84	43,66	1,14	1,41	2,53	3,53	4,76	2,67
	2	20,10	24,69	49,27	62,91	83,94	48,18	1,42	1,64	2,91	3,55	4,58	2,82
	4	20,36	25,41	48,60	66,29	78,58	47,85	1,32	1,61	2,89	3,75	4,83	2,88
	8	20,09	25,13	53,44	68,44	86,95	50,81	1,42	1,66	2,88	3,85	5,03	2,96
Média		18,95	24,09	50,36	63,61	80,32		1,33A	1,58A	2,80B	3,67C	4,78D	
		A	A	B	C	D							
		Prob F		CV			Prob F		CV				
Dose		NS		41,26			NS		44,46				
Período		**		14,74			**		16,77				
Dose x período		NS		-			NS		-				

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente)

## 6.2.2 Análise foliar

### 6.2.2.1 Macronutrientes

Larcher (2004), considera que valores de Nitrogênio variando entre 15 a 25 gKg<sup>-1</sup> na fitomassa das plantas atendem de as necessidades de crescimento das mesmas. Epstein e Bloom (2004), consideram o teor de 15 g kg<sup>-1</sup> de N normal para a maioria das espécies de plantas.

As plantas de *Pterocarpus violaceus* apresentam teores de N considerados normais para todos os tratamentos incluindo a testemunha. Não houve diferença significativa para o macronutriente com a adição do COLE em comparação com a testemunha, conforme ilustrada na Tabela 16, e a dose de 2,0 kg/cova apresentou o maior valor para o nutriente.

Com relação ao macronutriente Fósforo, as parcelas adubadas com o COLE não apresentaram diferença significativa em comparação com a testemunha (Tabela 16) e os teores médios das plantas estão normais, segundo Larcher (2004), que estabelece valores normais para o P nos tecidos foliares das plantas terrestres entre 1,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>.

Kopinga e Van Den Burg (1995), já anteriormente citados, consideram os teores de P normais quando entre variam entre 1,4 e 1,9 g kg<sup>-1</sup>.

As parcelas de plantas adubadas com COLE apesar de não apresentarem diferença significativa para o P, tiveram aumento dos teores do macronutriente com a adição do composto e a dose de 4,0 kg/cova apresentou o maior valor para o P nos tecidos foliares das plantas de *Pterocarpus violaceus* ( Tabela 16).

O macronutriente Potássio encontrado nos tecidos foliares das plantas de *Pterocarpus violace* para os tratamentos e testemunha apresentaram valores considerados normais de acordo com LARCHER (2004), o qual apresenta valores entre 5-20g Kg<sup>-1</sup> como teores médios de K que atende a necessidade de crescimento da maioria plantas.

Epstein e Bloom (2004) também apresentam um teor referência de 10 g kg<sup>-1</sup> de potássio como sendo adequado na matéria seca de plantas, em termos gerais, independentemente de espécie.

As plantas de *Pterocarpus violaceus* dos tratamentos com adição de COLE não apresentaram diferença significativa em comparação com a testemunha, mas a dose de 4,0 Kg/cova de COLE apresentou o maior teor de K nas folhas das plantas ( Tabela 16).

O teor do macronutriente Cálcio presente nas folhas das plantas de Aldrago que receberam o composto orgânico na cova de plantio e na testemunha estão um pouco acima do valor recomendado na literatura ( Tabela 16).

Epstein e Bloom (2004) relatam um valor de referência igual a 5 g kg<sup>-1</sup> para o Ca na matéria seca de plantas. Grassi Filho (2007) e Larcher (2004) apresentaram um intervalo entre 3-15 g kg<sup>-1</sup> para Ca nas plantas, de modo geral.

O teor de Magnésio encontrado no tecido foliar das plantas de *Pterocarpus violaceus* (Tabela 16) encontra-se dentro do intervalo de 1 -3 g kg<sup>-1</sup>, recomendado por LARCHER ( 2004), como adequado, de modo geral. As plantas adubadas com o COLE não

apresentaram diferença significativa com relação ao aumento do teor de Mg em comparação com a testemunha ( Tabela 16).

As plantas de *Pterocarpus violaceus* não apresentaram diferença significativa quanto ao teor do nutriente Enxofre encontrado nas suas folhas em comparação com a testemunha e os teores ( Tabela 16) encontram –se dentro do intervalo considerado como adequado por EPSTEIN e BLOOM (2004) que apresentam 1,0 g kg<sup>-1</sup> e por SBCS-CQFS (2004), que falam em um intervalo de 1,0 a 2,0 g kg de S .

**Tabela 16: Teores de macronutriente em tecido foliar das plantas de *Pterocarpus violaceus* , produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MACRONUTRIENTES											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g/Kg											
0	19,67		1,51		17,48		17,14		2,04		1,75	
2	20,05		1,85		18,01		16,20		1,58		1,86	
4	19,14		2,07		19,11		18,06		1,57		1,92	
8	18,40		1,72		17,03		15,57		1,52		1,80	
	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
Dose	NS	11,13	NS	19,41	NS	11,72	NS	18,16	NS	20,30	NS	12,83

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

### 6.2.2.2 Micronutrientes

As plantas de Aldrago não apresentaram diferença significativa quanto ao teor de Cobre nos tecidos foliares, apesar das parcelas adubadas com o COLE apresentarem um aumento no teor do micronutriente em comparação com a testemunha. A dose de 4,0 Kg/cova de COLE apresentou o maior valor para o micronutriente encontrado nas folhas das plantas de *Pterocarpus violaceus* , conforme ilustrado na Tabela 17.

As plantas de Aldrago adubadas com o COLE apresentaram teores de Cu nos tecidos foliares dentro limite considerado adequado segundo Larcher ( 2004), que

apresenta o intervalo de 5-10 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu como suficiente para atender a necessidade média do elemento nas plantas. A testemunha apresentou o teor de Cu um pouco abaixo do recomendado pela literatura ( Tabela 17). Segundo os dados disponíveis na literatura, fato que ocorre para a maioria dos nutrientes, mas singularmente para o Fe, a variabilidade de teores entre diferentes espécies é grande. Para algumas espécies de *Eucalyptus* sp., Silveira et. al. (2005) apresentam teores foliares variando entre 63 e 200 mg kg<sup>-1</sup> como adequados. Para Larcher (2004), o teor de Fe que atende as necessidades de crescimento das plantas deve ser de 100 mg kg<sup>-1</sup>.

As plantas de *Pterocarpus violaceus* apresentaram teores de Fe inferiores ao recomendado pela literatura (Tabela 17) e as parcelas adubadas com o COLE não apresentaram diferença significativa em comparação com a testemunha. A Tabela 17 mostra um aumento não significativo no teor de Fe nas plantas de *Pterocarpus violaceus* que receberam o composto orgânico de lodo de esgoto em comparação com a testemunha e a dose de 8,0 kg/cova apresentou o maior valor de Fe nos tecidos foliares das plantas .

Larcher (2004), relata que o valor médio necessário de Mn para o bom crescimento das plantas varia entre 30 e 50 mg kg<sup>-1</sup> e para SILVEIRA et. al. (2005) teores menores que 100 mg kg<sup>-1</sup> são considerados como deficientes.

As plantas de Aldrago que receberam o COLE não apresentaram diferença significativa do teor de Mn em comparação com a testemunha e a dose de 2,0 kg/cova de COLE apresentou o maior valor de Mn nas folhas das plantas ( Tabela 17) . Os teores obtidos nos tecidos foliares das plantas de *Pterocarpus violaceus*, de acordo com LARCHER (2004), encontram-se um pouco acima da média e para SILVEIRA et. al. (2005), os mesmos estão deficientes.

O teor de Zinco nas folhas das plantas de Aldrago adubadas com COLE sofreram uma redução não significativa em comparação com a testemunha e os valores relatados na Tabela 17, revelam que os teores obtidos para todos os tratamentos e testemunha são adequados para o crescimento das plantas, de acordo com Larcher (2004), que estabelece o valor médio para o nutriente entre 30 -50 mg kg<sup>-1</sup>.

Com relação ao Boro, a testemunha apresentou o maior valor do teor do micronutriente. Houve uma redução não significativa do teor de B com a adição do COLE na cova de plantio (Tabela 17). Dechen e Nachtigall (2006) relatam que valores adequados de B para o crescimento normal de plantas estão entre 30 e 50 mg kg<sup>-1</sup> e as deficiências se pronunciam de forma mais severa em teores menores que 15 mg kg<sup>-1</sup>. As doses de 4,0 e 8,0 kg de COLE/cova apresentaram valores deficientes para o micronutriente (Tabela 23).

**Tabela 17: Teores de micronutrientes em tecido foliar de plantas de *Pterocarpus violaceus*, produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MICRONUTRIENTES									
	Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	mg/Kg									
0	4,78		56,60		64,29		17,51		72,51	
2	5,06		64,50		72,14		15,62		35,42	
4	5,96		65,14		57,59		14,68		29,21	
8	5,10		73,28		69,90		13,80		27,88	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	20,40	NS	17,72	NS	49,93	NS	9,11	NS	7,34

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

### 6.3 Mudas de Amendoim Bravo (*Platypodium elegans*) produzidas em substrato à base de COLE

#### 6.3.1 Diâmetro e altura das plantas

Estudo realizado referente à influência do sombreamento sobre o crescimento inicial das mudas de amendoim bravo (*Platypodium elegans*), revelaram que a espécie apresentou crescimento significativo superior em altura e diâmetro a pleno sol (SCALON, et. al. 2001), confirmando sua classificação no grupo sucessional das plantas pioneiras.

GONÇALVES, et. al. (1992), verificaram que as espécies pioneiras possuem sistema radicular mais desenvolvido e raízes finas em maior densidade, além de

apresentarem maiores taxas de crescimento e absorção de nutrientes que as clímax. Espécies pioneiras e secundárias apresentam como estratégias de estabelecimento, rápido crescimento inicial e posteriores reduções nos índices de crescimento independentemente da disponibilidade de nutrientes. A Figura 22 mostra as parcelas de plantas da espécie *Platypodium elegans*, 24 meses após o plantio.



Figura 22: Vista das parcelas da espécie *Platypodium elegans* ( produzidas em substrato à base de COLE), 24 meses após o plantio.

Fonte: Autor, 2012

A Tabela 18 apresenta os resultados de crescimento em diâmetro e altura da espécie *Platypodium elegans* , durante dois anos após o plantio e aplicação das diferentes dosagens de COLE na cova. As doses de COLE utilizadas não afetaram significativamente o diâmetro e altura da espécie *Platypodium elegans*, durante os cinco períodos analisados em comparação com a testemunha .

Apesar de não apresentar diferença significativa de crescimento em diâmetro, é possível observar, que a partir dos 12 meses após o plantio, as plantas de *Platypodium elegans* que receberam a dose de 8,0 kg/cova do composto orgânico de lodo de esgoto

apresentaram aumento do parâmetro analisado em comparação com outros tratamentos e a testemunha (Tabela 18). As plantas apresentaram crescimento significativo em diâmetro e altura durante os cinco períodos analisados, após o plantio, crescendo em média 4,25 m em 24 meses, corroborando a informação sobre sua classificação na literatura de espécie pioneira.

**Tabela 18: Diâmetro e Altura das plantas de *Platypodium elegans* ( produzidas em substrato à base de COLE), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses**

Período Dose	Diâmetro						Altura					
	0m	06m	12m	18m	24m	Média	0m	06m	12m	18m	24m	Média
<b>Kg/cova</b>	----- mm-----						----- metros -----					
0	5,47	12,02	36,07	45,40	53,35	30,46	0,50	1,15	3,18	4,23	5,45	2,90
2	7,27	11,44	39,44	47,39	52,66	31,64	0,60	1,15	2,86	3,40	4,30	2,46
4	7,39	13,88	35,57	43,97	54,93	31,15	0,65	1,43	3,05	3,95	4,80	2,78
8	7,26	10,27	39,16	48,98	60,44	33,22	0,58	0,99	2,81	3,68	4,75	2,56
Média	6,85A	11,90A	37,56B	46,43C	55,35D		0,58A	1,18B	2,98C	3,81D	4,82E	
			Prob F	CV					Prob F	CV		
Dose			NS	38,65					NS	48,69		
Período			**	16,63					**	19,87		
Dose x período			NS	-					NS	-		

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente).

### 6.3.2 Análise foliar

#### 6.3.2.1 Macronutrientes

Resende et. al. (2000) observaram que as espécies pioneiras com maior crescimento e produção de biomassa acumularam quantidades de nutrientes maiores e tiveram maior eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos se comparadas às espécies do grupo clímax, que possuem crescimento mais lento. As plantas de *Platypodium elegans*, classificadas como pioneiras, apresentaram valores maiores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio, conforme mostrado na Tabela 19, nos tecidos foliares em comparação com as plantas das espécies *Poecilanthe parviflora* (Tabela 13) e *Pterocarpus violaceus* (Tabela 16), classificadas como clímax e secundária respectivamente, corroborando a informação dos autores citados acima.

Epstein e Bloom (2004), relatam que teores de 15 g kg<sup>-1</sup> de Nitrogênio são considerados normais para plantas, enquanto Larcher (2004), apresenta teores de N

adequado no intervalo entre 15-25 g kg<sup>-1</sup>. As plantas de Amendoim bravo não apresentaram diferença significativa quanto ao teor de N entre os tratamentos e testemunha (Tabela 19). O tratamento que recebeu a dose de 2,0 kg/cova de COLE apresentou o maior teor de N e o restante das parcelas e testemunha apresentaram teor de N considerado adequado para o crescimento das plantas (Tabela 19).

Para KOPINGA e VAN DEN BURG (1995), já citados anteriormente, os teores de P são considerados muito baixos quando menores que 1,0 g kg<sup>-1</sup>, baixos quando entre 1 e 1,4 g kg<sup>-1</sup>, normais quando entre 1,4 e 1,9 g kg<sup>-1</sup> e altos quando acima de 1,9 g kg<sup>-1</sup>. As plantas de Amendoim bravo adubadas com o COLE não apresentaram diferença estatística significativa em comparação com a testemunha, conforme pode-se observar na Tabela 19 e as mesmas apresentaram teor de P nas folhas considerado alto.

Larcher, 2004 relata que valores de Potássio encontrados na fitomassa de plantas no intervalo entre 5 – 20 g kg<sup>-1</sup> atendem as necessidades de crescimento das mesmas. As plantas de *Platypodium elegans* apresentaram teores do macronutriente considerados adequados e as plantas que receberam a adubação com o COLE não apresentaram diferença estatística significativa em comparação com a testemunha (Tabela 19).

Larcher (2004), citado anteriormente apresenta como adequado, um intervalo entre 3-15 g kg<sup>-1</sup> para Ca nas plantas, de modo geral. As plantas de *Platypodium elegans* que receberam o composto orgânico de lodo de esgoto não apresentaram diferença estatística significativa (Tabela 25). As plantas que receberam a adubação com COLE e testemunha apresentaram valores considerados adequados para o nutriente e a dose de 2,0 kg/cova de COLE o maior valor de Ca (Tabela 19).

Como referência para teor de Mg na matéria seca de plantas Epstein e Bloom (2004) apresentaram como referência um valor igual a 2,0 g kg<sup>-1</sup> e a SBCS-CQFS (2004) valores variando entre 2 e 8 g kg<sup>-1</sup> como referência para espécies florestais.

Apesar da influência estatisticamente não significativa dos tratamentos, observa-se pela média dos valores de Mg, um aumento do teor do nutriente nas plantas adubadas com

o COLE em comparação com a testemunha (Tabela 25), sendo que a dose de 2,0 Kg/cova de COLE proporcionou o maior valor para o nutriente Mg nas folhas das plantas. Os teores de Mg obtidos nos tratamentos e testemunha encontram-se um pouco abaixo dos valores de referência encontrados na literatura para espécies florestais (Tabela 19). O Enxofre encontrado no tecido foliar de espécies florestais, segundo Epstein e Bloom (2004), apresentam como referência valores de 1,0 g Kg<sup>-1</sup> como sendo adequado e SBCS-CQFS (2004) falam em um intervalo de 1,0 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos com COLE e a testemunha em relação ao S, mas a dose de 2,0 kg/cova de COLE promoveu a maior média do teor de Mg nos tecidos foliares das plantas (Tabela 19). Os valores das médias do nutriente Mg encontrado na fitomassa das plantas de *Platypodium elegans* são considerados adequados, segundo EPSTEIN e BLOOM (2004).

**Tabela 19: Teores de macronutrientes em plantas de *Platypodium elegans*, produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MACRONUTRIENTES											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g/Kg											
0	27,17		3,56		18,43		7,93		1,22		1,21	
2	29,70		3,27		17,17		10,57		1,44		1,43	
4	26,80		2,98		18,50		7,13		1,29		1,23	
8	21,01		3,11		17,05		8,40		1,33		1,19	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	26,33	NS	13,93	NS	9,30	NS	38,00	NS	21,12	NS	18,00

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

### 6.3.2.2 Micronutrientes

Silveira et. al. (2005), relata valores entre 2 e 10 mg kg<sup>-1</sup> como adequados para o teor de Cu nas folhas das plantas. As plantas de *Platypodium elegans* adubadas com o COLE não apresentaram aumento significativo em comparação com a testemunha e o teor de Cu presente nos tecidos foliares está adequado conforme mostrado na Tabela 20.

O teor de Fe presente nos tecidos foliares das plantas de *Platypodium elegans* (Tabela 20) não apresentou diferença estatisticamente significativa em comparação com a testemunha apesar das parcelas de plantas adubadas com COLE apresentarem um aumento no teor do micronutriente. A dose de 2,0 kg/cova apresentou o maior valor do teor de Fe nas folhas das plantas de Amendoim bravo (Tabela 20).

Larcher (2004), apresenta o valor de 100 mg kg<sup>-1</sup> de Fe como necessidade média para o bom desenvolvimento das plantas terrestres. As plantas apresentaram valores de Fe em suas folhas considerados deficientes (Tabela 20).

Larcher (2004), considera adequados teores de Mn entre o intervalo de 30-50 mg kg<sup>-1</sup> e as plantas de *Platypodium elegans* apresentaram valores considerados deficientes para o micronutriente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos com COLE e a testemunha, conforme pode-se observar na Tabela 20.

Dechen e Nachtigall (2006) consideram adequados os intervalos de ocorrência entre 3 e 150 mg kg<sup>-1</sup>, para o micronutriente Zn, afirmando que valores menores que 25 mg kg<sup>-1</sup> seriam considerados deficientes nas folhas das plantas.

As plantas de *Platypodium elegans* apresentaram teores de Zn deficientes nas folhas e não houve diferença significativa entre as plantas adubadas com o COLE e a testemunha (Tabela 20). Dechen e Nachtigall (2006), relatam que os valores adequados para o crescimento normal de plantas fica entre 30 e 50 mg kg<sup>-1</sup> e as deficiências se pronunciam de forma mais severa em teores menores que 15 mg kg<sup>-1</sup>. O teor de B encontrado nas folhas das plantas de Amendoim bravo não apresentou diferença significativa nas plantas em comparação com a testemunha e a dose de 2,0 kg/cova de COLE apresentou o maior teor de Boro nos tecidos foliares das plantas (Tabela 20).

**Tabela 20: Teores de micronutrientes em plantas de *Platypodium elegans*, produzidas em substrato à base de COLE, após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MICRONUTRIENTES									
	Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	mg/Kg									
0	4,51		39,92		10,78		15,93		31,26	
2	4,31		55,23		12,78		13,73		57,48	
4	4,30		42,98		9,70		14,44		36,04	
8	4,45		53,13		10,43		15,36		35,80	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	21,11	NS	31,99	NS	22,98	NS	13,67	NS	44,47

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

#### **6.4 Mudanças de Coração de Negro (*Poecilanthe parviflora*) produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido**

##### **6.4.1 Diâmetro e Altura**

A espécie ocorre principalmente na Floresta Estacional Semidecidual e na Floresta Estacional Decidual sendo menos frequente na Floresta Ombrófila Mista (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994). De acordo com Carvalho (2003), o *Poecilanthe parviflora* apresenta ritmo de crescimento lento a moderado atingindo até 9,15 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Com relação à nutrição de espécies arbóreas nativas a demanda por nutrientes varia entre espécies, estação climática e estágio de crescimento, e é mais intensa na fase inicial de crescimento das plantas. Espécies clímaxes geralmente possuem sistema radicular de maior espessura, menor tamanho, menos ramificado e menor eficiência no uso de nutrientes, características desfavoráveis à absorção de fósforo (GONÇALVES, et. al. 1992). A Figura 23 ilustra o aspecto das parcelas de mudas de *Poecilanthe parviflora*, produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido, aos 24 meses após o plantio.



Figura 23: Vista das parcelas da espécie *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de esterco de curral), 24 meses após o plantio

Fonte: Autor, 2012

A Tabela 21 apresenta os resultados de crescimento em diâmetro e altura da espécie *Poecilanthe parviflora*, durante dois anos após o plantio e aplicação das diferentes dosagens de COLE na cova. As doses de COLE utilizadas não afetaram significativamente o diâmetro e altura da espécie *Poecilanthe parviflora* durante os cinco períodos analisados em comparação com a testemunha.

As médias do diâmetro referente às dosagens 2,0 e 4,0 kg tiveram um aumento não significativo à partir de 12 meses após o plantio, e a dose de 2,0 kg/cova de COLE proporcionou também um aumento não significativo na altura das plantas a partir dos 18 meses do plantio ( Tabela 21 ) em comparação com a testemunha.

Espécies clímax estudadas em condições de campo por LIMA et. al., (1997), quando adubadas apresentaram níveis de crescimento comparáveis ao tratamento sem adubação, tanto aos 8 quanto aos 16 meses após o plantio.

As plantas de Coração de negro plantadas em substrato à base de esterco de curral curtido apresentaram crescimento significativo nos cinco períodos analisados, crescendo em média 1,85 m em 24 meses após o plantio, conforme mostrado na Tabela 21.

**Tabela 21: Diâmetro e Altura das plantas de *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.**

Período	Diâmetro						Altura					
	0m	06m	12m	18m	24m	Média	0m	06m	12m	18m	24m	Média
Dose Kg/cova	----- mm -----						----- metros -----					
0	9,83	12,28	30,66	37,93	50,21	28,18	1,27	1,36	2,01	2,18	2,90	1,94
2	10,82	15,68	32,21	41,43	48,65	29,75	1,19	1,40	2,10	2,65	3,18	2,10
4	14,07	17,21	31,69	41,19	52,87	31,41	1,29	1,37	1,59	2,05	2,90	1,84
8	9,89	13,31	27,77	35,53	53,48	28,00	1,02	1,31	1,95	2,20	3,18	1,93
Média	11,15A	14,62A	30,58B	39,02C	51,30D		1,19A	1,36A	2,03B	2,15B	3,04C	
			Prob F	CV					Prob F	CV		
Dose			NS	44,06					NS	44,62		
Período			**	18,43					**	17,42		
Dose x período			NS	-					NS	-		

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente).

## 6.4.2 Análise foliar

### 6.4.2.1 Macronutrientes

A Tabela 22 mostra os resultados dos teores de macronutrientes encontrados nos tecidos foliares das plantas de amendoim bravo (*Poecilanthe parviflora*) produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.

LARCHER, 2004, considera adequado valores para o Nitrogênio entre o intervalo de 15 – 25 g kg<sup>-1</sup> e conforme pode-se observar na Tabela 28, as plantas de coração de negro apresentaram teores de Nitrogênio em suas folhas considerado adequado. Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos com COLE e a testemunha, a dose de 8,0 kg/ cova apresentou o maior valor para o macronutriente (Tabela 22).

KOPINGA e VAN DEN BURG (1995), consideram normais os valores de Fósforo entre o intervalo de 1,4 e 1,9 g kg<sup>-1</sup> e altos quando acima de 1,9 g kg<sup>-1</sup>. As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram teores de P abaixo do valor considerado adequado (Tabela 22) e não houve diferença significativa entre os tratamentos com COLE e a testemunha. A dose de 8,0 kg/cova apresentou o maior valor do macronutriente no tecido foliar das plantas.

O teor médio de K necessário ao bom desenvolvimento das plantas, segundo LARCHER (2004) está entre 5-20 g Kg<sup>-1</sup>. As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram teores de K considerados adequados e não houve diferença estatisticamente significativa entre as plantas adubadas com o COLE e a testemunha (Tabela 22).

Para GRASSI FILHO (2007) e LARCHER (2004) o intervalo entre 3-15 g kg<sup>-1</sup> para Ca nas plantas de modo geral é considerado adequado. O teor de Ca presente nas folhas das plantas de Coração de negro está alto e apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos a dose de 8,0 Kg/cova apresentou o maior valor do nutriente (Tabela 22).

EPSTEIN e BLOOM (2004) apresentaram como referência para teor de Mg na matéria seca de plantas um valor igual a 2,0 g kg<sup>-1</sup>. As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram valores considerados adequados e o maior valor do teor de Mg apesar de estatisticamente não significativo foi obtido com a dose de 8,0 Kg/cova de COLE (Tabela 22).

Em relação ao Enxofre o maior valor obtido foi promovido pela média da dose de 8,0 Kg/cova de COLE e não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos com COLE e a testemunha.

Como valores de referência para a ocorrência de S nas plantas, Epstein e Bloom (2004) apresentam 1,0 g kg<sup>-1</sup> como sendo adequado e SBCS-CQFS (2004) falam em um intervalo de 1,0 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>. As plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram teores de S considerados adequados (Tabela 22).

**Tabela 22: Teores de macronutrientes em plantas de *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MACRONUTRIENTES											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g/Kg											
0	22,08		1,29		12,98		18,18		2,15		1,25	
2	21,73		1,33		12,37		15,66		2,27		1,22	
4	22,13		1,20		12,70		17,95		2,17		1,19	
8	23,47		1,34		11,92		18,39		2,57		1,37	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	8,65	NS	13,89	NS	12,80	NS	22,30	NS	13,32	NS	9,71

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

#### 6.4.2.2 Micronutrientes

A Tabela 23 apresenta os teores de micronutrientes em plantas de *Poecilanthe parviflora* produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.

Não houve diferença entre os tratamentos com COLE e a testemunha quanto ao teor de Cobre (Tabela 23), sendo que todas as plantas apresentaram teor abaixo do nível considerado adequado ( 5-10 mg kg<sup>-1</sup>) por Larcher ( 2004 ) e 5 - 20 mg kg<sup>-1</sup> citado por DECHEN e NACHTIGALL (2006).

Dechen e Nachtigall (2006), consideram concentrações adequadas de Fe ao bom crescimento das plantas as que ocorrem entre 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup>, podendo-se considerar deficientes as plantas com menos de 10 mg kg<sup>-1</sup> de Fe. Tanto as parcelas de plantas adubadas com o COLE bem como a testemunha apresentaram teores de Fe considerado adequado ( Tabela 23).

As médias de teores de Fe não apresentaram diferença significativa para os tratamentos com o COLE em comparação com a testemunha, apesar da dose de 8,0 Kg/cova ter apresentado o maior valor para micronutriente ( Tabela 23).

**Tabela 23: Teores de micronutrientes em plantas de *Poecilanthe parviflora* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MICRONUTRIENTES									
	Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	mg/Kg									
0	3,31		89,01		9,93		19,94		87,10	
2	4,03		67,83		12,09		19,60		81,00	
4	2,88		80,63		10,94		22,39		91,56	
8	4,22		95,19		14,92		22,35		114,66	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	21,24	NS	32,04	NS	33,23	NS	18,58	NS	32,32

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

Não houve diferença entre os tratamentos com COLE e a testemunha quanto ao teor de Cobre ( Tabela 23) , sendo que todas as plantas apresentaram teor abaixo do nível considerado adequado ( 5-10 mg kg<sup>-1</sup>) por LARCHER ( 2004 ), e 5 - 20 mg kg<sup>-1</sup> citado por DECHEN e NACHTIGALL (2006).

Dechen e Nachtigall (2006), consideram concentrações adequadas de Fe ao bom crescimento das plantas as que ocorrem entre 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup>, podendo-se considerar deficientes as plantas com menos de 10 mg kg<sup>-1</sup> de Fe. Tanto as parcelas de plantas adubadas com o COLE bem como a testemunha apresentaram teores de Fe considerado adequado ( Tabela 23). As médias de teores de Fe não apresentaram diferença estatisticamente significativa para os tratamentos com o COLE em comparação com a testemunha, apesar da dose de 8,0 kg/cova ter apresentado o maior valor para micronutriente ( Tabela 23).

Para o Manganês as plantas não apresentaram aumento estatisticamente significativo, mas as plantas de *Poecilanthe parviflora* adubadas com o composto orgânico de lodo de esgoto apresentaram um aumento no teor do micronutriente em comparação com a testemunha, e a dose de 8,0 kg/cova de COLE revelou o maior teor de Mn no tecido das plantas (Tabela 23).

Dechen e Nachtigall (2006) relatam intervalos de ocorrência para o Zinco entre 3 e 150 mg kg<sup>-1</sup>, afirmando que valores menores que 25 mg kg<sup>-1</sup> seriam considerados deficientes nas folhas das plantas. Já Larcher (2004), considera o intervalo de 30-50 mg Kg<sup>-1</sup> de Zn como adequado ao crescimento das plantas.

Todas as plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram médias de teores de Zn considerados deficientes e as plantas adubadas com o COLE não apresentaram aumento significativo de Zn em comparação com a testemunha. As plantas que receberam doses de COLE 4,0 e 8,0 Kg/cova apresentaram respectivamente os maiores valores para teor de Zn nas folhas ( Tabela 23).

Com relação ao Boro, Larcher (2004), considera como adequados valores entre o intervalo de 10-40 mg Kg<sup>-1</sup> para o micronutriente e conforme pode-se observar na Tabela 23, as plantas de *Poecilanthe parviflora* apresentaram teores de B considerados altos, sendo a dose de 8,0 Kg/cova de COLE a que apresentou o maior valor para o micronutriente.

## **6.5 Mudas de Aldrago (*Pterocarpus violaceus* ) produzidas em substrato à base de esterco curral.**

### **6.5.1 Altura e Diâmetro**

A espécie *Pterocarpus violaceus* ( Aldrago) classificada como secundária cresceu em média 3,50 m em 24 meses após o plantio , apresentando boa formação da copa, conforme pode-se observar na Figura 24.



Figura 24: Vista das parcelas da espécie *Pterocarpus violaceus* ( produzidas em substrato à base de esterco de curral ), 24 meses após o plantio.

Fonte : Autor, 2011

As plantas de *Pterocarpus violaceus* não apresentaram diferença estatística significativa para os parâmetros diâmetro e altura com as diferentes doses de composto orgânico de lodo de esgoto aplicadas na cova de plantio, durante 24 meses após o plantio ( Tabela 24) . As médias correspondentes às dosagens de 2,0, 4,0 e 8,0 kg /cova de COLE, revelam um aumento não significativo do diâmetro em função do aumento das doses do composto, durante os cinco períodos analisados. Todas as plantas apresentaram aumento significativo do diâmetro em função dos períodos, conforme valores apresentados na Tabela 30.

O mesmo pode ser observado com as plantas de *Pterocarpus*, com relação à altura , que apesar de não significativo, sofreu um incremento a partir dos 12 meses após o plantio, proporcional ao aumento da dose do composto aplicado nas covas em comparação com a testemunha, conforme pode-se observar na Tabela 24.

A dose de 8,0 kg/cova de COLE apresentou os maiores valores para o parâmetro altura a partir dos 6 meses após o plantio, e todas as plantas apresentaram aumento significativo da altura durante os períodos analisados ( Tabela 24 ).

**Tabela 24: Diâmetro e Altura das plantas de *Pterocarpus violaceus* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.**

Dose Período	Diâmetro						Altura					
	0m	06m	12m	18m	24m	Média	0m	06m	12m	18m	24m	Média
Kg/cova	----- mm -----						----- metros -----					
0	12,02	18,03	47,73	39,25	66,81	36,79	0,98	1,27	2,83	2,63	4,33	2,40
2	13,05	16,59	54,57	40,38	69,46	38,81	1,15	1,42	3,58	3,05	4,38	2,71
4	15,71	21,01	62,69	49,17	79,65	45,64	1,30	1,70	3,95	3,46	5,28	3,14
8	15,67	20,80	58,24	46,67	87,13	45,70	1,31	1,74	3,93	3,15	4,85	3,00
Média	1,19A	1,53A	3,62B	3,07C	4,71D		1,19A	1,53A	3,62B	3,07C	4,71D	
Dose			Prob F	CV					Prob F	CV		
Período			NS	42,46					NS	44,05		
Dose x período			**	22,34					**	17,97		
			NS	-					NS	-		

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente).

## 6.5.2 Análise foliar

### 6.5.2.1 Macronutrientes

As plantas de *Pterocarpus violaceus* (Aldrago), não apresentaram diferença significativa em relação ao Nitrogênio quando adubadas com o COLE em comparação com a testemunha, conforme mostrado na Tabela 25. Os teores de Nitrogênio encontrado nas folhas das plantas para os tratamentos e testemunha é considerado adequado, de acordo com LARCHER, (2004).

O teor de Fósforo encontrado nas folhas das plantas de Aldrago que receberam a adição de 4,0 kg/cova de COLE e a testemunha são considerados deficientes, segundo LARCHER (2004), que recomenda como adequado um intervalo entre 1,5 - 3 g kg<sup>-1</sup> do macronutriente na biomassa das plantas. Não houve diferença significativa em relação ao

teor de P encontrados nas plantas, mas as doses de 2,0 e 8,0 kg/cova de COLE apresentaram os maiores valores para o nutriente ( Tabela 25).

O Potássio apresentou uma redução não significativa nas folhas das plantas de Aldrago com a adição do composto em comparação com a testemunha ( Tabela 31) e os teores obtidos estão dentro do intervalo considerado adequado para o crescimento das plantas, conforme Larcher ( 2004), que recomenda um intervalo entre 5-20 g kg<sup>-1</sup> como necessário para o crescimento das plantas em geral .

As médias do teor de Ca encontrado nas plantas de *Pterocarpus violaceus* não apresentaram diferença estatística significativa, mas as doses de 4,0 e 8,0 kg/cova de COLE aplicadas nas plantas promoveram respectivamente um aumento no teor do macronutriente nas folhas das mesmas ( Tabela 25).

Epstein e Bloom (2004) relatam um valor de referência igual a 5 g kg<sup>-1</sup> para o Ca na matéria seca de plantas. Grassi Filho (2007) e Larcher (2004) apresentaram um intervalo entre 3-15 g kg<sup>-1</sup> para Ca nas plantas, de modo geral. As plantas de *Pterocarpus violaceus* adubadas com o COLE e a testemunha apresentaram teores de Ca considerados adequados ( Tabela 25).

O teor de Mg encontrado nas folhas das plantas de *Pterocarpus violaceus* adubadas com o COLE tiveram um aumento estatisticamente não significativo em comparação com a testemunha , sendo que as planta adubadas com a dose de 4,0 kg /cova apresentaram o maior valor para o nutriente ( Tabela 25). Todos os tratamentos e testemunha apresentam teores do nutriente considerados adequados de acordo com Larcher (2004), que estabelece um intervalo entre 3-15 g kg<sup>-1</sup> como necessário ao crescimento das plantas em geral.

Em relação ao Enxofre o maior teor encontrado nas folhas das plantas de *Pterocarpus violaceus* foi para a dose de 2,0 kg/cova, apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos e testemunha (Tabela 25).

Como valores de referência para a ocorrência de S nas plantas, Epstein e Bloom (2004) apresentam 1,0 g kg<sup>-1</sup> como sendo adequado e SBCS-CQFS (2004) falam em um intervalo de 1,0 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>. Todos os tratamentos e testemunha apresentaram resultados considerados adequados para o S em suas folhas (Tabela 25).

**Tabela 25: Teores de macronutrientes em plantas de *Pterocarpus violaceus* (produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MACRONUTRIENTES											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g/Kg											
0	22,99		1,34		15,43		16,66		1,35		1,82	
2	23,27		1,61		15,54		14,44		1,57		2,14	
4	21,42		1,22		10,85		22,49		1,76		1,80	
8	21,34		1,59		13,00		23,77		1,67		1,89	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	12,63	NS	23,28	NS	24,10	NS	35,72	NS	27,77	NS	14,75

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

### 6.5.2.2 Micronutrientes

Larcher (2004), recomenda um intervalo de 5-10 mg kg<sup>-1</sup> de Cu como adequado ao crescimento das plantas .

O teor de Cobre encontrado nas folhas das plantas de *Pterocarpus violaceus*, não apresentou aumento estatisticamente significativo com a adição do COLE em comparação com a testemunha. A dose de 2,0 kg/cova de COLE apresentou o maior valor para o micronutriente, seguida pela dose de 8,0 kg/cova do composto. Somente essas doses atingiram o limite considerado adequado para o Cu nos tecidos foliares das plantas, conforme pode-se observar na Tabela 26.

Com relação ao teor de Fe também não houve diferença estatisticamente significativa dos tratamentos com COLE em comparação com a testemunha, mas a dose de 4,0 kg/cova de composto orgânico de lodo de esgoto apresentou o maior valor encontrado nos tecidos foliares das plantas de *Pterocarpus violaceus*, conforme pode - se observar na Tabela 26. As plantas apresentaram teores de Fe considerados adequados, segundo

Dechen e Nachtigall (2006), que apresentam como concentrações adequadas ao bom crescimento das plantas o intervalo entre 50 e 100 mg kg<sup>-1</sup> de Fe.

O teor de Manganês encontrado nos tecidos foliares não apresentaram diferença estatisticamente significativa nas plantas adubadas com COLE em comparação com a testemunha, apesar da dose de 8,0 kg/cova de COLE ter apresentado o maior teor de Mn nas folhas das plantas de *Pterocarpus violaceus* (Tabela 26).

Larcher (2004), recomenda como adequado o intervalo de 30-50 mg kg<sup>-1</sup> de Mn na fitomassa das plantas. As plantas de *Pterocarpus violaceus* que receberam 2,0 e 4,0 kg/cova de COLE apresentaram teores de Mn um pouco abaixo do considerado adequado (Tabela 26).

O teor de Zinco presente nos tecidos foliares das plantas de *Pterocarpus violaceus* não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos e a testemunha, sendo que a dose de 8,0 kg/cova de COLE foi a que apresentou o maior valor do micronutriente nas folhas das plantas (Tabela 31). Segundo Larcher (2004), o intervalo recomendado como adequado para o crescimento das plantas é de 10 -50 mg kg<sup>-1</sup>. As plantas adubadas com COLE e a testemunha apresentaram valores dentro do intervalo considerado como adequado (Tabela 26).

O teor de Boro apresentado como adequado por LARCHER (2004), está entre o intervalo de 10-40 mg kg<sup>-1</sup> e as plantas de *Pterocarpus violaceus* adubadas com o COLE não apresentaram diferença estatisticamente significativa nos teores de B em comparação com a testemunha e as doses de 2,0 e 4,0 kg/cova de COLE promoveram uma redução no teor do micronutriente em comparação com as plantas que não receberam o composto (Tabela 26). Todos os tratamentos e a testemunha apresentaram teores de boro considerados como adequados.

**Tabela 26: Teores de micronutrientes em plantas de *Pterocarpus violaceus* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MICRONUTRIENTES									
	Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	mg/Kg									
0	4,04		133,88		38,63		12,19		35,67	
2	6,46		92,02		20,59		12,16		22,87	
4	4,60		176,01		28,68		12,14		18,16	
8	5,52		138,29		54,40		16,76		32,47	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	34,97	NS	43,74	NS	62,82	NS	31,67	NS	47,99

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente.

## 6.6 Mudas de Amendoim bravo (*Platypodium elegans*) produzidas em substrato à base de esterco de curral curtido.

### 6.6.1 Altura e Diâmetro

As espécies dos estádios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes relativamente àquelas dos estádios sucessionais subsequentes, característica intimamente relacionada com o potencial de crescimento ou taxa de biomassa (FURTINI NETO et. al. 2000).

A Figura 25 mostra as parcelas da espécie amendoim bravo (*Platypodium elegans*) aos 24 meses após o plantio, apresentando um ritmo de crescimento bastante rápido em comparação com espécies secundárias e clímaxes.

As mudas tinham em média 30 cm de altura e 5 cm de diâmetro no plantio e aos 24 meses após o plantio estavam com 4,0 m de altura e 54 cm de diâmetro, confirmando sua classificação como planta arbórea pioneira. As médias confirmam o crescimento significativo do diâmetro e altura das plantas em função dos períodos analisados, mas sem interferência significativa das diferentes doses de COLE aplicadas na cova de plantio (Tabela 27).

Siqueira e Saggin Junior (2001), relatam que a espécie *Platypodium elegans* não responde à inoculação de fungos micorrízicos na fase de muda, mesmo em solos pobres.



Figura 25: Vista das parcelas da espécie *Platypodium elegans* produzidas em substrato à base de esterco de curral, aos 24 meses após o plantio.

Fonte: Autor, 2012

A Tabela 27 apresenta os resultados de crescimento em diâmetro e altura da espécie, *Platypodium elegans* durante dois anos após o plantio e aplicação das diferentes dosagens de COLE na cova. As doses de COLE utilizadas não afetaram significativamente o diâmetro e altura da espécie *Platypodium elegans* durante os cinco períodos analisados em comparação com a testemunha.

Houve um aumento estatisticamente não significativo do diâmetro das plantas que receberam 4,0 e 8,0 kg de COLE aos 24 meses após o plantio. Com relação à altura das plantas de *Platypodium elegans*, a dose de 4,0 kg/ cova do COLE proporcionou um aumento não significativo a partir de 18 meses após o plantio ( Tabela 27).

Todas as plantas de *Platypodium elegans* apresentaram crescimento estatisticamente significativo em diâmetro e altura durante os cinco períodos analisados, conforme pode-se observar na Tabela 27.

**Tabela 27 : Diâmetro e Altura das plantas de *Platypodium elegans* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, analisados durante o período de 24 meses.**

Dose \ Período	Diâmetro						Altura					
	0m	06m	12m	18m	24m	Média	0m	06m	12m	18m	24m	Média
<b>Kg/cova</b>	----- cm -----						----- m -----					
0	3,91	10,30	40,39	49,52	54,84	31,79	0,21	0,97	2,96	3,76	4,28	2,44
2	5,17	8,14	31,29	35,49	46,63	25,34	0,34	0,57	2,43	3,00	4,30	2,12
4	4,89	12,15	41,02	45,16	55,81	31,81	0,29	0,98	3,68	4,73	4,90	2,91
8	5,84	11,77	38,74	43,46	55,75	31,11	0,38	0,93	2,55	2,90	3,65	2,08
Média	4,95A	10,59A	37,86B	43,41B	53,83C		0,30A	0,86A	2,90B	3,60BC	4,32C	
Dose	Prob F					CV	Prob F					CV
Período	NS					68,07	NS					60,44
Dose x período	**					30,76	**					32,37
	NS					-	NS					-

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente)

## 6.6.2 Análise foliar

### 6.6.2.1 Macronutrientes

A Tabela 28 mostra os resultados dos teores dos macronutrientes encontrados nos tecidos foliares das plantas de Amendoim bravo (*Platypodium elegans*).

O teor de Nitrogênio encontrado nas folhas das plantas de *Platypodium elegans* não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos e a testemunha, conforme pode-se observar na Tabela 28, e segundo Epstein e Bloom (2004), os teores de 15 g kg<sup>-1</sup> de Nitrogênio são considerados normais para plantas, enquanto Larcher, 2004 apresenta teores de N adequado no intervalo entre 15-25 g kg<sup>-1</sup>. As plantas apresentaram teores de Nitrogênio considerado alto.

Os tratamentos com COLE não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao teor de Fósforo nas folhas das plantas de Amendoim bravo em comparação com a testemunha (Tabela 28). O teor de Fósforo encontrado nos tecidos foliares das plantas de *Platypodium elegans* são considerados altos, segundo Larcher (2004), que estabelece o intervalo de 1,5-3,0 g kg<sup>-1</sup> como adequado nas folhas das plantas.

Com relação ao teor de Potássio encontrado nas folhas das plantas de *Platypodium elegans*, a Tabela 28 mostra que os teores de K encontrados nas folhas das plantas que receberam o COLE como nas folhas das testemunhas são considerados adequados, segundo

LARCHER ( 2004), que recomenda um intervalo de 5-20 g kg<sup>-1</sup> como adequado . A dose de 8,0 Kg/cova do composto apresentou o maior valor para o nutriente (Tabela 28 ).

Apesar de não apresentar diferença estatística significativa, o teor de Ca encontrado nas folhas das plantas adubadas com COLE, a dose de 4,0 kg/cova de COLE apresentou o maior teor do nutriente nos tecidos foliares das plantas de *Platypodium elegans* (Tabela 28), ultrapassando o valor máximo do intervalo de 3-15 g kg<sup>-1</sup> relatado por LARCHER ( 2004), como adequado ao crescimento das plantas.

O teor de magnésio sofreu um aumento não significativo quando da adição do COLE em comparação com a testemunha, e a dose de 2,0 Kg/cova do composto revelou o maior teor de Mg nas folhas das plantas de Amendoim bravo ( Tabela 28). Larcher (2004) apresentou como referência para teor de Mg na matéria seca de plantas valores entre o intervalo de 1-3 g Kg<sup>-1</sup> , o que mostra que as plantas de Amendoim bravo adubadas com COLE e a testemunha, apresentaram teores de Mg em suas folhas considerados adequados ( Tabela 28).

Epstein e Bloom (2004) apresentam como valores de referência para a ocorrência de S nas plantas o valor de 1,0 g kg<sup>-1</sup> como sendo adequado e SBCE-CQFS (2004) falam em um intervalo de 1,0 a 2,0 g kg<sup>-1</sup> . Todas as plantas de *Platypodium elegans* apresentaram valores adequados para o S e não houve diferença significativa entre os teores de S dos tratamentos e testemunha ( Tabela 28 ). A dose de 2,0 kg/cova apresentou o maior teor de S nas folhas das plantas de Amendoim bravo.

**Tabela 28: Teores de macronutrientes em plantas de *Platypodium elegans* ( produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MACRONUTRIENTES											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g/Kg											
0	30,54		3,40		16,89		11,22		1,62		1,44	
2	30,37		3,32		17,75		13,58		2,28		1,62	
4	29,20		3,38		13,51		20,75		2,10		1,48	
8	30,85		3,67		19,24		12,09		1,70		1,58	
	Prob	CV	Prob	CV	Prob	CV	Prob	CV	Prob	CV	Prob	CV
Dose	F		F		F		F		F		F	
	NS	6,24	NS	27,56	NS	19,25	NS	30,69	NS	39,24	NS	12,64

NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente

### 6.6.2.2 Micronutrientes

Os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn e B encontrados nas folhas das plantas de *Platypodium elegans* são apresentados na Tabela 29.

O teor de Cobre encontrado nas folhas das plantas de Amendoim bravo não apresentou diferença estatística significativa nos tratamentos em comparação com a testemunha, mas as doses de 2,0 e 8,0 de COLE/cova apresentaram os maiores valores de Cu nos tecidos foliares das plantas ( Tabela 35). Larcher (2004), considera adequado um intervalo de 5-10 mg kg<sup>-1</sup> de Cu para o crescimento normal das plantas . Os tratamentos e a testemunha apresentaram teores considerados adequados conforme pode- se observar na Tabela 29.

Com relação ao Fe, os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa em comparação com a testemunha, apesar da dose de 2,0 kg/cova de COLE ter apresentado o maior valor para o micronutriente encontrado nos tecidos foliares, seguida pela dose de 4,0 kg/cova de COLE (Tabela 29). Os teores de Fe encontrados nas folhas das plantas adubadas com as doses citadas acima estão mais próximos do valor recomendado por Larcher (2004), que apresenta como necessário ao crescimento das plantas um teor de Fe aproximado de 100 mg kg<sup>-1</sup>.

O teor de Manganês encontrado nos tecidos foliares das plantas de *Platypodium elegans*, está baixo, segundo Larcher (2004), que relata um intervalo de 30-50 mg kg<sup>-1</sup> de Mn como adequado para o crescimento das plantas em geral. A adição do COLE não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha conforme pode-se observar na Tabela 29, apesar do aumento do teor de Mn nas folhas das plantas com a adição do COLE e da dose de 4,0 kg/cova de composto ter proporcionado o maior teor de Mn nas folhas das plantas de Amendoim bravo.

**Tabela 29: Teores de micronutrientes em plantas de *Platypodium elegans* (produzidas em substrato à base de esterco curral), após aplicação de diferentes dosagens do composto orgânico de lodo de esgoto, aos 36 meses após o plantio.**

Dosagem Kg/cova	MICRONUTRIENTES									
	Cu		Fe		Mn		Zn		B	
	mg/Kg									
0	5,71		51,90		5,85		14,36		54,81	
2	6,46		93,06		8,97		18,77		64,76	
4	4,68		79,19		12,95		18,43		87,17	
8	7,01		55,77		7,01		16,44		57,03	
Dose	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV	Prob F	CV
	NS	28,99	NS	48,57	NS	42,22	NS	24,22	NS	35,47

Médias seguidas da mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; letras minúsculas comparam médias de épocas; maiúsculas, média total. (NS = não significativo, \* e \*\*, significativos ao nível de 5% e 1%, respectivamente).

O teor de Cobre encontrado nas folhas das plantas de Amendoim bravo não apresentou diferença estatística significativa nos tratamentos em comparação com a testemunha, mas as doses de 2,0 e 8,0 kg/cova de COLE, apresentaram os maiores valores de Cu nos tecidos foliares das plantas (Tabela 35). Larcher (2004), considera adequado um intervalo de 5-10 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu para o crescimento normal das plantas. Os tratamentos e a testemunha apresentaram teores considerados adequados conforme pode-se observar na Tabela 29.

Com relação ao Fe, os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa em comparação com a testemunha, apesar da dose de 2,0 kg/cova de COLE ter apresentado o maior valor para o micronutriente encontrado nos tecidos foliares, seguida pela dose de 4,0 kg/cova de COLE (Tabela 29). Os teores de Fe encontrados nas

folhas das plantas adubadas com as doses citadas acima estão mais próximos do valor recomendado por Larcher (2004), que apresenta como necessário ao crescimento das plantas um teor de Fe aproximado de  $100 \text{ mg Kg}^{-1}$ .

O teor de Manganês encontrado nos tecidos foliares das plantas de *Platypodium elegans*, está baixo, segundo Larcher (2004), que relata um intervalo de 30-50  $\text{mg kg}^{-1}$  de Mn como adequado para o crescimento das plantas em geral. A adição do COLE não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos e a testemunha conforme pode-se observar na Tabela 29, apesar do aumento do teor de Mn nas folhas das plantas com a adição do COLE e da dose de 4,0 kg/cova de composto ter proporcionado o maior teor de Mn nas folhas das plantas de Amendoim bravo.

O teor do micronutriente Zinco nas folhas das plantas de *Platypodium elegans* também apresentou um aumento não significativo com a adição do COLE, e as doses de 2,0 e 4,0 Kg apresentaram os maiores teores do micronutriente nas folhas das plantas (Tabela 35). Dechen e Nachtigall (2006) relatam que valores adequados para o Zn nas folhas das plantas estão em intervalos entre 3 e  $150 \text{ mg Kg}^{-1}$ . As plantas adubadas com o COLE e a testemunha apresentaram valores adequados para o Zn (Tabela 29).

As plantas adubadas com o COLE apresentaram um aumento não significativo para o Boro em comparação com a testemunha (Tabela 29) e as plantas que receberam a dose de 4,0 kg/cova de COLE apresentaram em suas folhas o maior teor do micronutriente.

Segundo Larcher (2004), o intervalo recomendado como adequado para o B é de  $10-40 \text{ mg Kg}^{-1}$  e para Dechen e Nachtigall (2006), os valores adequados para o crescimento normal de plantas fica entre 30 e  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  e as deficiências se pronunciam de forma mais severa em teores menores que  $15 \text{ mg kg}^{-1}$ . Todas as plantas de *Platypodium elegans* apresentaram teores de B acima do recomendado como adequados, conforme pode-se observar na Tabela 29.

## VI. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A compostagem do lodo de esgoto com restos de vegetais roçados das áreas do município de Mogi Guaçu, promoveu a estabilização do lodo, transformando-o em composto orgânico e viabilizando a sua utilização e disposição no solo

A adição do COLE não apresentou diferença significativa para as espécies Aldrigo (*pterocarpus violaceus*) e Amendoim bravo (*platypodium elegans*) ambas produzidas em substrato à base de COLE, mas os tratamentos com a dose de 8,0 Kg /cova do composto apresentaram os maiores valores para a altura e diâmetro das plantas.

As espécies de Coração de negro (*Poecilanthe parviflora*), Aldrigo (*Pterocarpus violaceus*), produzidas em substrato à base de esterco de curral apresentaram um incremento na altura e diâmetro com a adição do COLE, além da preservação do equilíbrio nutricional das plantas .

O solo utilizado no experimento é um solo eutrófico, com bom teor de matéria orgânica e teores de macro e micronutrientes adequados ao bom desenvolvimento das plantas, o que pode ter colaborado para o efeito não significativo para os parâmetros analisados com adição de doses diferentes do COLE na cova de plantio das mudas.

O uso do lodo de esgoto compostado com restos vegetais (COLE) na adubação de plantio das espécies nativas é uma alternativa viável para o destino e disposição dos resíduos gerados no município, como alternativa de substituição dos adubos orgânicos utilizados em adubações convencionais, com vantagens econômicas e ambientais evitando sua disposição em aterros sanitários.

## VII. CONCLUSÕES

As plantas de coração de negro ( *Poecilanthe parviflora* ) produzidas em substrato à base de COLE , apresentaram redução significativa na altura das plantas e redução significativa dos teores de Ca e Mg presentes no tecidos foliares, além de um desequilíbrio nos teores de micronutrientes presentes nos tecidos foliares, com a adição do COLE na cova de plantio. Apenas o diâmetro teve interação significativa positiva com a adição de 2,0 kg/cova do composto.

As espécies adrago ( *pterocarpus violaceus* ) e amendoim bravo ( *platypodium elegans* ) produzidas em substrato à base de cole, não apresentaram diferença significativa para os parâmetros analisados com a adição do COLE na cova de plantio em comparação com a testemunha. e valores adequados para os teores de macro e micronutrientes.

As espécies de Coração de negro ( *Poecilanthe parviflora* ), Aldrago ( *Pterocarpus violaceus* ) e Amendoim bravo ( *Platypodium elegans* ) produzidas em substrato à base de esterco de curral também não apresentaram diferença significativa para os parâmetros analisados com a adição do COLE na cova de plantio em comparação com a testemunha.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2005, n 4, p 391-470.

ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer-Verlag, 1986.533p.

AISSE, M.N.; VAN HAANDEL, A C.; VON SPERLING, M. CAMPOS, J.R.; CORAUCCI FILHO, B; ALEM SOBRINHO, P. Tratamento e Destino Final do Lodo Gerado em Reatores Anaeróbios. In: CAMPOS, J.R. Alternativas para Tratamento de Esgotos. Pré – Tratamento de Águas para Abastecimento. Americana : consórcio Intermunicipal das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, n.9, p.271-299, 1994.

ANDRÉ, E.M. Metais pesados em solo adubado com lodo de esgoto. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1996, Águas de Lindóia. Anais...Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.( cd-rom).

ANDREOLI, C. V. Uso e Manejo de Lodos na Agricultura. Rio de Janeiro: ABES, 97 p.,1999.

BARBOSA, L.M. 1986. Estudos interdisciplinares do Instituto de Botânica em Mogi-Guaçu, SP. In: *Anais do Simpósio sobre Mata Ciliar*. Fundação Cargill. Campinas. p. 171-191.

BARBOSA, L.M. Sucessão vegetal e modelos de recuperação. In: Seminário Regional sobre recuperação de áreas degradadas. Subsídios para a conservação da biodiversidade manutenção dos sistemas hídricos. (**Apostila**). SMA-IBt, Mogi Guaçu, 41p, 2003.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4a ed. Porto Alegre: Artemed, 2007.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (Noções básicas)**. FUNEP, Jaboticabal, 42p., 1988.

BETTIOL W.; CAMARGO, O. A. Lodo de Esgoto, impactos ambientais na agricultura, 1ªed. Jaguariúna SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 346p.

BÜLL, L. T.; NAKAGAWA, J. Desenvolvimento, produção de bulbos e absorção de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio: magnésio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 409-415, 1995.

BULL, L. T. **Influência da relação K/(Ca + Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramínea e leguminosa forrageiras**. 1986. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v 32, p 1389-1397, 2008.

CANCIAN, M.A.E.; COREDEIRO, L. 1998. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Lonchocarpus muehlbergianus* Hassl. **Acta Botânica Brasilica** .12(3): 367-372.

CARVALHO, P.C.T. BARRAL, M.F. Aplicação do lodo de esgoto como fertilizante. *Fertilizantes*. São Paulo, v.3, n.2 (1981).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, 2003. v.1, p.407-411.

CASSINI, S.T.; (Coord.). *Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento de Biogás*. Rio de Janeiro: ABES, p. 11 – 52, 2003.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **P4230**: Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas- Critérios para projeto e implantação. São Paulo, 1999.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 375/06 – Critérios e Procedimentos para o uso agrícola dos lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, 32p, Brasília, 2006.

CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.;CORRÊA,A.S. Produção de bio sólido agrícola por meio de compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.04, PP.420-426, 2007.

CRIPPS, R.W.; MATOCHA, J.E. Effect of sewage sludge application to ameliorate iron deficiency of grain sorghum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.22, p.1931-1940, 1991.

CLARK, R. B. et al. Maize growth and mineral acquisition on acid soil amended with flue gas desulfurization byproducts and magnesium. **Communi. Soil Sci. Plant Anal**, v. 28, p. 1441-1459, 1997

CUNNINGHAM, J.D.; KEENEY, D. R.;RYAN, J. A . Yield and composition of crop and rye grown on sewage amended soil . *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.4, p.448-454, 1975.

DEMATTE, M.E.S.P. 1989. Recomposição de matas ciliares na região de Jaboticabal. In: *Anais do Simpósio sobre Mata Ciliar*. Fundação Cargill, Campinas, p. 160-170.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006, p. 327-354. EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta. 2004. 2ª Edição.

DIAS, F.L.F. Efeito da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor*). Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1994, 74p. Trabalho de Graduação.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Standards for the use or disposal of sewage sludge : 40 CFR Parts 403 and 503. Washington : EPA, 25p., 1995 b.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.**

Londrina: Planta. 2004. 2ª Edição.

FERNANDES, F. et al. Aperfeiçoamento de Tecnologia de Compostagem e Controle de patógenos. SANARE, Curitiba – Sanepar, v.5, nº 5, p 36-45, 1996.

FERNANDES, F. Estabilização e Higienização de Biossólidos. In: BETIOL, W.; CAMARGO, O .A (Ed.). Impacto Ambiental do Uso Agrícola do lodo de Esgoto. Jaguariúna : Embrapa, p. 45-68, 2000.

FELFILI, J. M. et al. **Recuperação de matas de galeria.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 45p. (Documentos, 21).

FRANCHINI, J.C. et al. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.533-542, 1999.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilidade em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L. de M. E BENEDETTI, V. 9 Edtis). **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba, IPEF, 2000, p.351-383.

GRASSI FILHO, H. **Macronutrientes.** Disponível em: [http://www.fca.unesp.br/instituicao/departamentos/recursos\\_naturais/ci\\_solo](http://www.fca.unesp.br/instituicao/departamentos/recursos_naturais/ci_solo). Acesso em 02/02/2013

GONÇALVES, J. L., JOSÉ LUIZ STAPE, V. B., e GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: J. L.

GONÇALVES, & V. BENEDETTI, *Nutrição e Fertilização Florestal* (p. p.35). Piracicaba, São Paulo: IPEF, 2000.

GONÇALVES, J. L., STAPE, J. L., BENEDETTI, V., FESSEL, V. A., e GAVA, J. L.. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: J. L. GONÇALVES, e V. BENEDETTI, *Nutrição e Fertilização Florestal* (pp. p.35-45). Piracicaba: IPEF, 2000.

GONÇALVES, J.L.M.; FREIXÊDAS, V.M.; KAGEYAMA, P.Y.; GONÇALVES, J.C.; DIAS, J.H. Produção de biomassa e sistema radicular de espécies de diferentes estágios sucessionais. *Revista Instituto Florestal*, 4: p.362-367, 1992.

GONÇALVES, J.L.M., VALERI, S.V., Micronutrientes para culturas: eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P., VAN RAIJ, B., ABREU, C.A. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq / FAPESP / POTAFOS, pp. 393-423, 2001.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, p.35-48, 1997.

GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American naturalist** 986 (3): 1169-94, 1997

HATTARI, F.H., BROADVENT, F.E., Influence of trace metals on some soil nitrogen transformations. *Journal of Environmental Quality*, v.11, p.1-4, 1991.

HELYAR, K.R. Effects of aluminium and manganese toxicity on legume growth. In: ANDEW, C.S.; KAMPRATH, E.J. eds. mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soil. Melbourne, CSIRO, p.207-231 1978.

HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea*

mays L.). **Scientia Agricola**, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-161998000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-161998000100014&script=sci_arttext)>.

HENRY, C.L., COLE, D.W., HARRISON, R.B. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forest. The pack forest sludge research program. *Forest Ecology and Management*, v.66, p.137-149, 1994.

IGUE, T.; LASCA, D.H. **Experimentação de campo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, BT 191, 32p., 1986.

KAGEYMA, P. Y., & CASTRO, C. F. Sucessão Secundária, Estrutura Genética e Plantações de Espécies Arbóreas Nativas. *IPEF* (n.41/42), pp. p.83-93. Jan/Dez de 1989.

KAGEYAMA, P. Y.; FREIXÊDAS, V.M.; GERES, W.L. A; DIAS, J.H.P.; CBORGES, A S. Consórcio de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais em Teodoro Sampaio, SP. *Revista Instituto Florestal*, São Paulo, v.4, n.2, p.527-533, 1992.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 257-264. 2007.

KIEHL, E. J. Fertilizantes Orgânicos. Editora Agronômica Ceres. Piracicaba, 492 p. 229-339.(1985).

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem : maturação e qualidade do composto. Editado pelo autor. Piracicaba, 1998.

KIEHL, E.J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4ª ed. E.J. Kiehl. Piracicaba. 173 p.(2004)

KOPINGA, J.; VAN DEN BURG, J. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. **Journal of Arboriculture**, v. 21, n. 1, p. 17-24 (1995).

LARCHER, W. A utilização dos elementos minerais. In: **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, p. 183-230. (2004).

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LAPERUTA, J.N. Estudo do Uso de Lodo de Estação de Tratamento de água e Esgoto Urbano nas Propriedades químicas do Solo. Tese ( Mestrado em Ciências Agrônomicas). Universidade Estadual Paulista “ Julio de Mesquita Filho “, 96p.,2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Ed. Plantarum: Nova Odessa. 368p., 1992.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas de ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001. 143p.

MELO, W.J., MARQUES, M.O., SANTIAGO, G., CHELI, R.A., LEITE, S.A.S., Efeito de doses crescente de lodo de esgoto sobre frações de matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v.a8, p.449-455, 1994.

MELO, W. J., MARQUES, M. O., e MELO., V. P. O uso do biossólido e as propriedades do solo. In: M. TSUTIYA, *Biossólidos na agricultura* (pp. 289-358). São Paulo, 2001

MELLO, V.E. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** , v.39, n.1, pp. 67-72, Janeiro, 2004.

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas propriedades químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.452-458, 2002.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8735.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2010.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeito da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998.

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, I.U.N.; GUNATTILLEKE, I.U.N.; BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P.L. & SWIFT, M.J.(Ed.) *The biological management of tropical soil fertility*. New York, John Wiley & Sons, p. 81-116, 1994.

MORAES NETO, S.P.; GONÇALVES, J.L.M.; TAKAKI, M.; CENCI, S.; GONÇALVES, J.C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na Mata Atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore** 24 (1): 35-45, 2000.

NASCIMENTO, C.W.; BARROS, D.A.; OLIVEIRA, E.E. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, pp. 385-392, 2004.

NETO, A. E., SIQUEIRA, J. O., CURI, N., & MOREIRA, F. M. Fertilização em Reflorestamento com espécies nativas . In: J. L. GONÇALVES, & V. BENEDETTI, *Nutrição e Fertilização Florestal* (pp. p.352-378). Piracicaba: IPEF, 2000.

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F. Solos da folha de Mogi Mirim. Campinas : Instituto Agrônomo, 119p., 1999, Boletim Científico n. 46.

ORLANDO FILHO, J. O. et al. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 14, n. 5, p. 13-17, 1996.

PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Heavy metal extractability. *Biocycle*, Emmaus, v.26, n.8, p.46-48, 1985.

PEIXOTO, R.T. dos. G. Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo. IAPAR. Londrina. 46 p, 1988.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Viçosa. 81 p. (2007).

POGGIANI, F., & SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de Nutrientes em Florestas Nativas. In: J. L. GONÇALVES, & V. BENEDETTI, *Nutrição e Fertilização Florestal* (pp. p.288-304). Piracicaba: IPEF, 2000.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de Eucalyptus e Pinus. Implicações silviculturais. Piracicaba, ESALQ/USP, 1985, p.210 (Tese de Livre Docência).

POGGIANI, F.; SILVA, P.H.M.; GUEDES, M.C. Uso do lodo de esgoto em plantações florestais. In: PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Biossólidos: alternativas do uso de resíduos do saneamento. Rio de Janeiro: ABES, 2006. v.4, p.159-188

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

RAIJ, B. Van *et al.* (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RICHARD, T., N. TRAUTMANN, M. KRASNY, S. FREDENBURG AND C. STUART. The science and engineering of composting. The Cornell composting website, Cornell University, 2002.

REISSMANN, C.B.; WISNEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: J. L. GONÇALVES, & V. BENEDETTI, *Nutrição e Fertilização Florestal* (p.136). Piracicaba, São Paulo: IPEF, 2000.

REISSMANN,C.B.; KOEHLER,C.W.; PAULA SOUZA, M.L. de Classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* no 2º Planalto do Paraná.Subprojeto I. Nutrição. UFPR/FUNPAR/FINEP, 1: 1-286, 1990.

RODRIGUES, M.S., F.C. DA SILVA, L.P. BARREIRA E A. KOVACS. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos.** In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu. p. 63-94, 2006.

ROE, N.E., STOFFELLA, P.J., GRAETZ, D. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. I. Emergence and seedling growth. Journal of American Society for Horticultural Science, v. 122, n.3, p.427-32, 1997.

ROS, C.O.,AITA,C.,CERETTA,C.A.,FRIES, M.R. Lodo de esgoto : efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.17,PP.257-261, 1993.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 12, p. 1443-1448, 1984

RONQUIM, C. C.; Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SARRUGE & HAAG. O Uso Agrícola do bio-sólido e as propriedades do solo. In: **BIOSSÓLIDO NA AGRICULTURA**, Capítulo 11, SABESP, São Paulo, 2001.

SHARMA, V.K., M. CANDITELLI, F. FORTUNA and C.CORNACCHIA. 1997. **Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review.** *Energ. Convers. Manage.*, 38: 453-478.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 22, p. 57-62, 1998. Disponível em: <<http://www.sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n1a08>>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (SBCS-CQFS). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS. 2004. 400 p.

SIQUEIRA, J. O., SAGGIN JUNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species Micorrhiza. Heidelberg, v.11,p.245-255, 2001.

SILVA, I.R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32: 205-212, 1997.

SILVA, F.C. da, BOARETTO, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEXE, C.A., MENDONÇA, E. Cana – de – açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.1, p.1-8, 1998.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2005, p. 79-104

SOUZA, C. A. M. de, OLIVEIRA, R.B. de, FILHO, S. M., LIMA J.S.S.de, Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência florestal*, Santa Maria,v.16,n.3,p.243-249, 2006.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R.; VERALDO, F. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore** 26 (1): 1-5, 2002.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R.; FILHO, H.S. Crescimento inicial de mudas *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore** 27 (6): 753-758, 2003.

STRAUS, E. L. Normas da Utilização de Lodos de Esgoto na Agricultura. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p.215-224, 2000.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de Disposição Final de Biossólidos. In: Biossólidos na Agricultura. Capítulo 5. SABESP, São Paulo (2001).

TSUTIYA, M.T. Características de Biossólidos. In: Biossólidos na Agricultura. Capítulo 4. SABESP, São Paulo (2001).

YADARE, J. S. P.; GIRDHAR, I. K. The effects of different magnesium:calcium ratios and sodium adsorption ratio values fo leaching water on the properties of calcareous versus noncalcareous soils. **Soil Science**, v. 131, p. 194- 198, 1981.

VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E., RENÓ., FERNANDES, L.A.; RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31:609-616, 1996.

VANZO, J. E., MACEDO, L.S., TSUTIYA, M. T. Registros da produção de biossólidos. O caso ETE de Franca. In: TSUTIYA, M.T., COMPARINI, J.B, MELO, W.J. de, MARQUES, M. O. Biossólidos na Agricultura de São Paulo: SABESP, 2001.p.227-42.

VOSE , P.B.; RANDALL, R.L. Resistance to aluminium and manganese toxicities in plants related to variety and cation exchange capacity. *Nature*, 196: 85-86, 1962.