

CYNTIA MARIA WACHOWICZ

DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO MINERAL DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADA EM SUBSTRATOS COM LODO DE ESGOTO ALCALINIZADO E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Beatriz Monte Serrat

CURITIBA
2002



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

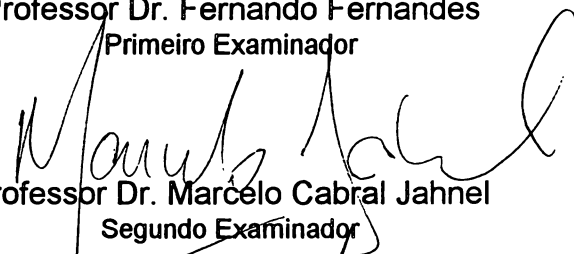
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **CYNTIA MARIA WACHOWICZ**, sob o título **“Desenvolvimento e nutrição mineral de *Gypsophila paniculata* L. cultivada em substratos com lodo de esgoto alcalinizado e adubação fosfatada”**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

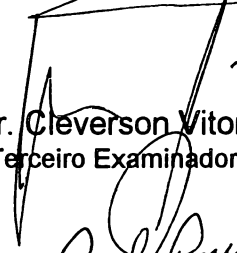
Curitiba, 29 de Novembro de 2002.



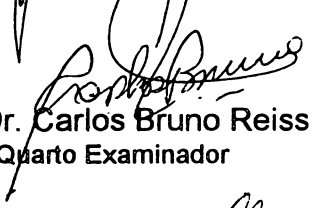
Professor Dr. Fernando Fernandes
Primeiro Examinador



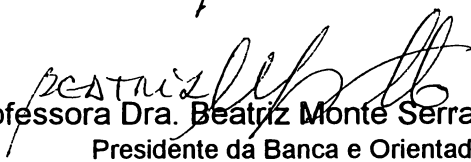
Professor Dr. Marcelo Cabral Jahnel
Segundo Examinador



Professor Dr. Cleverson Vitorio Andreoli
Terceiro Examinador



Professor Dr. Carlos Bruno Reissmann
Quarto Examinador



Professora Dra. Beatriz Monte Serrat Prevedello
Presidente da Banca e Orientadora

Aos três amigos sem os quais esse trabalho não se realizaria:

Beatriz, orientadora,

Lilian, mãe

e

Marcos, marido,

dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que deixa claro, para mim, ser melhor não seguir normas ao agradecer, pesquisar, rezar e amar.

À professora Dra. Beatriz Monte Serrat, pela orientação, apoio e amizade.

Ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela extensão do prazo para entrega desse trabalho.

Aos professores e amigos do mesmo Curso de Pós-Graduação, pelos ensinamentos e pela confiança, especialmente o professor Henrique Soares Koehler, pelas valiosas sugestões iniciais.

Aos funcionários do Laboratório de Fertilidade do Solo e do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da UFPR.

Ao pesquisador e co-orientador Dr. Edilson Batista de Oliveira, do CNPF da EMBRAPA, pelo exemplo de dedicação incondicional e pelas valiosas sugestões na fase final do trabalho.

Aos membros da banca de pré-defesa: Dra. Ana Rosa Martins dos Anjos, Prof. Dra. Beatriz Monte Serrat, Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Prof. Dr. Cleverson V. Andreoli e Prof. Dr. Marcelo Cabral Jahnel, pelas preciosas contribuições.

Aos colegas Paulino Sakai e Carla Nogueira, que também trabalharam com lodo de esgoto, pelo incentivo das nossas produtivas discussões no nosso grupo de estudos.

Às colegas de profissão Cristina Barcik e Andréia Bittencourt, pela amizade que nasceu e cresceu durante a realização desse curso.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná, onde trabalho atualmente.

Aos meus pais, Ruy e Lilian, pela presença tão grande e pelo exemplo pessoal e profissional.

Ao Marcos, meu marido, pela infinita paciência, principalmente nas horas de brigas com o computador.

À ex-aluna, agora colega, Eng^a Agrônoma Marlise Bresciani, pelas tardes e noites que varamos juntas na casa-de-vegetação, entre flores e lodos.

Aos meus filhos, Isabela e Rafael, que, no momento da minha matrícula como aluna regular deste curso, tinham: ela 15 meses e ele 15 dias de idade. Agradeço por todas as consequências e ausências que eles aguentaram por essa decisão da mamãe.

Enfim... a todos os familiares e amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para essa conquista.

BIOGRAFIA DA AUTORA

CYNTIA MARIA WACHOWICZ, filha dos professores Ruy Christovam Wachowicz e Lilian Anna Wachowicz, nasceu em Curitiba, Estado do Paraná, aos 08 de junho de 1964. É casada com Marcos Santos Abreu e mãe da Isabela e do Rafael.

Em 1981 ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná (UFPR) tendo, em 1985, recebido o grau de Engenheiro Agrônomo. Após 2 anos como assistente de pesquisas da Cia. de Cigarros Souza Cruz, onde trabalhou com a cultura do fumo, iniciou o curso de Mestrado, área de concentração em Fisiologia Vegetal, na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), obtendo o grau de Mestre em Biologia Vegetal em 1991.

Trabalhou como gerente de produção de plantas ornamentais até 1994 na empresa Schoenmaker, então filiada da Cooperativa Agropecuária Holambra, no município de Holambra, Estado de São Paulo. Em 1995, ingressou no quadro de docentes do curso de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, no município de São José dos Pinhais, onde leciona até o presente no Programa de Aprendizagem de Produção Vegetal, como Professor Adjunto. Em março de 1998 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE QUADROS	xiv
LISTA DE LAUDOS.....	xv
LISTA DE ABREVIACÕES.....	xvi
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA.....	3
2.1 A Espécie.....	3
2.2 Lodo de Esgoto.....	6
2.3 Complexos organo-metálicos de micronutrientes.....	11
2.3.1 Formação de complexos e fertilidade do solo.....	12
2.3.2 Relações dos complexos com o lodo de esgoto.....	14
2.3.3 Fósforo	15
2.3.3.1 Influência do pH e de outros íons na disponibilidade do P	17
2.3.3.2 O fósforo e o lodo de esgoto	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Localização do experimento.....	21
3.2 Espécie.....	21
3.3 Substrato.....	21
3.3.1 Solo.....	21
3.3.2 Lodo de Esgoto.....	22
3.4 Delineamento experimental.....	24
3.5 Descrição dos tratamentos.....	24
3.5.1 Doses de LE	24
3.5.2 Adubação fosfatada.....	25
3.6 Instalação e condução do experimento	25

3.7 Adubação mineral complementar (N e K)	27
3.8 Condução da cultura.....	27
3.9 Avaliações	29
3.9.1 Amostragens e análises químicas do substrato	29
3.9.2 Análise das plantas	29
3.9.2.1 Parâmetros morfológicos	29
3.9.2.2 Parâmetros nutricionais.....	31
3.10 Análise estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Parâmetros morfológicos	33
4.2 Parâmetros nutricionais	42
4.2.1 Micronutrientes	43
4.2.1.1 Manganês	43
4.2.1.2 Ferro	45
4.2.1.3 Cobre	48
4.2.1.4 Zinco	50
4.2.2 Macronutrientes	54
5 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64
ANEXO 1 - FIGURAS	72
ANEXO 2 - TABELAS.....	78
ANEXO 3 - LAUDOS	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Fotografia mostrando detalhe de haste floral (panícula) de <i>Gypsophila paniculata</i> L. com ampliação da flor no canto superior à esquerda	4
FIGURA 2	Médias das temperaturas máximas e mínimas (°C) observadas durante o período de setembro de 2000 a janeiro de 2001 na casa-de-vegetação do Dep. de Solos, UFPR, Curitiba, PR	26
FIGURA 3	Prática do "pinch" (eliminação da parte apical das mudas), evidenciando a altura do corte.....	28
FIGURA 4	Planta de <i>Gypsophila paniculata</i> L. após a prática do "pinch", aos 33 dias após o plantio.....	28
FIGURA 5	Fotografia de ápice de haste floral de <i>Gypsophila paniculata</i> L. evidenciando as ramificações primárias, emitidas a partir da haste principal.....	30
FIGURA 6	Fotografia de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. aos 124 dias após o plantio. Planta do tratamento sem a adição de P e de LE (à esquerda) e planta do tratamento com as doses máximas de P e de LE (à direita)	37
FIGURA 7	Teores de manganês na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada.....	44
FIGURA 8	Teores de manganês em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada.....	45
FIGURA 9	Teores de ferro na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada.....	46
FIGURA 10	Teores de ferro em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada.....	46

FIGURA 11	Teores de cobre na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada.....	48
FIGURA 12	Teores de cobre em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada	49
FIGURA 13	Teores de zinco na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada.....	52
FIGURA 14	Teores de zinco em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em doses crescentes de lodo de esgoto e diferentes porcentagens de recomendação de adubação fosfatada	53
FIGURA 15	Teores de fósforo na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	55
FIGURA 16	Teores de fósforo em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	56
FIGURA 17	Teores de potássio na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	57
FIGURA 18	Teores de potássio nas hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	58
FIGURA 19	Teores de nitrogênio na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	59
FIGURA 20	Teores de nitrogênio em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	59
FIGURA 21	Teores de cálcio na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada	60

FIGURA 22	Teores de cálcio em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada	61
FIGURA 23	Teores de magnésio na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada	62
FIGURA 24	Teores de magnésio em hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada	62
FIGURA 2A	Massa da matéria seca total (g) de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	73
FIGURA 3A	Massa da matéria verde total (g) de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	73
FIGURA 4A	Massa da matéria seca (g) da parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	74
FIGURA 5A	Massa da matéria seca (g) por haste floral de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	74
FIGURA 6A	Massa da matéria verde (g) da parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	75
FIGURA 7A	Massa da matéria verde (g) por haste floral de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	75
FIGURA 8A	Número de hastes florais emitidas por plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1).....	76

FIGURA 9A Alturas médias (cm) das hastes florais de plantas de *Gypsophila paniculata* L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1)..... 76

FIGURA 10A Número de ramificações primárias emitidas por hastes florais de plantas de *Gypsophila paniculata* L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1)..... 77

FIGURA 11A Número de flores emitidas por hastes florais de plantas de *Gypsophila paniculata* L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (ANEXO 1)..... 77

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Efeito do lodo de esgoto no rendimento e na absorção de P de centeio forrageiro e de capim-bermuda (Adaptado de Sommers e Sutton, 1986)	18
TABELA 2	Massa da matéria seca total (g) de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	33
TABELA 3	Massa da matéria verde total (g) de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	34
TABELA 4	Massa da matéria seca (g) da parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	35
TABELA 5	Massa da matéria seca (g) de hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	36
TABELA 6	Massa da matéria verde (g) da parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	36
TABELA 7	Massa da matéria verde (g) de hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	36
TABELA 8	Número de hastes florais emitidas por plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	38
TABELA 9	Altura (cm) das plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	39
TABELA 10	Número de ramificações primárias hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	40
TABELA 11	Número de flores emitidas por hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	40

TABELA 12	Diâmetro (mm) de hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada.....	41
TABELA 13	Valores médios de pH (CaCl ₂) dos substratos de terra com diferentes doses de lodo de esgoto e adubação fosfatada, amostrados antes, durante e depois do experimento.....	42
TABELA 14A	Teores de manganês na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	79
TABELA 15A	Teores de manganês nas hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	79
TABELA 16A	Teores de ferro na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	80
TABELA 17A	Teores de ferro nas hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	80
TABELA 16A	Teores de cobre na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	81
TABELA 17A	Teores de cobre nas hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	81
TABELA 18A	Teores de zinco na parte aérea remanescente de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	82
TABELA 19A	Teores de zinco nas hastes florais de plantas de <i>Gypsophila paniculata</i> L. cultivadas em diferentes doses de lodo de esgoto e de adubação fosfatada (Anexo 2)	82

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	Faixas de teores de nutrientes considerados adequados para <i>Gypsophila paniculata</i> L., com base em folhas maduras totalmente expandidas (Adaptado de Graziano <i>et al.</i> , 1997)	5
QUADRO 2 -	Composição média do lodo de esgoto aeróbio produzido pela ETE-Belém, em Curitiba-PR, expressa em % em relação ao peso seco (Sanepar, 1997).....	10
QUADRO 3 -	Caracterização química do solo amostrado e utilizado como parte do substrato na instalação do experimento (profundidade 0 a 20 cm)	22
QUADRO 4 -	Composição química do lodo de esgoto (em base seca) produzido pela ETE-Belém, Curitiba, PR, e utilizado como parte do substrato nos tratamentos avaliados no experimento (UFPR/TECPAR)	23
QUADRO 5 -	Doses de lodo utilizadas conforme recomendação e tratamentos avaliados (Mg.ha^{-1}) e seus correspondentes para vaso (g) em bases úmida e seca.....	25

LISTA DE LAUDOS

LAUDO 1 -	Resultados da composição do lodo de esgoto utilizado como parte do substrato avaliado, em base seca. Relatório de ensaios 52.240-01008183. Departamento de Soluções Tecnológicas, Laboratório de Química Ambiental do Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR).....	84
LAUDO 2 -	Análise química de rotina do substrato utilizado no experimento e amostrado 30 dias antes do plantio. Certificado nº 1309, Laboratório de Fertilidade do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR).....	86
LAUDO 3 -	Análise química de rotina do substrato utilizado no experimento e amostrado 30 dias após o plantio. Certificado nº 2410, Laboratório de Fertilidade do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR)..	87
LAUDO 4 -	Análise química de rotina do substrato utilizado no experimento e amostrado 125 dias após o plantio, no encerramento dos trabalhos experimentais. Certificado nº 2637, Laboratório de Fertilidade do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR).....	89
LAUDO 5 -	Análise química de tecido vegetal. Laudo nº 116/2001, Laboratório de Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR).....	92

LISTA DE ABREVIações

ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
LE	Lodo de Esgoto
Mg (como unidade de massa)	Megagramas
Mg (como macronutriente)	Magnésio
PAR	Parte Aérea Remanescente
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná

RESUMO

Este trabalho experimental foi conduzido em casa-de-vegetação com o objetivo de avaliar a influência de doses de lodo de esgoto alcalinizado e de adubação fosfatada no desenvolvimento da cultura da *Gypsophila paniculata* L. ("mosquitinho"). As doses de lodo testadas foram 0, 20, 40 e 60 Mg.ha⁻¹ (em base úmida) e os tratamentos de adubação fosfatada variaram em porcentagem da recomendação, sendo utilizadas: 0, 50 e 100% das quantidades recomendadas para a cultura. Os trabalhos foram conduzidos no Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, sendo o plantio das mudas realizado em 27 de setembro de 2000, com delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4x3. Na avaliação do desenvolvimento da cultura, foram considerados parâmetros morfológicos indicativos de qualidade e também parâmetros nutricionais. Houve aumento significativo da biomassa das plantas com a adição de lodo de esgoto e de fósforo mineral, havendo interação entre os dois fatores. Não houve formação de haste floral no tratamento sem adição de lodo de esgoto e de P. O aspecto nutricional de maior destaque foi que os teores de micronutrientes e de potássio apresentados pela parte aérea das plantas diminuiu com a adição de lodo, tendo sido pouco influenciados pela presença do fósforo adicionado.

Palavras-chave: *Gypsophila*, lodo de esgoto, fósforo, micronutrientes

ABSTRACT

This green house experiment was carried out with the objective to value the influence of amounts of alkaline sewage sludge, phosphorus fertilization in the *Gypsophila paniculata* L. growth. The valued amount of sewage sludge were 0, 20, 40 and 60 t.ha⁻¹; and 0, 50 and 100% of the official recommendation of phosphorus fertilization were tested. The seedlings were planted in the green house of the Soils Department of the *Universidade Federal do Paraná*, Brazil, on the 27th of September, 2000. The experimental design was the complete randomized blocks with 4x3 factorial experiments. In the crop development, some morphological and nutritional parameters were valued. There was a significant increase in the dry matter of the plants with the addition of sewage sludge and phosphorus, with interaction between both factors. There was no flower formation by plants without the supply of sewage sludge and phosphorus. The main nutritional aspect was the reduction in the content of micronutrients and potassium in the shoot in the presence of sewage sludge, with little influence of phosphorus.

Key words: *Gypsophila*, sewage sludge, phosphorus, micronutrients

1 INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos urbanos começou a ser pesquisado e praticado em escala nos E.U.A. e Grã-Bretanha no final do século XIX (de Deus, 1993). O esgoto urbano, quando submetido a tratamento adequado, produz o chamado “lodo de esgoto” e também o “biossólido”.

A disposição agrícola do lodo de esgoto (LE) no Brasil é recente e faz parte de um conjunto de medidas que estão sendo estudadas, visando garantir a qualidade do meio ambiente e ao mesmo tempo aumentar a produtividade das culturas com menor “input” de energia externa (Chueiri, 2000).

Diante de uma crescente preocupação mundial referente à gestão adequada de resíduos, a utilização do lodo de esgoto como fonte de nutrientes na agricultura vem surgindo como alternativa promissora de destino deste material, especialmente para um estado como o Paraná, com agricultura intensiva e extensas áreas de solos depauperados com níveis mínimos de matéria orgânica. A reciclagem agrícola do lodo, ou utilização do lodo em solos agrícolas em associação ao plantio de culturas, representaria a alternativa de menores impactos ambientais negativos e tem sido praticada em muitos países desenvolvidos como solução adequada à disposição final do produto.

Sob os pontos de vista ambiental e sanitário, sugere-se que a eficiência do LE na adubação de flores e plantas ornamentais, que se constituem em culturas não destinadas ao consumo alimentar humano, traria uma alternativa bastante promissora de aproveitamento deste material.

A *Gypsophila*, originária da região mediterrânea, leste europeu e da Sibéria (Matsunaga *et al.*, 1995), conhecida popularmente como “mosquitinho” ou “branquinha”, é uma planta herbácea perene da família Caryophyllaceae, cultivada como flor de corte em ciclos anuais. Suas hastes florais são comumente usadas na composição de arranjos florais e buquês, podendo também serem comercializadas como flores secas. Entre as 75 espécies existentes no gênero, as mais conhecidas são a *Gypsophila elegans* e a *Gypsophila paniculata*, sendo esta última a única cultivada comercialmente como flor de corte (Arteaga e Amezquita, 1990).

Poucos trabalhos se reportam a essa cultura, especialmente no que se refere a respostas à adubação e a aspectos nutricionais. Wachowicz *et al.* (1999) observaram que a ausência do elemento fósforo (P) inviabilizou a produção de *Gypsophila paniculata* L., pois as plantas avaliadas nessa condição de ausência não emitiram haste floral.

Associando-se os aspectos vantajosos do uso do LE na agricultura ao fato de o setor de flores e plantas ornamentais estar despontando como uma promissora alternativa econômica na agricultura de pequeno porte no Estado do Paraná e, dentro deste setor, especialmente a cultura da *Gypsophila*, este trabalho teve como objetivo avaliar características morfológicas e nutricionais associadas a vigor e a produtividade da cultura, em resposta a diferentes doses de adubação fosfatada e de LE.

2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

2.1 A ESPÉCIE

A *Gypsophila paniculata* L., conhecida popularmente como “mosquitinho”, é uma planta herbácea perene da família Caryophyllaceae, cultivada como flor de corte em ciclos anuais. É usada comumente na composição de arranjos florais e buquês (Figura 1).

Entre as variedades de *Gypsophila paniculata* mais cultivadas no Brasil, encontram-se a “Bristol Fairy” e a “Perfecta”, de flores brancas. Nos últimos anos, vem sendo introduzida, no interior do Estado de São Paulo, a cultivar “Golan”, importada de Israel, de qualidade e produtividade bastante superiores às demais. A variedade “Red Sea”, com flores de tonalidade rosa, também vem ganhando mercado.

Segundo Lorenzi e Souza (2001), a *Gypsophila* é uma planta resistente a baixas temperaturas e, quando cultivada em canteiros ao ar livre, deve ser semeada no outono, para florescer no inverno e primavera.

Davies *et al.* (1996) verificaram que a variedade comercial mais dominante, a “Bristol Fairy”, exige condições de dias longos e temperaturas noturnas acima de 11°C para florescer. Porém, outras variedades podem ser cultivadas com sucesso durante o inverno. A variedade “Bridal Veil”, por exemplo, que floresce a temperaturas noturnas de 8°C, quando mantidas as condições de dias longos, produz mais flores do que a “Bristol Fairy” (Hicklenton *et al.*, 1993). Verificou-se que a vernalização promove o florescimento e substitui a exigência de fotoperíodos longos em *G. paniculata* (Davies *et al.*, 1996).

Conhece-se muito pouco sobre as necessidades nutricionais desta planta. Originária de regiões temperadas, se adapta muito bem a solos ligeiramente ácidos a alcalinos e não tolera solos ácidos (Molina *et al.*, 1991). O pH ideal de cultivo oscila entre 6,5 e 7,5. Os autores citados acima mediram a resposta de *G. paniculata* cv. Perfecta a doses crescentes de potássio e não encontraram respostas significativas.

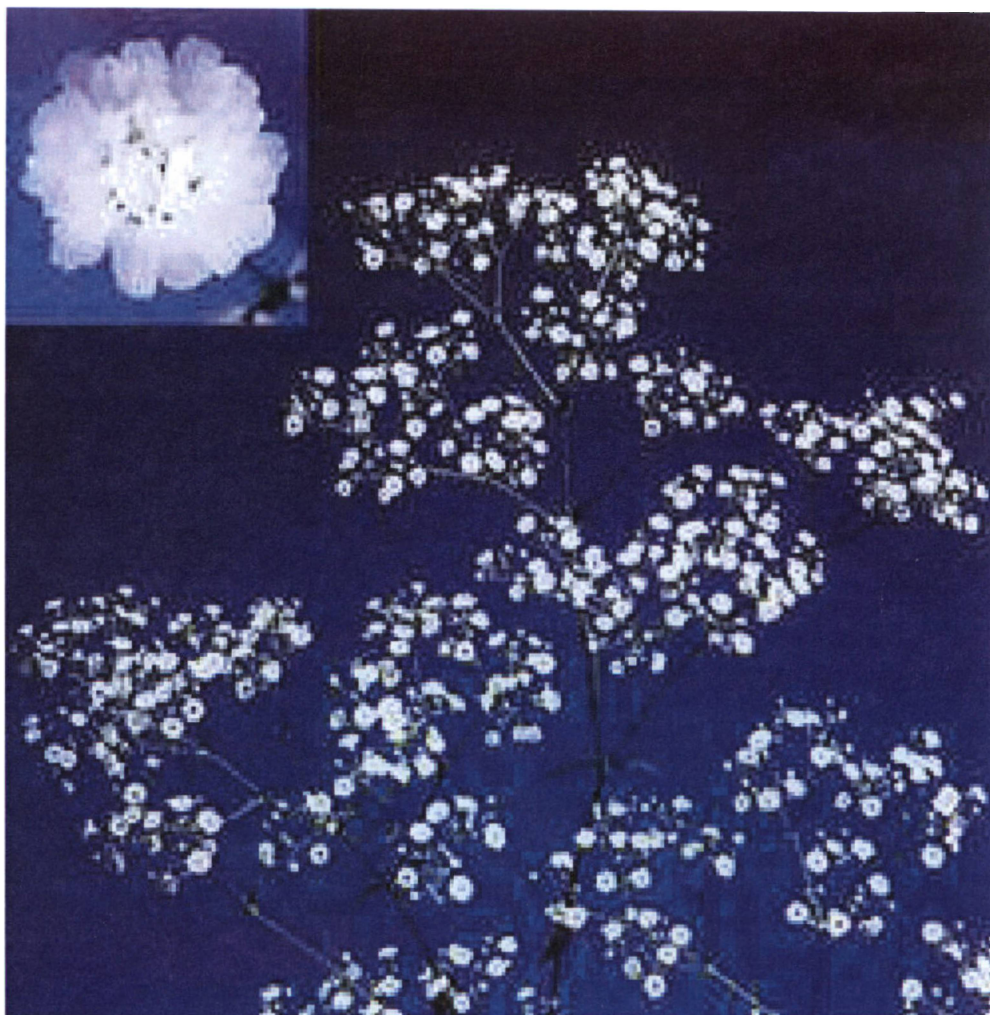


FIGURA 1: FOTOGRAFIA MOSTRANDO DETALHE DE HASTE FLORAL (PANÍCULA) DE *Gypsophila paniculata* L. COM AMPLIAÇÃO DA FLOR NO CANTO SUPERIOR À ESQUERDA (FONTE: <http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas>).

A diagnose foliar, para avaliar o estado nutricional de algumas plantas ornamentais, com base nas folhas maduras totalmente expandidas, pode ser feita com limites de interpretação. Graziano *et al.* (1997) indicam os valores desses limites para a cultura da *Gypsophila*, tanto para macronutrientes, quanto para micronutrientes (Quadro 1).

QUADRO 1: FAIXAS DE TEORES DE NUTRIENTES CONSIDERADOS ADEQUADOS PARA *Gypsophila paniculata* L., COM BASE EM FOLHAS MADURAS TOTALMENTE EXPANDIDAS (ADAPTADO DE GRAZIANO *et al.*, 1997).

Teores de nutrientes nas folhas totalmente expandidas					
Macronutrientes (g.kg ⁻¹)					
N	P	K	Ca	Mg	S
43-60	3-7	35-45	26-40	4-10	2,5-7
Micronutrientes (mg.kg ⁻¹)					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	
25-100	9-25	50-200	50-200	25-200	

Segundo Arteaga & Amezquita (1990), em condições de clima tropical são necessárias algumas práticas de indução floral em *G. paniculata*, para produção comercial. Essas práticas compreendem aplicação de ácido giberélico e estresse hídrico em períodos alternados.

A cultura da *Gypsophila* está entre as cinco principais flores de corte comercializadas através da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), principal pólo de comercialização nacional de flores e plantas ornamentais. Segundo Matsunaga *et al.* (1995), representa uma cultura de baixo custo e de ciclo vegetativo bastante curto, o que a torna interessante como alternativa econômica na agricultura de pequeno porte.

Segundo dados de custos de produção de *Gypsophila* levantados por Matsunaga *et al.* (1995), na região de Atibaia, Estado de São Paulo, a utilização de adubos orgânicos e químicos representam 16,5% do total gasto

com operações e material consumido durante um ciclo desta cultura. Os autores enfatizam que os dados foram coletados numa região de alto nível tecnológico e, portanto, de alta produtividade e de produtos de alta qualidade.

No Estado do Paraná, mais de 80% da quantidade total de flores e plantas ornamentais consumidas são importadas de outros estados, principalmente de São Paulo. As grandes cidades do Paraná se constituem em centros consumidores destes produtos, especialmente a capital, Curitiba, que além de apresentar condições climáticas adequadas a sua conservação (e também ao cultivo de muitas espécies), tem influência cultural originada de forte colonização européia, que preserva hábitos de consumo desses produtos.

2.2 LODO DE ESGOTO

Em grandes centros urbanos o tratamento de águas residuárias gera um problema ambiental a ser solucionado, que é a disposição final do lodo de esgoto gerado. O termo “biossólido” tem sido recomendado pela Water Environment Federation (WEF) para designar o lodo tratado ou beneficiado de estações de tratamento de esgotos municipais. Segundo o mesmo órgão, o termo “lodo” deve ser reservado para o lodo bruto, primário ou secundário, ainda não submetido a nenhum processo de estabilização biológica (Bidone, 1998). Neste trabalho, porém, optou-se pelo termo “lodo de esgoto” por ser mais amplamente utilizado, especialmente em nível regional.

A reciclagem agrícola é o destino preferencialmente adotado para o lodo de esgoto pela maioria das instituições responsáveis, em nível mundial, podendo também ser descartado em aterros sanitários exclusivos. Há ainda outras opções como as fazendas de lodo (*landfarming*), o descarte em oceanos e a incineração (Anjos, 1999). Segundo Ferreira *et al.* (1999a), no entanto, a disposição oceânica não é mais utilizada por grande parte dos países e a partir do ano de 2005 deverá ser uma prática totalmente proibida. Para os autores, entre as várias alternativas tecnicamente aceitáveis para a disposição final do lodo, a mais comum envolve a digestão anaeróbica que pode ser seguida pela deposição final em aterros sanitários. Opções como a incineração e disposição em aterros sanitários requerem tecnologia sofisticada e podem apresentar alto custo por tonelada tratada. Segundo estudos feitos pela Sanepar, o custo de

colocação do lodo de esgoto em aterro sanitário fica acima de R\$ 200 por tonelada, o da incineração, em torno de R\$250 por tonelada; e o custo da reciclagem como fertilizante se aproxima de R\$ 35 por tonelada (Andreoli, 2000). Independentemente da disposição final, a secagem e a desinfecção são imprescindíveis, pelo custo do transporte e pelo potencial poluente (Andreoli *et al.*, 2001).

Estima-se que 54% de 6,4 milhões de Mg.ano^{-1} de lodo de esgoto produzido nos E.U.A. são aplicados na agricultura. Na Alemanha, França e Grã-Bretanha esse valor atinge, respectivamente, 32% de 2,5 milhões de Mg.ano^{-1} , 60% de 0,85 milhões de Mg.ano^{-1} e 55% de 1,08 milhões de Mg.ano^{-1} (Rogalla, 1998).

O uso agrícola do lodo de esgoto tem se mostrado, dentro do panorama mundial, como uma solução adequada do ponto de vista técnico, econômico e ambiental por viabilizar a reciclagem de nutrientes, promover melhorias físicas, químicas, biológicas e, principalmente, por representar uma solução para minimizar o problema da disposição das grandes quantidades geradas de lodo de esgoto.

Sob o ponto de vista agrícola, uma das principais vantagens apresentadas pelo lodo de esgoto é seu elevado teor de matéria orgânica, que possibilita sua ação como “condicionador” do solo, melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A matéria orgânica favorece a formação de agregados, facilitando a penetração de raízes e a vida microbiana. Interfere positivamente também na resistência do solo à erosão por estabilizar sua estrutura e aumentar sua capacidade de retenção de água. Quimicamente, os compostos húmicos aumentam a capacidade do solo de reter nutrientes minerais. A matéria orgânica fornece nutrientes para a planta e para os organismos do solo após sua mineralização.

A atividade microbiana do solo é bastante afetada pela incorporação do lodo (Andreoli *et al.*, 1997b), o que determina, indiretamente associada ao aumento do conteúdo de matéria orgânica, o aumento da disponibilidade de nutrientes, bem como a influência positiva em importantes características físicas do solo, como densidade, infiltração, tamanho e estabilidade de agregados.

Além da melhoria das propriedades físicas do solo e do aumento da atividade biológica, a reciclagem agrícola do lodo de esgoto promove outros benefícios decorrentes de sua aplicação ao solo, tais como elevação do pH, aumento da CTC e adição de nutrientes (N, P, Ca, Mg e Zn). Por outro lado, deve-se considerar os aspectos que dizem respeito à presença de metais pesados, salinidade, presença de substâncias orgânicas tóxicas e de organismos patogênicos (Anjos, 1999).

Ferreira *et al.* (1999b) ressaltam que os principais riscos associados à utilização agrícola do lodo referem-se a questões como a presença de metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e altos teores de nitrogênio. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo.

A presença de metais pesados no lodo aplicado pode potencializar a quantidade já existente no solo pela sua formação geológica, ou mesmo acumulada pela aplicação de insumos químicos, agrotóxicos ou pela poluição atmosférica (Andreoli *et al.*, 1997a). O Estado do Paraná, no entanto, ainda apresenta normalmente baixos teores de metais pesados em lodos recicláveis, com níveis muito abaixo dos permitidos pelas legislações da maioria dos países desenvolvidos.

Também ocorre contaminação por microrganismos patogênicos, principalmente pela presença de helmintos como *Ascaris* e *Taenia* predominando entre outras espécies, segundo Andreoli e Fernandes (1997). Essa limitação justifica a necessidade do tratamento de desinfecção por calagem. De acordo com os autores, a Sanepar classifica e indica a aplicação dos lodos em função de parâmetros de monitoramento sanitário, determinados pela quantidade presente desses microrganismos. Os mesmos autores ainda ressaltam que a frequência de insetos em locais de aplicação de lodo e odores desagradáveis podem ocorrer quando o lodo não está bem estabilizado.

Além das desvantagens apresentadas, vale lembrar que a distância entre a fonte produtora (no caso, as estações de tratamento) e as lavouras, determina o custo de transporte do lodo, podendo inviabilizar economicamente a aplicação. Um outro fator limitante é a quantidade de matéria-prima disponível para produzir o fertilizante, uma vez que, segundo Andreoli (2000),

se todo o lodo de esgoto coletado e tratado nos municípios paranaenses fosse usado na agricultura, o fertilizante resultante da reciclagem seria suficiente para aplicação em apenas 0,51% da área plantada com milho no Estado.

Algumas culturas são mais indicadas ao uso do lodo por aproveitarem melhor a lenta liberação do nitrogênio, tais como as gramíneas (milho, trigo, sorgo, cana-de-açúcar, entre outras). Além de responderem prontamente à aplicação do lodo por absorverem diretamente o nitrogênio captado pelas raízes, seu controle fitossanitário e colheita são realizados mecanicamente, sendo o produto final normalmente industrializado, o que reduz o risco de qualquer tipo de contaminação (Andreoli *et al.*, 1997b). Experimentos apontam um aumento de produtividade da ordem de 49 a 77% na cultura do milho (Andreoli *et al.*, 1998). Os autores ainda recomendam a utilização do lodo para outras culturas, tais como leguminosas, frutíferas, pastagens, espécies de reflorestamento, bem como na recuperação de áreas degradadas, com os devidos cuidados a serem tomados com as condições topográficas.

Utilizando o lodo como fertilizante nas culturas de arroz e milho, Bettiol *et al.* (1983) constataram que tanto o lodo quanto o fertilizante organo-mineral IPT (fertilizante mineral acrescido com diferentes quantidades de lodo) poderiam ser utilizados como fertilizantes, pois forneceram N, P e micronutrientes para essas culturas.

O lodo de esgoto, de maneira geral, apresenta altos teores de N, médios teores de P e baixos de K. Outro nutriente essencial para as plantas encontrado em concentrações consideráveis nesse material orgânico é o S. Os teores de Ca e Mg variam em função do tratamento químico com calagem (Deschamps e Favaretto, 1999).

Ao avaliar os efeitos do uso agrícola de lodo na fertilidade do solo e na qualidade de cana-de-açúcar, Silva (1995)¹, citado por Anjos (1999), constatou que o biossólido mostrou-se adequado como corretivo do complexo coloidal do solo e como fertilizante para a cana-de-açúcar, principalmente como fonte de

¹ SILVA, F.C. Uso agrônomo do lodo de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1995. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de São Paulo. 165p.

Ca, P, S e Zn, refletindo em aumentos lineares de produtividade em biomassa e açúcar. Ressaltou, entretanto, que os efeitos foram de curta duração, restringindo-se apenas a um ano agrícola.

Para uma fertilização adequada com a aplicação do lodo de esgoto, é necessário o exato conhecimento do conteúdo de nutrientes disponível nesse material. Concentrações totais de N, P, K, Ca e Mg da ordem de, respectivamente, 0-30, 0-4,5, 0-2, 0-17,7 e 0-3 g.kg⁻¹ na matéria seca do biossólido são consideradas baixas, enquanto que concentrações, respectivamente, de 70-100, 6,8-17,5, 4-6,2, 36,4-71,5 e 6,1-9 g.kg⁻¹ são consideradas altas (Anjos, 1999). O quadro 2 mostra a composição média do lodo de esgoto alcalinizado produzido pela ETE-Belém da Sanepar.

QUADRO 2: COMPOSIÇÃO MÉDIA DO LODO DE ESGOTO AERÓBIO PRODUZIDO PELA ETE-BELÉM, EM CURITIBA - PR, EXPRESSA EM % EM RELAÇÃO AO PESO SECO (SANEPAR, 1997).

Lodo	N total	P	K	Ca	Mg	pH	M.O.	C	C/N
Aeróbio ETE-Belém	4,91	3,70	0,36	1,59	0,60	5,9	69,4	32,1	6

Berton *et al.* (1989) estudaram as alterações nas propriedades químicas e na disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, Zn e Cu, em ensaio em casa-de-vegetação, em cinco solos representativos do Estado de São Paulo, decorrentes da incorporação de 0, 40 e 80 Mg.ha⁻¹ de lodo de esgoto, base seca, usando o milho como planta teste. Os resultados mostraram que a incorporação do lodo proporcionou elevação do pH em todos os solos, reduzindo ou eliminando os teores de Al trocável. A adição de lodo também aumentou o rendimento da matéria seca das plantas, bem como as quantidades de N, P, Ca, Mg e Zn absorvidas. Nem mesmo na dose mais alta do lodo a absorção de Cu e Zn pelas plantas chegou a atingir níveis que pudessem causar redução na produção de matéria seca pela parte aérea do milho.

2.3 COMPLEXOS ORGANO-METÁLICOS DE MICRONUTRIENTES

As substâncias húmicas, que são compostos orgânicos que formam complexos estáveis com íons metálicos, se decompõem lentamente e são fundamentais para as propriedades físicas do solo (Andreoli *et al.* 1997b).

Sposito (1989) define substâncias húmicas como sendo os compostos presentes no húmus que não são sintetizados diretamente para manter ciclos de vida da biomassa do solo. Mais especificamente, são compostos poliméricos produzidos através da ação microbiana e que diferem de biomoléculas (biopolímeros) devido a sua estrutura molecular e a sua longa permanência no solo.

Muitos dos ácidos orgânicos que ocorrem naturalmente no solo são capazes de formar complexos com íons metálicos que, dependendo da sua estabilidade, podem ser solúveis ou insolúveis em água. Essa reação ocorre na maioria das vezes com metais de transição, como Al, Fe, Cu, Mn e Zn, e, em geral, é considerada como um caso especial de adsorção. O íon metálico adsorvido numa reação de complexação não pode ser prontamente trocado, como ocorre normalmente nas reações de troca catiônica. As ligações em um composto complexo são ligações covalentes e, assim, são ligações mais fortes do que as ligações eletrostáticas das reações de troca catiônica. Entretanto, a troca ou remoção do metal complexado ainda é possível, e depende de vários fatores, tais como o pH do solo, a afinidade dos metais pelo ligante e a estabilidade dos complexos (Tan, 1993).

O mesmo autor caracteriza, ainda, a distinção entre formação de complexos (complexação) e formação de quelatos. Na formação de complexos, ocorre a reação entre um íon metálico e ligantes através da partilha de pares eletrônicos. O íon metálico é o receptor do par eletrônico e o ligante, o doador. O íon metálico é o íon central e os íons orgânicos são coordenados ao seu redor, formando uma esfera. Alguns ligantes orgânicos podem se unir ao íon metálico com mais de um grupo doador funcional, formando um anel heterocíclico e caracterizando um quelato.

As reações de formação de quelatos são comprovadamente benéficas em solos ácidos, nos quais a presença de grandes quantidades de Al, Fe e Mn

livres podem ser tóxicas ao crescimento das plantas. Os ácidos orgânicos podem se ligar aos íons metálicos em excesso e depois liberá-los em quantidades menores, conforme a necessidade das plantas (Tan, 1993).

Segundo Stevenson e Ardakani (1972), a estabilidade dos complexos aumenta com o número atômico do metal, até um máximo alcançado pelo Cu, caindo drasticamente até o Zn. Dependendo da estabilidade dos complexos formados pelos ácidos húmico e fúlvico com íons metálicos, estes podem ser solúveis ou insolúveis em água.

A formação de quelatos interfere na mobilidade de metais devido a uma inversão do comportamento desses íons. Após a quelação, o cátion é envolvido pelas substâncias quelantes, podendo ser transformado em ânion. Os ânions são repelidos pelas cargas negativas de colóides carregados negativamente, permanecendo, porém, móveis.

Compostos formados com ferro, bem como ocorre com o Al, são em geral insolúveis na faixa de pH do solo próxima da neutralidade. Entretanto, a solubilidade dessas substâncias aumenta com a formação de complexos ou quelatos de Fe ou Al com compostos húmicos do solo (Tan, 1993). Estes compostos são amplamente responsáveis pelo movimento do Fe entre os horizontes do solo e pela sua lixiviação através do perfil, sendo também importantes no suprimento desse elemento às plantas (Kabata-Pendias e Pendias, 1992).

2.3.1 Formação de complexos e fertilidade do solo

Segundo Tan (1993), a formação de complexos e quelatos exerce um importante papel na melhoria da fertilidade do solo, pois favorece a formação de quelatos que aumentam a mobilidade e, conseqüentemente, a disponibilidade de vários cátions às plantas.

A liberação de nutrientes pelos minerais do solo em geral é um processo lento. Entretanto, a formação de complexos tende a acelerar o processo de decomposição de minerais do solo e, assim, também acelera a liberação de alguns nutrientes solúveis. A fixação do K e do P, por exemplo, é compensada pela formação de complexos com ligantes orgânicos, esperando-se que a formação de complexos e de quelatos possa contribuir para solubilizar fosfatos insolúveis.

A solubilidade de AlPO_4 , FePO_4 ou $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ deve aumentar consideravelmente com a formação de complexos com compostos húmicos ou outros compostos orgânicos. Tan (1993) salienta ainda que os ácidos húmico e fúlvico possuem alta afinidade por Al, Fe e Ca. Consequentemente, eles irão competir por esses elementos com os respectivos fosfatos para a formação de complexos, liberando no processo íons fosfato na solução do solo.

Além da adsorção de cátions na forma facilmente trocável, a matéria orgânica pode adsorver cátions que possuem mais de uma valência, formando os complexos de coordenação. Estes complexos não são rapidamente trocáveis com cátions monovalentes e não dissociam facilmente para a solução do solo. Os cátions Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} e Fe^{2+} podem ser adsorvidos por esses complexos (Borkert, 1991).

Muitos aspectos da química dos metais no solo estão relacionados com a formação de complexos com a matéria orgânica. Enquanto os metais monovalentes (Na^+ , K^+ e outros) são retidos principalmente como simples cátions trocáveis através da formação de sais com os grupos COOH , os cátions polivalentes (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} e outros) têm o potencial de formar ligações coordenadas com moléculas orgânicas. Sob certas circunstâncias a concentração de um íon metálico pode ser reduzida ao nível não tóxico através da complexação. Isto ocorre quando o complexo organo-metálico tem alta estabilidade, tal como complexos de ácido húmico e outros componentes da matéria orgânica de alto peso molecular. Os complexos metálicos formados com ácidos fúlvicos são mais solúveis do que os formados com ácidos húmicos, porque apresentam alta acidez e pesos moleculares relativamente baixos (Stevenson, 1982 ² citado por Anjos, 1999).

Os compostos húmicos são efetivos nas ligações com micronutrientes, tais como Fe, Cu, Mn e Zn. Em solos ácidos, estes micronutrientes estão presentes em grandes quantidades, causando problemas de fitotoxicidade. Com a adição de húmus a solos ácidos, parte desse excesso de micronutrientes é retirada da solução pela formação de complexos com compostos húmicos. Com o tempo, eles podem ser disponibilizados às plantas

² STEVENSON, F.J. Organic matter reactions involving metal ions in soil. In: STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis composition, reactions. New York, John Wiley, 1982, p. 337-354.

em quantidades menores, conforme a necessidade. Sob esse aspecto, os quelatos agem como agentes reguladores.

2.3.2 Relações dos complexos com o lodo de esgoto

Estudos sobre a movimentação de metais em solos tratados com lodo de esgoto sugerem que a quantidade de metais lixiviados, embora seja menor que 1% do total adicionado, pode elevar-se em solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e sujeitos a chuvas intensas. Esses metais podem permanecer adsorvidos ou complexados até que mudanças ocorram no sistema (Bertoncini e Mattiazzo, 1999).

Com relação a Cu e Zn, especificamente, os autores acima verificaram que, em solos neutros ou alcalinos, o transporte desses metais para camadas mais profundas do solo foi relativamente baixo, porém o uso de K_2SO_4 aumentou o transporte, enquanto o uso de $CaSO_4$ e $MgSO_4$ minimizou o transporte de C orgânico dissolvido e, conseqüentemente, de metais complexados por ligantes orgânicos.

De acordo com Kabata-Pendias e Pendias (1992), a adição de lodo de esgoto modifica a distribuição padrão da forma do elemento Zn, aumentando significativamente duas formas: a prontamente solúvel (de 3 para 21%) e a trocável (de 13 para 34%).

Estudando a absorção de nutrientes pela cultura do milho, Berton *et al.* (1989) observaram que a disponibilidade de zinco para essa cultura parece estar mais influenciada pelo pH do solo, determinado após incubação com o lodo, do que pela quantidade aplicada deste material. Os autores obtiveram aumentos significativos na produção de matéria seca e na absorção de Zn pelas plantas de milho, em doses de 40 e 80 $Mg.ha^{-1}$. Para o Cu, no entanto, os aumentos ocorreram apenas nos solos mais ácidos que receberam a maior dosagem de lodo.

Bertoncini e Mattiazzo (1999) citam autores que, estudando as interações de ácidos húmicos e metais, demonstraram que a presença de cálcio e o pH interferem nessa adsorção. Esses autores sugerem que há competição entre Zn e Cu por sítios ativos de ácidos húmicos quando a concentração desses compostos orgânicos na solução do solo é baixa, sendo a compatibilidade e a intensidade de absorção maior para o cobre, em relação ao

zinco. Em altas concentrações de ácidos húmicos, essa ordem não se estabelece.

Anjos (1999) cita duas hipóteses para descrever a fitodisponibilidade de metais potencialmente tóxicos em solos tratados com biossólidos: a teoria platô ("plateau theory") e a hipótese da bomba relógio ("time bomb"), ambas descritas por Chang *et al.*³, (1997). A primeira argumenta que a capacidade de adsorção do metal adicionado com o biossólido persiste enquanto o metal persistir no solo e os metais permaneceriam em formas químicas não prontamente disponíveis para a absorção pelas plantas. A teoria platô sugere que o biossólido é tanto uma fonte quanto um retentor para os metais pesados aplicados ao solo.

A segunda hipótese (bomba relógio) postula que a capacidade de adsorção do metal no solo é aumentada pela adição da matéria orgânica no solo com o biossólido. Esta capacidade, entretanto, reverte-se ao seu nível de base original após o término das aplicações de biossólido com a mineralização da matéria orgânica liberando metais de formas mais solúveis. Esta suposição assume que o biossólido é na sua maior parte orgânico e que os metais estão primordialmente ligados à matéria orgânica do biossólido. De fato, o biossólido apresenta cerca de 60% de matéria orgânica em peso; o restante se constitui de uma variedade de sólidos inorgânicos e de uma pequena porcentagem de íons complexados organicamente. Alguns dos metais serão co-precipitados com esta fração inorgânica que não será diretamente afetada pela decomposição da matéria orgânica, porém será indiretamente afetada se houver uma diminuição do pH do solo.

2.3.3 FÓSFORO

À semelhança do que ocorre com as fontes minerais, as fontes orgânicas de P podem atuar como fonte (aumentando) ou como dreno

³ CHANG, A.C.; HINESLY, T.D.; BATES, T.E.; DONER, H.E.; DOWDY, R.H.; RYAN, J.A. Effects of long-term sludge application on accumulation of trace elements by crops. In: PAGE, A.L.; LOGAN, T.G.; RYAN, J.A. **Land application of sludge**. Chelsea: Lewis Publishers, 1987, p. 53-66.

(diminuindo) o P-solução (Novais, 1999). Com a mineralização de resíduos de cultivos, ou mesmo da matéria orgânica humificada do solo, o teor de P liberado da biomassa contribuirá para o conteúdo de P-solução. Segundo o autor, a influência da atividade das raízes sobre as fontes orgânicas, liberando o P-imobilizado, pode ser muito grande.

Sá (1994) afirma que a complexidade química do fósforo orgânico (Po) no solo, a suscetibilidade de alguns compostos em hidrolisar durante a extração, a adsorção com minerais de argila e a formação de sais insolúveis com cátions metálicos, são fatores complicadores para maior compreensão das formas de P orgânico no solo.

O Po ocorre naturalmente como ésteres do ácido ortofosfórico, e vários mono e diésteres são caracterizados. De maneira geral, enquanto os ortofosfatos de monoésteres predominam na fração orgânica dos solos, os P-diésteres demonstram grande instabilidade (Anderson, 1986). Os valores de Po encontrados em solos tropicais representam de 13 a 47% do P total, observando-se, de maneira geral, correlações significativas entre Po total e P total (Guerra *et al.*, 1996).

Novais (1999) explica que o fósforo chamado P lábil indica o tamanho do “estoque” ou “compartimento” de P que irá repor retiradas do P da solução do solo. O P lábil proporciona um mecanismo ao solo que tampona o sistema, que o regulamenta, procurando controlar tanto excessos como carências, dentro de limites próprios a cada solo. O P não-lábil seria um compartimento fechado, ou quase fechado, onde o P é retido, com poucas chances de retorno.

Considerando que a fração orgânica lábil encontra-se fracamente ligada à fase sólida do solo e, portanto, mais acessível à mineralização, a relação íntima com o P disponível sugere que o reservatório lábil deve ocupar um papel na fertilidade do solo, maior do que o antes reconhecido, principalmente em solos de baixa fertilidade natural (Guerra *et al.*, 1996).

As plantas utilizam P de fontes orgânicas quase tão eficientemente como de fontes minerais, dada a hidrólise de Po, liberando Pi. O fator limitante à hidrólise de Po no suprimento de Pi para plantas não é a disponibilidade de fosfatases (enzimas que catalisam a hidrólise que proporciona a clivagem do Pi de formas orgânicas), mas de Po hidrolisável (Novais, 1999).

Segundo o mesmo autor, o predomínio da mineralização do Po sobre a imobilização de Pi do solo, suprindo de P as plantas, depende da concentração de P do resíduo orgânico disponível para a respiração de microrganismos. Em termos gerais, a concentração crítica de 0,2% de P no resíduo mantém os processos de mineralização e imobilização em equilíbrio. Acima de 0,2% predomina a mineralização; abaixo a imobilização.

2.3.3.1 Influência do pH e de outros íons na disponibilidade do P

Um dos principais fatores que afetam a disponibilidade do fósforo no solo é o pH. Em solos com pH superior a 5, diminui sensivelmente a solubilidade dos fosfatos naturais (Andreoli, 1988) e, de acordo com Malavolta *et al.* (1997), no pH que comumente ocorre nos solos cultivados o P é absorvido predominantemente na forma iônica de H_2PO_4^- .

Solos ácidos em geral contêm quantidades significativas de íons Fe^{+2} , Al^{+3} , e Mn^{+2} trocáveis e solúveis. Quando presente, o fosfato pode ser adsorvido à superfície do colóide com esses íons servindo como ponte. Esse fenômeno, de acordo com Sommers e Sutton (1986), é conhecido como coadsorção e o fosfato retido dessa forma ainda é disponível às plantas. Quanto menor o pH do solo, maior a concentração de Al, Fe e Mn solúveis e, conseqüentemente, maior a porção de fósforo retida dessa maneira.

O fósforo solúvel no solo formará compostos com o cálcio, o ferro, o alumínio e o manganês, quer ele seja proveniente da apatita, de fertilizantes, de esterco ou da matéria orgânica (POTAFOS/CARGILL, 1998).

2.3.3.2 O fósforo e o lodo de esgoto

O fósforo contido em lodos de esgotos provém dos dejetos e corpos microbianos do esgoto e dos detergentes e sabões que utilizam fosfatos como aditivos. A biodisponibilidade deste elemento no lodo é alta, variando de 40 a 80% do P total. Algumas formas de tratamento como a calagem podem reduzir um pouco a disponibilidade do P contido no lodo, por isso considera-se que,

em média, 50% do P estará disponível para as plantas no primeiro ano da aplicação do lodo (SANEPAR, 1997).

Alguns trabalhos indicam aumento de rendimento de culturas resultante da aplicação de lodo de esgoto, porém ressaltam a necessidade de suplementação com P e K para obtenção de rendimentos máximos (Sommers e Sutton, 1986). A tabela 1 mostra dados de aumento de produtividade com capim-bermuda, seguido de semeadura com centeio.

TABELA 1: EFEITO DO LODO DE ESGOTO NO RENDIMENTO E NA ABSORÇÃO DE P DE CENTEIO FORRAGEIRO E DE CAPIM-BERMUDA (ADAPTADO DE SOMMERS E SUTTON, 1986).

Lodo aplicado	P aplicado	Rendimento	Absorção de P	
		Kg/ha		% do aplicado
0	0	2320	4	--
0+NPK	174	23760	56	32
44	382	19400	53	14
87	765	28820	80	10
133	1172	30380	82	7
266	2343	26850	88	4

Hinedi *et al.* (1988) reportam vários trabalhos que indicam que o P presente em lodos é primariamente de natureza inorgânica. Porém, também existem trabalhos que mostram que mais de 50% do P total em certos lodos é orgânico, gerando dados conflitantes e requerendo mais pesquisas. Esses autores consideram que o lodo se comporta como um fertilizante de liberação lenta de P, avaliando a cinética de liberação do P do lodo através de um teste biológico, observando que o P do lodo disponível às plantas passava de 17% aos 7 dias para 66% aos 300 dias de incubação.

Os autores citados verificaram que os diésteres-fosfato foram completamente hidrolisados após 28 dias de incubação em solos ácidos e em alcalinos, independentemente do tipo de lodo incorporado. O desaparecimento do P orgânico associado a diésteres estão de acordo com observações de uma

rápida decomposição da matéria orgânica caracterizada por uma alta evolução da concentração de CO₂ nos primeiros 28 dias de incubação. Os monoésteres-fosfato presentes originalmente e também os resultantes da hidrólise dos diésteres-fosfato nos solos tratados com lodo de esgoto, não foram decompostos tão rapidamente. Ainda estavam presentes nos solos após 140 dias de incubação.

O acúmulo de P com aplicações contínuas de lodo de esgotos pode ocasionar quedas de rendimento nas culturas, causadas tanto por excesso de P, como por interações P-metais. Pode também ocorrer deficiência de Zn induzida por excesso de P em solos tratados com lodo de esgoto (Sommers e Sutton, 1986).

Várias tentativas vêm sendo feitas para investigar a relação entre o P orgânico total e a matéria orgânica nos solos, primeiramente através do fracionamento da matéria orgânica em ácido fúlvico, ácido húmico e humina e, depois, determinando os conteúdos de P em cada um desses componentes. O conteúdo total de P está, de maneira geral, positivamente relacionado à razão ácido húmico/ácido fúlvico, sendo que esta razão aumenta com a diminuição do pH do solo. A fração humina, de maneira geral, não contém P (Harrison, 1987). No entanto, a natureza das substâncias húmicas envolvidas com o P ainda precisa ser melhor esclarecida.

Embora alguns trabalhos indiquem que o P_o pode ser diretamente absorvido diretamente pelas plantas, considera-se que uma pequena proporção é obtida dessa forma, sendo que as plantas, em geral, absorvem este elemento na forma inorgânica solúvel. A participação do P orgânico na absorção total desse elemento pelas plantas é, de fato, proporcional à taxa na qual ele é mineralizado a P inorgânico.

O P orgânico tem sua importância aumentada em regiões tropicais, onde sua contribuição relativa é maior. Autores confirmaram esta importância, demonstrando que em pastagens a mineralização do P orgânico contribuiu com 50 a 84% do P absorvido (Andreoli, 1988). Usando técnicas de traçadores

radioativos, Bowen (1973)⁴ citado por Andreoli (1988) observou que 40% do P aplicado como superfosfato estava em forma orgânica 28 dias após a aplicação.

Uma fração considerável do P orgânico, bem como do N orgânico, não foi ainda caracterizada, provavelmente devido à incorporação da maior parte desses elementos a substâncias complexas de alto peso molecular (Broadbent, 1986).

Muitas pesquisas básicas conseguiram avanços significativos na caracterização da natureza da matéria orgânica do solo, mas muito trabalho ainda se faz necessário em relação aos processos que controlam a mineralização do fósforo.

⁴ BOWEN, G.D. Ectomycorrhizae: the ecology and physiology. In: MARKS, G.C.; KOSLOWSKI, T.T. Academic Press, New York, 151-205. 1973.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, no município de Curitiba, estado do Paraná.

3.2 Espécie

Foram utilizadas mudas de *Gypsophila paniculata* L. cv. Golan, obtidas de produtor da região de Atibaia, estado de São Paulo.

3.3 Substrato

3.3.1 Solo

As mudas foram plantadas em vasos plásticos contendo como substrato amostras de terra retiradas a uma profundidade máxima de 20 cm, de um cambissolo distrófico álico (EMBRAPA, 1999), textura argilosa, coletadas em área de campo nativo na Fazenda Experimental Canguiri, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), localizada no município de Pinhais, estado do Paraná. Esse solo foi escolhido em função dos baixos níveis do elemento fósforo e as amostras coletadas foram peneiradas em malha 10mm.

A caracterização química do solo amostrado foi obtida a partir das análises de rotina do laboratório de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, conforme metodologia descrita por Pavan *et al.* (1992), como se segue: a) pH: suspensão da amostra em solução de CaCl_2 0,01M e leitura em potenciômetro; b) H + Al: método indireto da solução tampão SMP e leitura potenciométrica; c) o Ca e o Mg foram extraídos com KCl 1N e determinados por complexometria (titulação com EDTA); d) P e K: foram extraídos em solução Mehlich 1 e determinados em colorímetro e fotômetro de chama, respectivamente; e) C: determinação por via úmida, usando-se solução de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Os resultados das determinações para o solo utilizado neste trabalho são apresentados no quadro 3, a seguir:

QUADRO 3: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO AMOSTRADO E UTILIZADO COMO PARTE DO SUBSTRATO NA INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO (PROFUNDIDADE 0 A 20 cm).

pH CaCl ₂	pH SMP	Al ⁺³	H + Al	Ca	Ca+Mg	K	CTC cmol _c .dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	V %
4,4	5,0	1,8	10,5	2,7	4,3	0,25	15,05	3,0	26,8	30,2

3.3.2 Lodo de Esgoto

O lodo de esgoto aeróbio estabilizado alcalino utilizado neste trabalho foi fornecido pela Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR e coletado em sua Estação de Tratamento de Esgotos Belém, situada no município de Curitiba, estado do Paraná.

As determinações de umidade, pH, N total, P e K foram realizadas no Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, por ocasião da instalação do experimento. Posteriormente, foram realizadas as análises de Ca (cálcio), Mg (magnésio), Fe (ferro), Cu (cobre), Zn (zinco) e Mn (manganês), bem como dos seguintes elementos: Cd (cádmio), Pb (chumbo), Cr (cromo), Hg (mercúrio) e Ni (níquel). Os resultados dessas análises posteriores foram fornecidos pelo Laboratório de Química Ambiental do Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR.

A umidade do material coletado, por ocasião da aplicação ao solo, era de 56,74%, bem abaixo da média padrão da SANEPAR, que é de 75% (Sanepar, 1997). Esse valor (56,74%) foi determinado por secagem em estufa a 105°C, até peso constante. O pH foi analisado pela mesma metodologia descrita para o solo, com leitura em potenciômetro. Para a caracterização química dos elementos P e K, o lodo foi seco por 48 horas a 60°C, sendo a análise realizada por digestão total com ácido fluorídrico e ácido perclórico, segundo metodologia descrita por Hildebrand (1977). O N total foi determinado em destilador tipo Kjeldahl.

Os resultados da composição química do lodo de esgoto utilizado neste trabalho são mostrados no quadro 4.

QUADRO 4: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO LODO DE ESGOTO (EM BASE SECA) PRODUZIDO PELA ETE – BELÉM, CURITIBA, PR, E UTILIZADO COMO PARTE DO SUBSTRATO NOS TRATAMENTOS AVALIADOS NO EXPERIMENTO (UFPR/TECPAR).

PARÂMETRO	VALOR
pH CaCl ₂	12,3
N total (g.100g ⁻¹)	1,93
P ₂ O ₅ total (g.100g ⁻¹)	2,67
P (g.kg ⁻¹)	11,67
K ₂ O (g.100g ⁻¹)	0,096
Ca (g.kg ⁻¹)	143,7
Mg (g.kg ⁻¹)	84,5
Fe (mg.kg ⁻¹)	3700
Cu (mg.kg ⁻¹)	61,5
Mn (mg.kg ⁻¹)	250,9
Zn (mg.kg ⁻¹)	272,9
Cd (mg.kg ⁻¹)	não detectado em nível de 1,0 mg.kg ⁻¹
Pb (mg.kg ⁻¹)	34,1
Cr (mg.kg ⁻¹)	32,2
Hg (mg.kg ⁻¹)	1,3
Ni (mg.kg ⁻¹)	15,7

A metodologia utilizada na determinação dos elementos Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Cd, Cr, Hg e Ni foi a de extração com solução de ácido nítrico sob refluxo e quantificação por espectrometria de absorção atômica. Para o Hg, os procedimentos de extração e determinação foram os mesmos dos elementos acima, porém a espectrometria de absorção atômica foi realizada com geração de vapor frio (relatório de Ensaio 52240-01008183 – TECPAR, 2001, Laudo 1, Anexo III).

3.4 Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 4x3, sendo 4 níveis de doses de lodo de esgoto e 3 níveis de porcentagens da recomendação de adubação fosfatada para a cultura. Foram utilizadas três repetições, sendo uma unidade experimental constituída de três vasos.

Optou-se pelo delineamento em blocos devido a diferenças de luminosidade detectadas no ambiente da casa-de-vegetação onde foi conduzido o experimento.

3.5 Descrição dos tratamentos

3.5.1 Doses de Lodo de Esgoto

Considerando-se a recomendação de 50 t.ha^{-1} de lodo de esgoto em base úmida para a cultura do milho, feita por Lourenço *et al.* (1996), utilizou-se uma dose superior e duas inferiores à dose recomendada. O lodo foi incorporado ao substrato 30 dias antes do plantio. Os tratamentos e seus correspondentes calculados por vaso são discriminados no quadro 5. O cálculo para base seca baseou-se no teor de umidade determinado no lodo coletado, de 56,74%.

QUADRO 5: DOSES DE LODO UTILIZADAS CONFORME RECOMENDAÇÃO E TRATAMENTOS AVALIADOS (Mg.ha⁻¹) E SEUS CORRESPONDENTES PARA VASO (g) EM BASES ÚMIDA E SECA.

LODO ÚMIDO (t.ha ⁻¹)	LODO SECO (t.ha ⁻¹)	LODO ÚMIDO (g/vaso)	LODO SECO (g/vaso)
0	0	0	0
20	8	25	10,81
40	17	50	21,63
60	25	75	32,44

3.5.2 Adubação fosfatada

Optou-se neste trabalho por seguir a recomendação de Tombolato e Furlani (1997), que não considera a quantidade dos elementos disponíveis na adubação orgânica recomendada, por ser esta a prática normalmente utilizada pelos produtores do estado de São Paulo, maior centro produtor da cultura.

Foram testadas, portanto, doses de fósforo equivalentes a 0; 50 e 100% do total recomendado para a cultura que, para solos com baixos níveis de fósforo, é de 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Tombolato e Furlani, 1997).

Na ocasião do plantio, foram então aplicadas as seguintes quantidades de superfosfato triplo (41% de P₂O₅), por tratamento: 0,5488 g/vaso nos tratamentos de 100% da recomendação e 0,2744 g/vaso nos tratamentos de 50% da recomendação.

3.6 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação, sendo o plantio das mudas realizado em 27 de setembro de 2000, depois de serem desenvolvidos testes preliminares para verificação da adaptação da cultura (Wachowicz *et al.*, 1999).

Em vasos plásticos de 22 cm de diâmetro e com capacidade de 4,0L, foram utilizados 2,5 kg de substrato de terra. As doses de lodo foram diluídas

em água deionizada e acrescentadas gradualmente à terra, sendo que a mistura solo-lodo foi feita manualmente, com utensílios e recipientes plásticos.

Foi estabelecido um intervalo de 30 dias entre a aplicação do lodo e o plantio das mudas. Nesse intervalo, o substrato sempre foi mantido úmido e coberto.

Durante o desenvolvimento da cultura, foram feitas regas diárias com água deionizada, com quantidade variável por tratamento, de acordo com a necessidade das plantas, evitando-se sempre o excesso.

Diariamente, foram registradas as temperaturas máxima e mínima no ambiente da casa-de-vegetação onde se desenvolveu a cultura. Durante todo o período do experimento, a menor temperatura foi de 9°C, registrada nos 3 primeiros dias após o plantio e a temperatura mais alta foi de 41 °C, ocorrida em 04/12, aos 68 dias após o plantio (Figura 2).

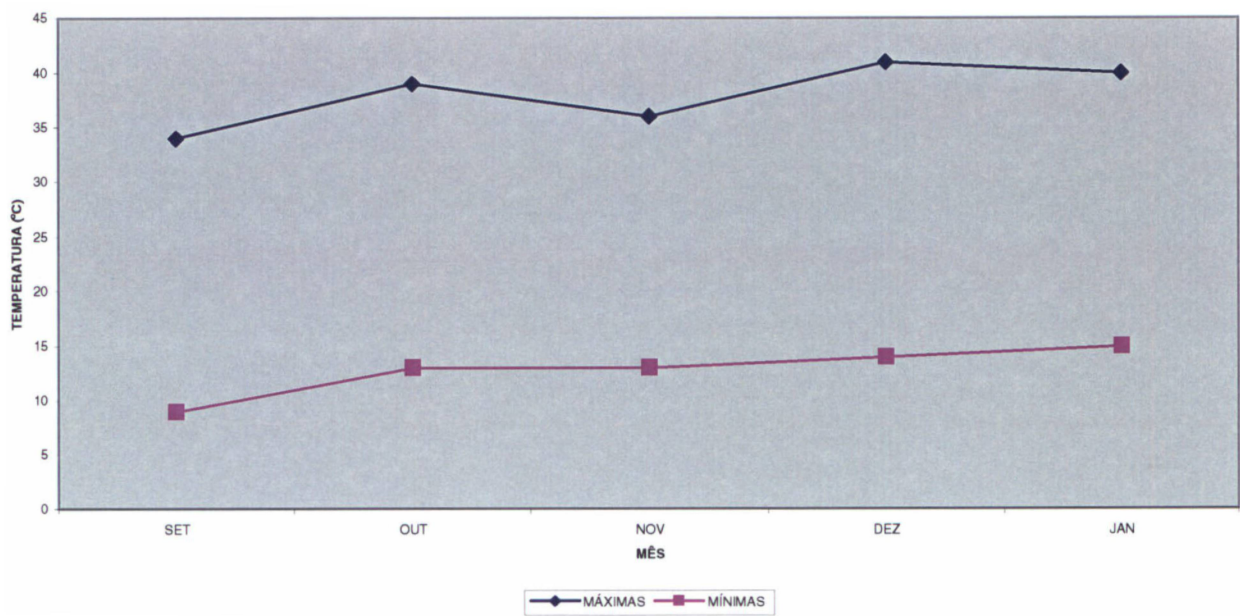


FIGURA 2: MÉDIAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS (°C) OBSERVADAS DURANTE O PERÍODO DE SETEMBRO DE 2000 A JANEIRO DE 2001 NA CASA-DE-VEGETAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE SOLOS, UFPR, CURITIBA, PR.

3.7 Adubação Mineral Complementar (N e K)

Para adubação mineral de plantio, Tombolato e Furlani (1997) recomendam a aplicação de 30 kg.ha^{-1} de N e, para os níveis de K encontrados no solo utilizado nesse experimento, 40 kg.ha^{-1} de K_2O . A recomendação não considera as quantidades fornecidas pela adubação orgânica.

Na adubação mineral de cobertura, a recomendação dos mesmos autores é a aplicação de 120 kg.ha^{-1} de N e 120 kg.ha^{-1} de K_2O , parcelando-se essas quantidades em três vezes, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. As fontes utilizadas foram: uréia (45% de N) e KCl (60% de K_2O).

Tanto no plantio como em cobertura, aos 30, 60 e 90 dias após, os fertilizantes foram diluídos em água deionizada e aplicados diretamente no substrato.

Devido à grande quantidade de N prontamente disponível pela aplicação do lodo de esgoto no substrato, optou-se por realizar a adubação nitrogenada de plantio somente aos 15 dias após, evitando-se o excesso desse elemento em alguns tratamentos no momento do plantio. Foram, portanto, aplicados 0,0833 g de uréia em todos os vasos de todos os tratamentos, aos 15 dias após o plantio.

O KCl foi aplicado no plantio, utilizando-se 0,0833g por vaso.

3.8 Condução da cultura

As mudas de *Gypsophila paniculata* cv. Golan foram adquiridas em embalagens de isopor, com aproximadamente 5 cm de altura, número de folhas entre 8 e 10 e enraizadas em substrato para enraizamento. O sistema radicial das mudas foi lavado em água deionizada até completa eliminação do substrato.

Aos 33 dias após o plantio, foi efetuada a prática denominada "pinch", normalmente utilizada pelos produtores em plantios de primavera e verão. O "pinch" consiste na eliminação do ápice das plantas que, depois de cerca de um mês do plantio, apresenta aproximadamente 10 folhas, com o objetivo de quebra de dominância apical e, conseqüentemente, aumento da produtividade em número de hastes florais emitidas por planta. Foi realizado com corte com tesoura comum (Figuras 3 e 4).



Figura 3: FOTOGRAFIA MOSTRANDO A PRÁTICA DO "PINCH" (ELIMINAÇÃO DA PARTE APICAL DAS MUDAS) EM *Gypsophila paniculata* L., EVIDENCIANDO A ALTURA DO CORTE, AOS 33 DIAS APÓS O PLANTIO.



Figura 4: FOTOGRAFIA DE PLANTA DE *Gypsophila paniculata* L. APÓS A PRÁTICA DO "PINCH", AOS 33 DIAS APÓS O PLANTIO.

Realizou-se uma aplicação do organofosforado Chlorpyrifos (Lorsban) em solução 0,5%, ao perceber-se ataque de lagartas da família Curculioniidae. Foi feita uma pulverização manual, com jato dirigido ao colo das plantas, aos 84 dias após o plantio.

Da mesma maneira como ocorre em plantios comerciais, os cortes das hastes florais foram sendo realizados à medida que estas atingiam o ponto de colheita, quando pelo menos 50% dos botões florais de toda a panícula estão abertos.

O primeiro corte de haste floral em ponto de colheita ocorreu aos 95 dias após o plantio (31/12/2000). A maior parte das hastes florais, no entanto, atingiu o ponto de colheita entre os 110 e os 126 dias após o plantio (de 15 a 31/01/2001), quando foi encerrado o experimento, após as avaliações.

3.9 Avaliações

3.9.1 Amostragens e Análises Químicas do Substrato

Para caracterização química dos substratos de cultivo, as amostras dos substratos em todos os tratamentos foram coletadas em três épocas: a primeira, logo após a aplicação do lodo de esgoto e do calcário, aos 30 dias antes do plantio; a segunda, aos 30 dias após o plantio, ou seja, 60 dias após a aplicação; e a terceira, aos 125 dias após o plantio, no encerramento da fase experimental do trabalho. Foram retiradas amostras compostas dos três vasos de cada tratamento, em cada bloco, a profundidades aleatórias. Os procedimentos de laboratório são os mesmos descritos para a caracterização química do solo (item 3.3.1, página 16) (Laudos 2, 3 e 4, Anexo III).

3.9.2 Análises das Plantas

3.9.2.1 Parâmetros morfológicos

Os parâmetros morfológicos avaliados são considerados indicativos de produtividade na produção e na comercialização de flores de corte.

A partir do ponto de colheita, foram sendo avaliadas as seguintes características morfológicas das plantas:

a) Número de hastes florais;

- b) Altura da haste floral: expressa em cm e medida a partir do colo da planta, no ponto de corte;
- c) Diâmetro da haste: expresso em mm e medido a 30 cm do ponto de corte, com paquímetro. Essas características (altura e diâmetro da haste) estão relacionadas à durabilidade em vaso da haste: quanto maior a haste, maior também sua vida útil após o corte;
- d) Número de ramificações primárias da haste floral: foram contadas as ramificações com mais de 10cm de comprimento, originadas diretamente no eixo principal da haste. É indicativo de produtividade, pois remete ao tamanho da panícula. As ramificações em geral são cortadas pelos floristas e utilizadas em buquês e arranjos florais (Figura 5);
- e) Número de flores: foram contadas as flores de cada haste ou inflorescência;
- f) Diâmetro da flor: resultado da média de 3 flores de cada haste, foi medido com paquímetro, em mm, amostrando-se flores totalmente abertas;



FIGURA 5: FOTOGRAFIA DE ÁPICE DE HASTE FLORAL DE *Gypsophila paniculata* L. EVIDENCIANDO AS RAMIFICAÇÕES PRIMÁRIAS EMITIDAS A PARTIR DA HASTE PRINCIPAL.

- g) Massa de matéria fresca das hastes (em gramas): relaciona-se à produtividade e também à durabilidade em vaso e foi realizada em balança analítica de precisão (Mettler P 1200);
- h) Massa de matéria seca das hastes: após a avaliação da massa fresca, as hastes foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada, a 65°C, até obtenção de peso constante (aproximadamente 72 horas).

Ao final da fase de colheita, no encerramento do trabalho experimental, foram avaliados mais dois parâmetros:

- i) Massa de matéria fresca remanescente: expressa em gramas. Foram pesadas em balança analítica as folhas basais das plantas e as hastes emitidas, porém não em ponto de colheita. Considerou-se toda a parte aérea remanescente (PAR) da planta, ao final do experimento;
- j) Massa de matéria seca remanescente: o mesmo material descrito acima foi submetido à secagem a 65°C e pesado, cerca de 72 horas após, em balança analítica.

3.9.2.2 Parâmetros nutricionais

Após determinação da massa da matéria fresca, o material vegetal avaliado foi lavado em água corrente deionizada, para retirar impurezas retidas nas folhas e hastes florais. Na sequência, após avaliada a massa da matéria seca, deu-se início ao preparo das amostras para análise nutricional dos tecidos vegetais, que consistiu de moagem em liquidificador e/ou moedor de grãos de café. Foram moídas as hastes florais e as partes aéreas remanescentes, separadamente.

Foram analisados os macronutrientes (exceto o S), ou seja, N, P, K, Ca e Mg, e os micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal do Paraná (Laudo 5, Anexo III).

As amostras de todos os tratamentos foram submetidas à digestão em HCl 3M para determinação dos teores dos nutrientes, exceto o N. Para avaliação deste elemento, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica a quente e a determinação foi realizada em destilador tipo Kjeldahl (dosagem pelo método semimicro Kjeldahl, segundo Chueiri, 2000). Após a digestão em HCl, a determinação dos elementos Ca e Mg, bem como a dos micronutrientes,

foi feita por espectrofotometria de absorção atômica. O P foi medido por colorimetria com molibdato-vanadato de amônio em espectro de 463 nm, em colorímetro Zeiss PL-4. O K foi determinado por fotometria de emissão em comprimento de onda de 766,5 nm (Hildebrand, 1977).

3.10 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F, analisando-se a significância de cada fator, bem como da interação dos dois fatores. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para os níveis da variável quantitativa “doses de lodo de esgoto”, foram calculadas as equações de regressão polinomial dentro de cada nível do fator fósforo, obtendo-se as médias ajustadas pelo modelo quadrático.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

As tabelas a seguir mostram as médias obtidas para cada parâmetro avaliado, submetidas ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade. No anexo 1 são mostradas as figuras correspondentes às tabelas, obtidas com as curvas de regressão equivalentes às médias ajustadas.

O crescimento em biomassa das plantas de *Gypsophila paniculata* L. foi significativamente influenciado pelo lodo de esgoto e pela adição de fósforo. A interação dos dois fatores também foi significativa. As tabelas 2 e 3 mostram os valores de crescimento em massas das matérias seca e verde totais (Figuras 2A e 3A, Anexo 1).

TABELA 2: MASSA DA MATÉRIA SECA TOTAL (g) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 14,05%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	0,76 bC	6,85 bB	18,08 aA	15,53 bA	10,30 b
50	7,74 aC	11,66 aB	19,61 aA	22,31 aA	15,33 a
100	7,17 aD	12,66 aC	18,60 aB	24,03 aA	15,61 a
MÉDIA	5,22 D	10,39 C	18,76 B	20,62 A	

TABELA 3: MASSA DA MATÉRIA VERDE TOTAL (g) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 8,70%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	2,98 bC	58,54 bB	110,64 aA	114,89 bA	71,69 c
50	45,42 aD	80,47 aC	122,78 aB	143,95 aA	98,15 b
100	47,06 aD	87,26 aC	115,88 aB	153,90 aA	101,02 a
MÉDIA	31,82 D	75,32 C	116,43 B	137,58 A	

Na dose recomendada de P (100%) houve aumento da matéria seca com o aumento do fornecimento de LE, sendo os maiores valores encontrados na maior dose (60 Mg.ha⁻¹). Quando, no entanto, não foi aplicado o fósforo mineral ou quando foi aplicado 50% da recomendação, houve uma estabilização do crescimento entre as duas maiores doses de LE testadas.

Analisando-se a matéria verde total, a estabilização do crescimento é verificada apenas na ausência de P (Tabela 3).

Diversos autores têm feito referências afirmando que a aplicação de lodo de esgoto na agricultura, como fertilizante, traz uma série de benefícios, entre os quais destaca-se o aumento de produção de matéria seca e da produtividade das culturas (Bettiol *et al.*, 1983; Berton *et al.*, 1989; Marques *et al.*, 1991; Melo *et al.*, 1994; Biscaia e Miranda, 1996; Lourenço *et al.*, 1996; Souza *et al.*, 1998). Silva (1995¹) citado por Anjos (1999) verificou que o uso do lodo de esgoto como fertilizante em cana-de-açúcar proporcionou aumentos lineares de produtividade em biomassa e açúcar.

Comparando-se as médias de matéria seca total obtidas com *Gypsophila paniculata* L. neste trabalho, verifica-se um aumento de aproximadamente 100% para a primeira dose de LE avaliada (20 Mg.ha⁻¹),

¹ SILVA, F.C. Uso agrônômico do lodo de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1995. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de São Paulo. 165p.

chegando a cerca de 300% na dose máxima avaliada (60 Mg.ha⁻¹). Andreoli *et al.* (1997b) citam Nascimento e Botega (1996)² que verificaram aumentos de produtividade da ordem de 49 a 77% na cultura do milho.

Nas tabelas 4 a 7 são mostrados separadamente os valores para crescimento da parte aérea remanescente (PAR) e das hastes florais, evidenciando-se que as hastes cresceram com a adição de LE, enquanto que a PAR apresentou menores valores médios de massas seca e verde nas maiores doses de LE, sugerindo melhor aproveitamento do fertilizante orgânico na formação das hastes, em detrimento da parte vegetativa. Deve-se salientar que no tratamento sem adição de lodo e de P (tratamento testemunha) não houve formação de haste floral e a parte aérea remanescente teve seu crescimento reduzido.

TABELA 4: MASSA DA MATÉRIA SECA (g) DA PARTE AÉREA REMANESCENTE (PAR) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 30,01%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	0,76 bB	5,74 aA	4,95 aA	5,00 aA	4,11 a
50	3,12 aB	6,50 aA	3,36 aB	4,48 aB	4,36 a
100	2,52 aB	5,28 aA	5,83 aA	3,97 aAB	4,40 a
MÉDIA	2,13 D	5,84 A	4,71 B	4,48 C	

² NASCIMENTO, E.B.; BOTEAGA, J.C. **Relatório interno**. Curitiba: EMATER, 1996.

TABELA 5: MASSA DA MATÉRIA SECA (g) DE HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 32,14%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bC	1,65 bC	3,71 aB	7,60 aA	3,24 a
50	4,22 aA	3,79 aA	3,08 aA	4,98 bA	4,02 a
100	4,53 aA	4,18 aA	4,40 aA	4,23 bA	4,33 a
MÉDIA	2,98 D	3,21 C	3,73 B	5,60 A	

TABELA 6: MASSA DA MATÉRIA VERDE (g) DA PARTE AÉREA REMANESCENTE (PAR) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 25,44%).(Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	2,98 bB	52,81 aA	41,25 aA	42,11 aA	24,79 a
50	24,31 aB	52,01 aA	26,38 bB	35,21 aB	34,48 a
100	19,46 aB	46,32 aA	43,98 aA	31,91 aB	35,42 a
MÉDIA	15,58 D	50,38 A	37,20 B	36,41 C	

TABELA 7: MASSA DA MATÉRIA VERDE (g) DE HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 31,22%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bD	10,19 bC	35,49 aB	44,67 aA	22,59 b
50	24,34 aB	20,19 aB	33,38 aB	46,19 aA	31,02 a
100	26,86 aA	28,24 aA	35,45 aA	39,36 aA	32,48 a
MÉDIA	17,07 D	19,54 C	34,77 B	43,41 A	

A função regulatória do fósforo no metabolismo fotossintético das folhas é um dos principais fatores limitantes do crescimento vegetal, especialmente durante o período reprodutivo. Marschner (1993) afirma que há relação entre deficiência de P, redução do número de flores e atraso da iniciação floral, sugerindo a participação do P no balanço de substâncias reguladoras do crescimento vegetal, o que se comprovou com os resultados obtidos com as plantas do tratamento sem adição de P e de lodo de esgoto (Tabelas 2 a 7; Figura 6), onde não houve formação de haste floral e a parte aérea remanescente teve seu crescimento bastante reduzido.



FIGURA 6: FOTOGRAFIA DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. AOS 124 DIAS APÓS O PLANTIO. À ESQUERDA, PLANTA DO TRATAMENTO SEM ADIÇÃO DE P E DE LE; À DIREITA, PLANTA DO TRATAMENTO COM AS DOSES MÁXIMAS DE P (100%) E LE (60 Mg.ha⁻¹).

A análise da massa das hastes florais (matéria verde), parâmetro indicativo de produtividade na comercialização das flores, evidencia um efeito significativo da interação do LE com o P. À medida em que se aumenta o fornecimento de P mineral, reduz-se a influência do LE aplicado, sendo que na dose de 100% da recomendação de P, não houve diferença significativa entre as quantidades aplicadas de LE (Tabela 7). Os maiores valores foram observados na maior dose de LE, não havendo, de maneira geral, diferença entre os níveis de P mineral fornecido, exceto na ausência de P e na menor dose de LE (20 Mg.ha⁻¹).

Assim como a massa da matéria verde das hastes florais, os demais parâmetros avaliados, discutidos a seguir, também se relacionam com o desenvolvimento padrão das inflorescências, indicando produtividade.

Quando avaliado o número de hastes florais emitidas por planta, observou-se um aumento até a dose de 40 Mg.ha⁻¹ de lodo de esgoto, acima da qual houve redução, exceto para o tratamento de 100% da recomendação de P (Tabela 8). O maior número de hastes ocorreu na dose de 40 Mg.ha⁻¹ de LE, com 50% da recomendação de P. Na maior dose de LE (60 Mg.ha⁻¹), houve mais hastes na dose recomendada de P (100%).

TABELA 8: NÚMERO DE HASTES FLORAIS EMITIDAS POR PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 41,09%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- aB	0,44 aB	2,56 bA	1,33 cB	1,08 c
50	0,78 aC	0,89 aC	3,67 aA	2,67 bB	2,00 b
100	0,78 aB	1,67 aB	2,78 bA	3,56 aA	2,20 a
MÉDIA	0,52 D	1,00 C	3,00 A	2,52 B	

Tendo-se em vista que a quantidade de massa verde, associada à altura das hastes florais, é um parâmetro valorizado no momento da comercialização de flores de corte em geral, considerou-se bastante positiva a resposta da cultura ao fornecimento de LE.

As hastes mais altas foram observadas nas maiores doses de LE, não havendo, porém, diferença significativa entre as doses de 40 e 60 Mg.ha⁻¹ (Tabela 9). Na maior porcentagem do elemento P aplicado, não houve influência da quantidade de LE avaliada. A quantidade de P fornecida influenciou a altura das plantas somente na menor dose de LE (20 Mg.ha⁻¹).

TABELA 9: ALTURA (cm) DAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 21,83%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bC	25,22 cB	75,37 aA	74,93 aA	43,88 c
50	63,14 aB	45,78 bC	77,50 aA	78,22 aA	66,16 b
100	63,72 aA	68,72 aA	78,52 aA	78,72 aA	72,42 a
MÉDIA	42,29 B	46,57 B	77,13 A	77,29 A	

Outros parâmetros ligados à comercialização e também considerados indicativos de qualidade para a espécie estudada são o número de ramificações primárias da haste e o número de flores emitidas pelas inflorescências.

As hastes com maior número de ramificações, bem como com maior número de flores, foram encontradas nas maiores doses de LE e de P, não havendo diferença entre as doses de LE nas maiores doses de P (Tabelas 10 e 11). Também não houve diferença entre as doses de P nas maiores doses de LE para ambos os parâmetros (número de ramificações e de flores).

TABELA 10: NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES PRIMÁRIAS DE HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 30,00%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bD	1,89 cC	5,39 aB	6,63 aA	3,48 c
50	5,61 aA	3,22 bB	6,33 aA	6,44 aA	5,40 b
100	4,83 aA	5,00 aA	5,74 aA	6,78 aA	5,59 a
MÉDIA	3,48 C	3,37 D	5,82 B	6,62 A	

TABELA 11: NÚMERO DE FLORES EMITIDAS POR HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 35,52%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bB	100,11 bB	394,24 aA	337,06 aA	207,85 c
50	273,06 aA	282,67 aA	309,57 aA	418,79 aA	321,02 b
100	323,19 aA	368,44 aA	357,75 aA	483,78 aA	383,29 a
MÉDIA	198,75 D	250,41 C	353,85 B	413,21 A	

O diâmetro médio das hastes florais, parâmetro indicativo de vigor, aumentou com o fornecimento de LE e de P, não havendo, porém, diferenças significativas nas maiores doses avaliadas, sendo que as hastes mais espessas ocorreram nas maiores doses utilizadas (Tabela 12).

Sulzbache e Koike (1986) observaram respostas altamente significativas no aumento do volume à altura do peito (VAP) em *Eucalyptus* sp. associando-se uma formulação mineral rica em P (10-28-6) com compostos orgânicos.

TABELA 12: DIÂMETRO (mm) DE HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (CV = 11,40%). (Tukey a 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bC	1,44 cB	4,33 aA	4,46 aA	2,56 c
50	3,17 aB	3,11 bB	4,11 aA	4,87 aA	3,81 b
100	3,67 aA	4,11 aA	4,37 aA	4,22 aA	4,09 a
MÉDIA	2,28 D	2,89 C	4,27 B	4,52 A	

O diâmetro das flores das panículas de *Gypsophila paniculata* L. também foi avaliado e variou entre 7 e 9mm, não sofrendo influência dos tratamentos avaliados.

4.2 PARÂMETROS NUTRICIONAIS

Os teores dos micronutrientes serão mostrados a seguir através das curvas de regressão obtidas com as médias ajustadas. No anexo 2 são mostradas as tabelas correspondentes, com teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para melhor interpretação dos teores obtidos nas plantas, são apresentados na tabela 13, a seguir, os valores médios do pH (CaCl₂) do substrato de cultivo, nos diferentes tratamentos, antes (30 dias antes do plantio), durante (30 dias após o plantio) e depois (125 dias após o plantio) da fase experimental. As demais características químicas dos substratos amostrados são apresentadas nos laudos 2, 3 e 4 (Anexo III).

TABELA 13: VALORES MÉDIOS DE pH (CaCl₂) DOS SUBSTRATOS DE TERRA COM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA, AMOSTRADOS ANTES, DURANTE E DEPOIS DO EXPERIMENTO.

Lodo (t.ha ⁻¹)	P (%)	pH (30 dias antes do plantio)	pH (30 dias após o plantio)	pH (125 dias após o plantio)
0	0	4,5	4,3	4,0
20	0	4,4	4,5	4,5
40	0	4,6	4,7	5,2
60	0	4,7	5,0	5,8
0	50	4,4	4,3	4,0
20	50	4,5	4,6	4,4
40	50	4,6	4,9	5,0
60	50	4,8	5,0	5,7
0	100	4,3	4,3	4,0
20	100	4,6	4,5	4,6
40	100	4,7	4,9	4,9
60	100	4,8	5,0	5,7

Nos tratamentos com lodo de esgoto, verificaram-se esperados aumentos de pH. Ao longo do tempo, durante a fase experimental, houve um aumento expressivo do pH, especialmente nos tratamentos em que se utilizou a maior dose de LE.

No quadro 1 (página 5) são mostradas faixas de teores de nutrientes consideradas adequadas para a cultura da *Gypsophila*, com base em folhas maduras totalmente expandidas, segundo Graziano *et al.* (1997). Embora os valores dessa tabela tenham sido usados como referência na discussão dos resultados obtidos com relação aos parâmetros nutricionais, deve-se ressaltar que as amostras utilizadas nas análises realizadas neste trabalho compreenderam toda a parte aérea das plantas, incluindo regiões caulinares e, no caso das hastes florais, incluindo também as flores.

Os teores dos elementos avaliados foram determinados separadamente para a parte aérea remanescente e para as hastes florais (Laudo 5, Anexo III).

4.2.1 Micronutrientes

De maneira geral, evidenciou-se que quanto maior a quantidade fornecida de lodo de esgoto, menores os teores de micronutrientes na parte aérea remanescente das plantas (Figuras 7, 9, 11 e 13). Em hastes florais de *Gypsophila paniculata* L., os teores de Mn e Zn também sofreram redução com a adição de LE (Figuras 8 e 14, respectivamente).

4.2.1.1 Manganês

Não houve variação dos teores de Mn apresentados pela parte aérea remanescente e pelas hastes florais com a adição de P (Figuras 7 e 8; Tabelas 13A e 14A). Somente o efeito do fator LE foi significativo, sendo que na maior dose avaliada (60 t.ha^{-1}), os teores de Mn foram reduzidos abaixo dos níveis considerados adequados para a cultura, que são de $50\text{-}200 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Quadro 1), tanto na PAR (Figura 7) quanto nas hastes florais (Figura 8). Conforme já

salientado, não houve emissão de haste floral no tratamento sem adição de LE e P.

De acordo com Mengel e Kirkby (1987), a absorção do Mn é reduzida não somente pela competição direta com outros cátions divalentes, especialmente o Ca^{+2} da solução do solo, mas também como resultado do aumento do pH. Com a adição do LE, esses dois fatores contribuíram para a redução dos teores de Mn.

Além desses fatores, o Mn divalente (Mn^{+2}) estaria formando complexos com os compostos orgânicos do solo, os quais, segundo Borkert (1991), podem ser solúveis ou insolúveis.

Alguns solos orgânicos, pela formação de complexos muito estáveis entre a matéria orgânica e o manganês, podem apresentar deficiência desse elemento. Em condições de alta umidade do solo e elevados teores de matéria orgânica, Assmann (1993) observou redução da disponibilidade de manganês.

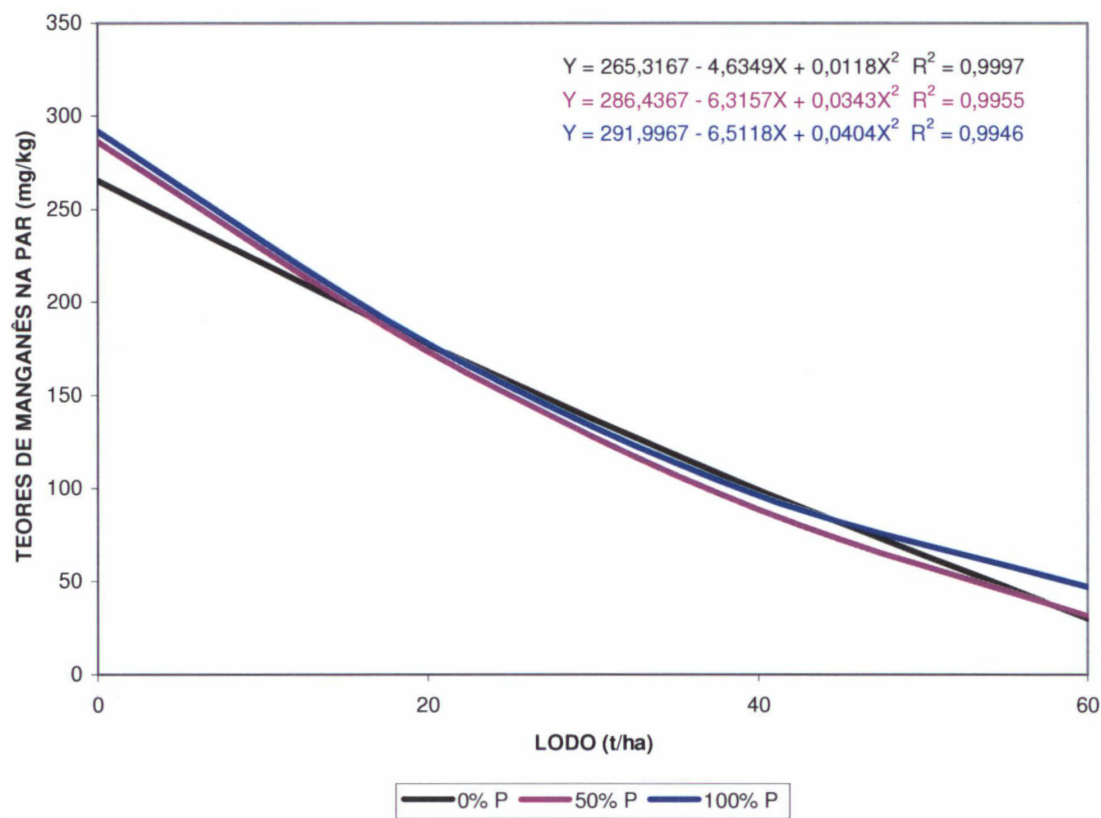


FIGURA 7: TEORES DE MANGANÊS NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

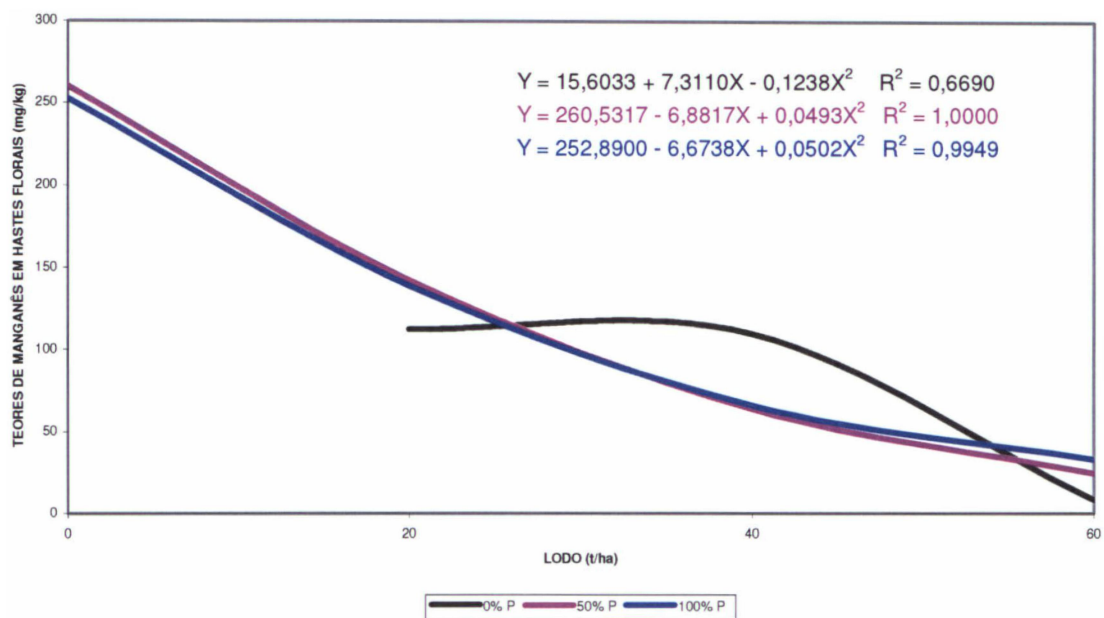


FIGURA 8: TEORES DE MANGANÊS EM HASTES FLORAIS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

De acordo com Malavolta *et al.* (1997), o Mn tem propriedades químicas semelhantes a metais como Ca, Fe e Zn e, por isso, esses cátions podem inibir sua absorção e transporte. Conforme os resultados de análise química mostrados no Quadro 4 (página 23), esses elementos (Ca, Fe e Zn) estão presentes em grandes quantidades no lodo de esgoto utilizado, indicando a inibição da absorção e/ou do transporte de Mn, sugerida pelo autor.

4.2.1.2 Ferro

Os teores de Fe apresentados pelas amostras avaliadas mantiveram-se dentro da faixa adequada (Quadro 1) em todos os tratamentos (Figura 9).

Assim como ocorreu com o Mn, nos tratamentos onde ocorreu formação de haste floral, não houve efeito da aplicação de P (Figura 10, Tabela 16A).

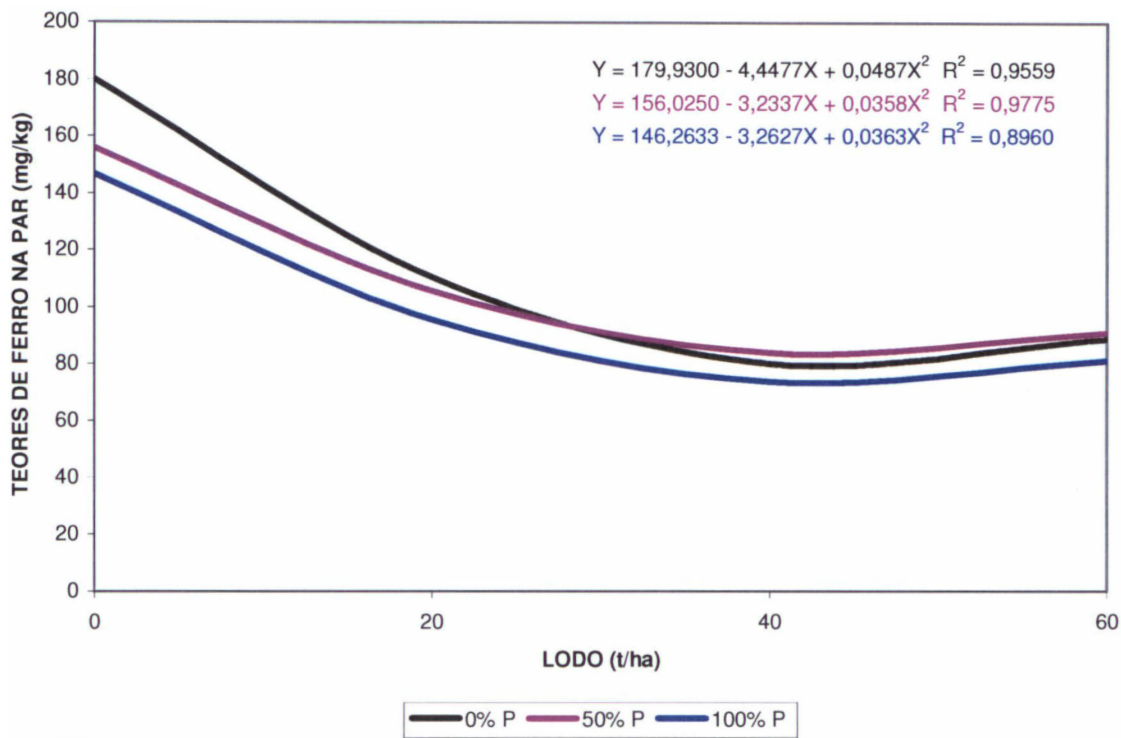


FIGURA 9: TEORES DE FERRO NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

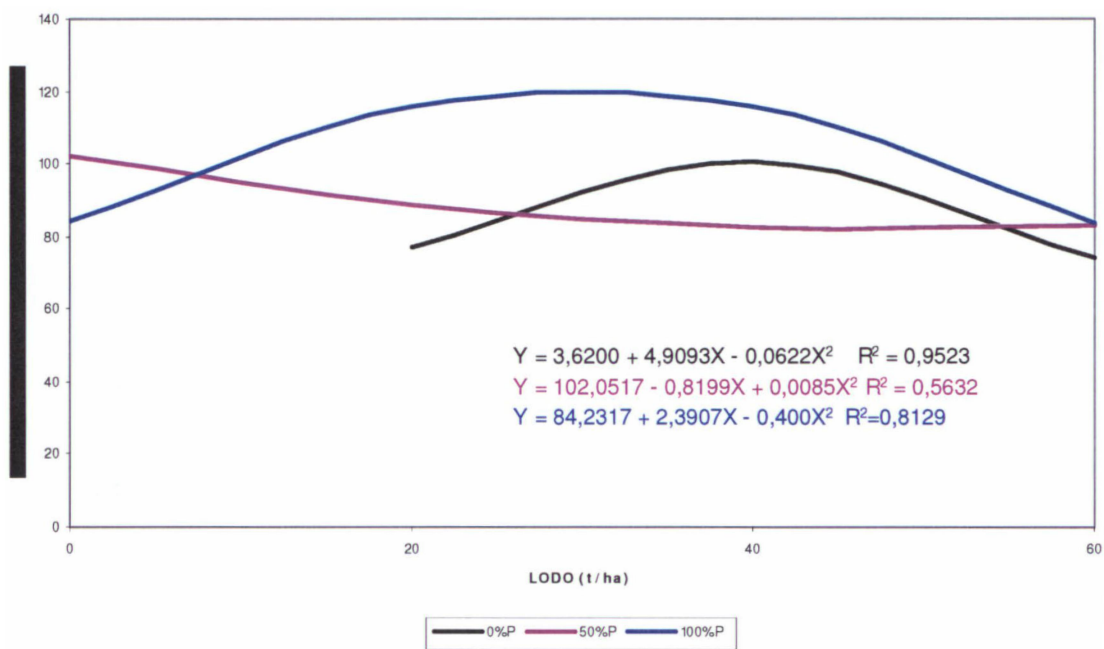


FIGURA 10: TEORES DE FERRO EM HASTES FLORAIS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

A menor dose avaliada (20 t.ha^{-1}) ocasionou redução significativa dos teores de Fe na PAR, em relação ao tratamento de ausência de LE. As demais doses avaliadas não apresentaram diferenças significativas.

De maneira geral, o Fe ocorre sob a forma de óxidos e hidróxidos como pequenas partículas ou associado a superfícies de outros minerais (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Segundo os autores, tanto os compostos orgânicos de ferro, quanto os minerais, são facilmente transformados nos solos e a matéria orgânica tem uma influência significativa na formação de óxidos de Fe. De acordo com Assmann (1993), a deficiência deste elemento em geral é causada por desequilíbrio nutricional em relação a outros metais, sendo que em regiões ricas em matéria orgânica, o Fe aparece na forma de cátion divalente, sugerindo competição com o cálcio.

Amberger (1988) reforça a competição do Fe com outros metais divalentes, especialmente o Ca, afirmando que a deficiência de Fe pode ser potencializada por uma elevada oferta de Ca. Essa situação de competição é diferenciada conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento da planta. Na prática, porém, os antagonismos são, segundo o mesmo autor, menos significativos do que o pH, embora os teores de Fe obtidos neste trabalho não tenham sofrido alteração significativa na faixa de pH em que as plantas se desenvolveram, entre 4,6 e 5,7 (Tabela 13).

Outros fatores a serem considerados na interpretação dos resultados com o Fe são a presença de nitratos na solução do solo e o controle genético por parte da cultura avaliada. Jolley e Brown (1994) ressaltam que a absorção e a utilização do Fe pelas plantas são controladas geneticamente.

A dinâmica do N fornecido às plantas avaliadas neste trabalho pode ter aumentado a disponibilidade de nitrato na solução do solo. O fornecimento de nitrato ao sistema radicial das plantas também pode reduzir a disponibilidade fisiológica do Fe nas folhas devido a um aumento do pH no apoplasto foliar. Esse fenômeno é chamado, segundo Mengel (1994), de inativação do Fe.

4.2.1.3 Cobre

Em todos os tratamentos avaliados neste trabalho, exceto na ausência de lodo e de fósforo mineral, os teores de cobre apresentados, tanto na PAR quanto nas hastes florais, foram limítrofes ao nível mínimo considerado adequado por Graziano *et al.* (1997) (Figuras 11 e 12). Isso pode ser explicado, em parte, pela formação de complexos e quelatos de Cu, que são as reações-chave que controlam o comportamento deste elemento na maioria dos solos (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). De acordo com Stevenson e Ardakani (1972), a estabilidade dos complexos formados entre ácidos orgânicos e íons metálicos aumenta com o número atômico do metal, até um máximo alcançado pelo Cu, caindo drasticamente até o Zn.

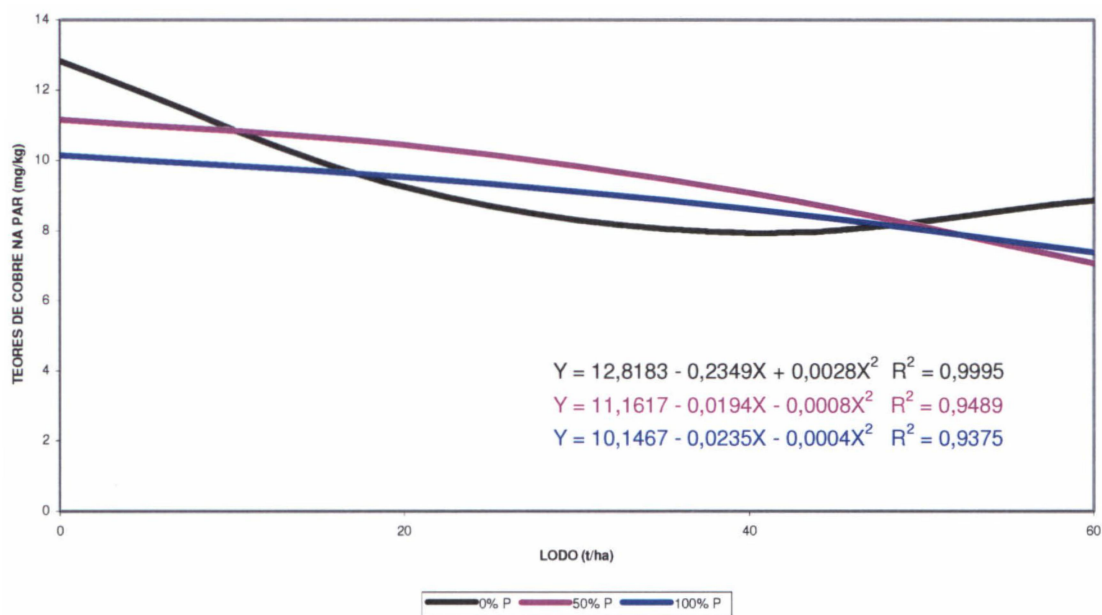


FIGURA 11: TEORES DE COBRE NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

Na ausência de lodo e de fósforo, no entanto, deve-se salientar a ocorrência do efeito concentração, uma vez que neste tratamento obtiveram-se os menores valores de massa seca, bem como os valores de pH próximos a 4,0, interferindo na disponibilidade do elemento.

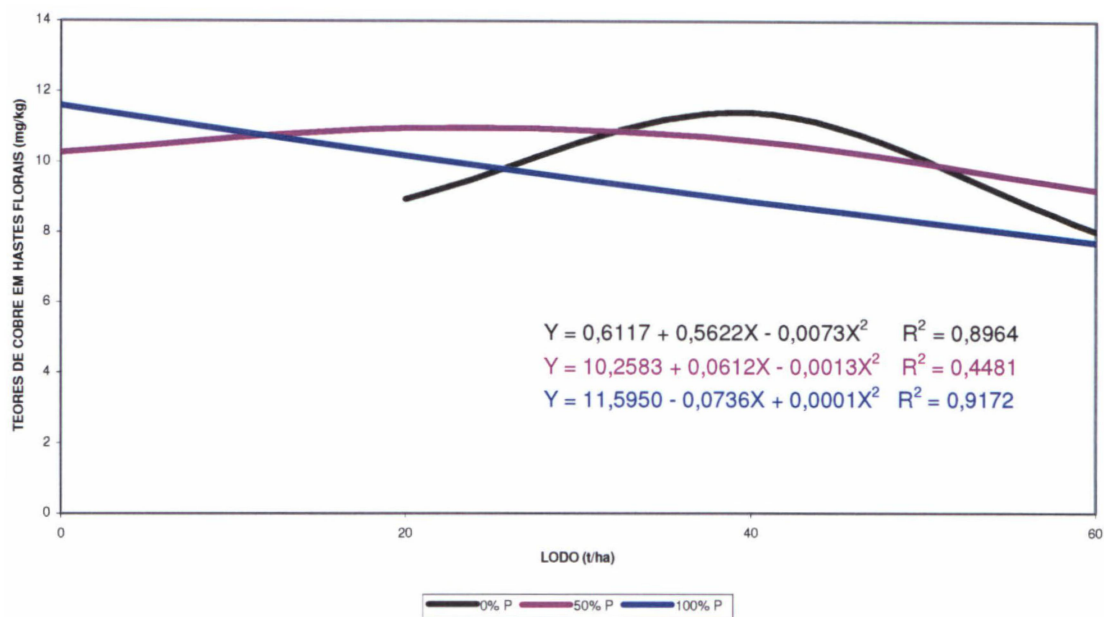


FIGURA 12: TEORES DE COBRE EM HASTES FLORAIS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

A solubilidade do Cu é pH-dependente e aumenta com a redução do pH (Tisdale *et al.*, 1985). Os autores afirmam que uma elevação no pH provoca um aumento de adsorção do cobre, tendo como explicações prováveis: a) um aumento no número de sítios pH dependentes nos colóides; b) redução da competição com íons H^+ ; e c) mudança do estado de hidrólise do cobre em solução (mudança do Cu^{++} para $Cu(OH)^+$), que parece ser a forma preferencialmente adsorvida.

Assim como ocorreu com os demais micronutrientes, o fornecimento de lodo reduziu, de maneira geral, os teores deste elemento na parte aérea remanescente das plantas. O cobre está presente e é absorvido da solução do solo na forma divalente e como quelatos solúveis, não se sabendo se antes de atravessar o plasmalema ocorre dissociação (Malavolta *et al.*, 1997). No processo de absorção ativa há competição entre Cu e Zn pelos mesmos sítios do carregador. Isso sugere que, além da influência do pH e da presença da matéria orgânica, a disponibilidade de cada um dos micronutrientes está associada a interações com a presença dos outros micronutrientes. No caso do

Cu, a presença do Zn, fornecido em grandes quantidades pelo LE, estaria influenciando o processo de absorção pelas plantas.

4.2.1.4 Zinco

Com relação ao zinco, os maiores teores encontrados foram na ausência total de fósforo e na menor dose de LE (Figuras 13 e 14, Tabelas 19A e 20A).

Os altos níveis do elemento Ca, presentes no lodo alcalinizado, podem estar interferindo nos baixos teores de Zn encontrados no material vegetal submetido às maiores doses de LE. A literatura relaciona vários fatores interferentes na absorção de Zn, mas dá grande importância à presença do Ca.

Segundo Malavolta *et al.* (1997), o cálcio em baixas concentrações aumenta a absorção do zinco, diminuindo-a quando altas, sendo que o efeito inibidor do magnésio é mais acentuado.

O pH, que variou entre os tratamentos e durante o desenvolvimento da cultura (Tabela 13), também interfere na disponibilidade e na absorção do Zn. Mengel e Kirkby (1982) afirmam que a solubilidade do Zn é reduzida em solos com pH alto, especialmente em presença do CaCO_3 .

Souza e Ferreira (1991) citam vários trabalhos constatando que as espécies de zinco complexadas por ácido húmico variam, pois a pH 7,0 cerca de 70% do zinco estava adsorvido à fração húmica da matéria orgânica como íon bivalente, enquanto a pH 3,6 75% estava na forma monovalente. De acordo com os mesmos autores, a fração húmica retém 56% do Zn, e a fúlvica 12% e, tudo indica, a decomposição de material orgânico induz a deficiência de zinco, embora alguns trabalhos tenham demonstrado correlação positiva entre fixação de zinco e teor de matéria orgânica.

Além do Ca e do pH, outro fator que justificaria a redução dos teores de Zn seriam as maiores quantidades de P nos tratamentos de maiores doses de LE e de P mineral. Houve significativa redução dos teores de Zn com a adição de P na ausência e na menor dose de LE.

É clássica na literatura a deficiência de zinco induzida pelo fósforo. Segundo Malavolta *et al.* (1997), isso se deve a várias causas: 1) o P insolubiliza o Zn nas superfícies das raízes diminuindo sua absorção; 2) o P inibe não competitivamente a absorção; e 3) o P insolubiliza o Zn no xilema diminuindo o transporte para a parte aérea.

Marschner (1993) explica que o que estaria inibindo a absorção do Zn não seria diretamente o P, mas a presença de outros cátions, particularmente o Ca^{+2} , adicionados juntamente com fertilizantes fosfatados. Além disso, o teor de Zn nas plantas é diluído pelo aumento do crescimento proporcionado por esses fertilizantes. O autor ainda ressalta que o P aumenta a adsorção do Zn a óxidos e hidróxidos de Fe e Al, bem como ao CaCO_3 .

Os resultados sugerem, portanto, uma associação de efeitos inibitórios dos tratamentos na absorção deste elemento, o zinco, que seriam: 1) a presença do Ca e do Mg no LE adicionado; 2) a complexação pela matéria orgânica fornecida com o LE; e 3) a adubação fosfatada fornecida como tratamento.

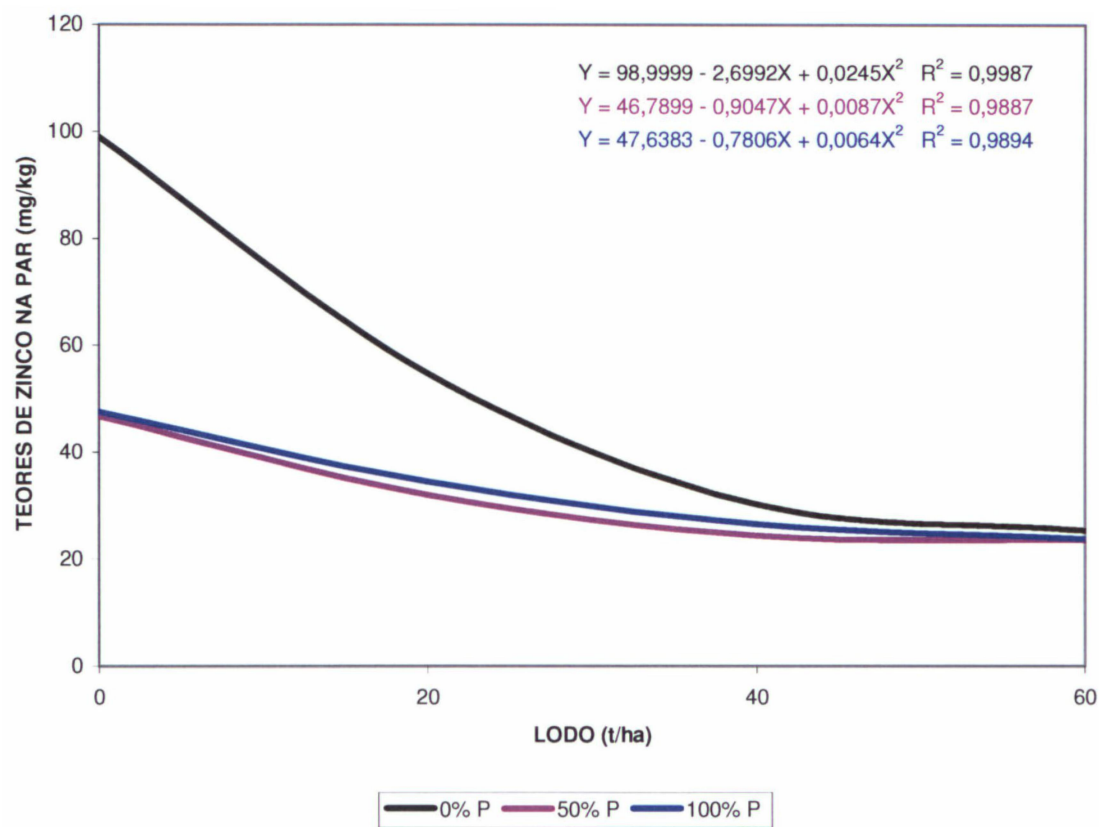


FIGURA 13: TEORES DE ZINCO NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

Como ocorreu com o Mn, a tendência de redução de teores de Zn com o aumento do fornecimento de lodo foi verificada não apenas na PAR, como também nas hastes florais (Figura 14).

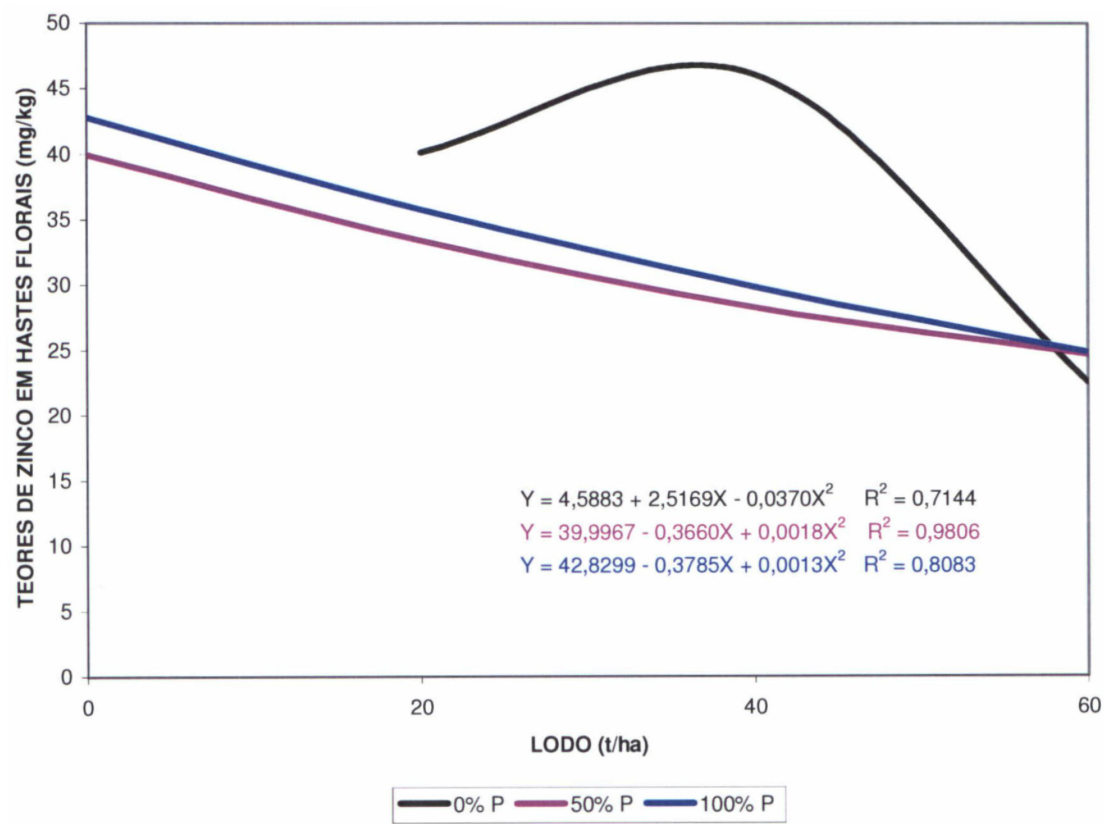


FIGURA 14: TEORES DE ZINCO EM HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

4.2.2 Macronutrientes

Para os macronutrientes será feita uma abordagem geral, com discussão dirigida apenas para os elementos P (avaliado neste trabalho) e K, (aplicado via adubação mineral).

As figuras 15 e 16 mostram os teores de P existentes na PAR e nas hastes florais de *Gypsophila paniculata* L., respectivamente, evidenciando que o fornecimento de uma fonte mineral de P influenciou significativamente os níveis apresentados pelas plantas. Deve-se ressaltar, no entanto, que os maiores teores observados com a adição de P não se refletiram em aumento da matéria seca, tanto da parte aérea remanescente quanto das hastes florais.

Observou-se um aumento da concentração de P com a adição de lodo, porém sem influência da quantidade aplicada nesse primeiro ciclo da cultura.

A biodisponibilidade do P no lodo de esgoto é alta, variando de 40 a 80% do P total. Algumas formas de tratamento como a calagem podem reduzir um pouco a disponibilidade do P contido no lodo, por isso considera-se que, em média, 50% do P estará disponível para as plantas no primeiro ano de aplicação do lodo (SANEPAR, 1997). Berton (1997), no entanto, traça um perfil médio para adubos orgânicos, assumindo que 70% do P e praticamente todo o K estarão disponíveis no primeiro ano de aplicação. Salles (1998) demonstrou que o P do LE parece ser menos lábil que em esterco de animais, provavelmente devido à formação de compostos insolúveis com metais presentes no lodo.

Segundo Graziano *et al.* (1997), os teores foliares de P considerados adequados para a cultura da *Gypsophila* estão na faixa de 3 a 7 g.kg⁻¹ (Quadro 1). Os resultados obtidos, portanto, estariam abaixo ou limítrofes ao valor mínimo. Na ausência de P mineral, em ambas as partes vegetais analisadas, os teores de P mostraram valores significativamente inferiores ao mínimo considerado adequado pelos autores citados, independentemente da dose de LE.

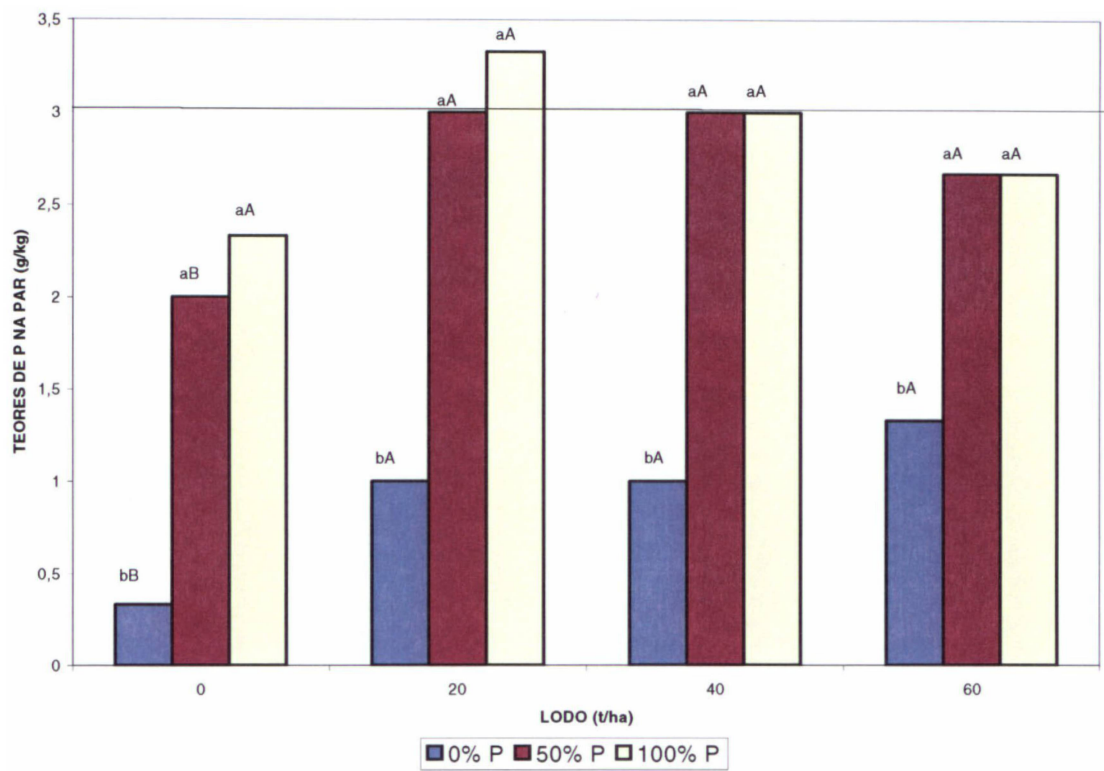


FIGURA 15: TEORES DE FÓSFORO NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). A LINHA SOBRE AS COLUNAS INDICA O TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE P PARA A CULTURA (3 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

Como os maiores teores de P observados com a adição de P mineral não se refletiram em aumento da matéria seca, deve-se ressaltar ainda que as amostras utilizadas nas análises realizadas neste trabalho compreenderam toda a parte aérea das plantas, incluindo regiões caulinares e, no caso das hastes florais, incluindo também as flores, podendo, portanto, apresentar teores inferiores aos obtidos por Graziano *et al.* (1997), que utilizaram folhas maduras totalmente expandidas.

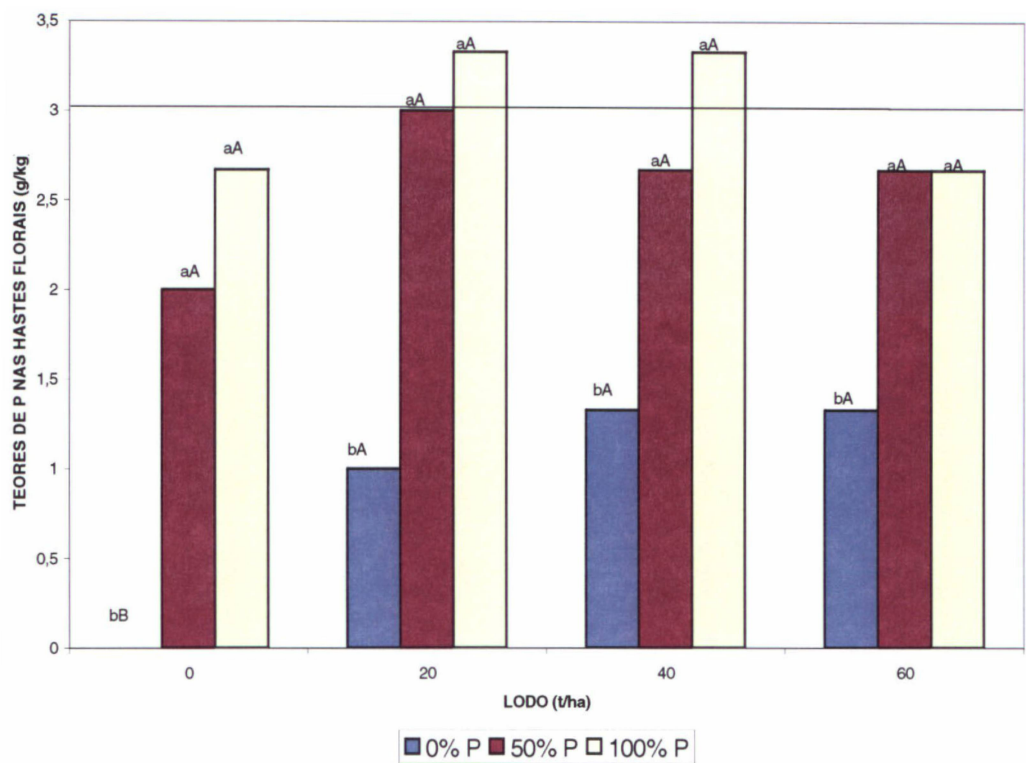


FIGURA 16: TEORES DE FÓSFORO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). A LINHA SOBRE AS COLUNAS INDICA O TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE P PARA A CULTURA (3 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

Com relação ao potássio, houve tendência de diminuição do seu conteúdo com o fornecimento de lodo de esgoto. Os maiores teores foram obtidos na ausência de lodo, tanto em hastes florais, quanto na parte aérea remanescente (Figuras 17 e 18).

De acordo com Malavolta *et al.* (1997), a absorção de K⁺ atinge seu máximo na presença de Ca⁺⁺ no meio, embora o excesso tenha efeito inibidor. Além dos baixos teores de K normalmente apresentados pelos lodos, o processo de alcalinização sofrido por esse material explicaria, em parte, a tendência de redução dos teores de K com o aumento do fornecimento de LE, mesmo havendo sido realizada a adubação potássica recomendada.

Pires (2000) reporta que lodos alcalinizados com cal aplicados ao solo propiciam a competição de Ca com K por espaço nos colóides do solo. Com a saturação de Ca no complexo trocável, o K se tornará solúvel, podendo ser absorvido pelas plantas ou ainda lixiviado pela água percolada.

Estudando, no entanto, o efeito residual do LE em solos sob a cultura do milho em sistema de preparo convencional, Deschamps e Favaretto (1990) não observaram efeito do lodo com relação ao teor de K no solo.

Comparando-se os teores existentes nos tecidos analisados aos considerados adequados por Graziano *et al.* (1997), todos os tratamentos, exceto a PAR dos que receberam adubação fosfatada em ausência de LE, apresentaram teores inferiores ao mínimo adequado, que é de 35 g.kg⁻¹.

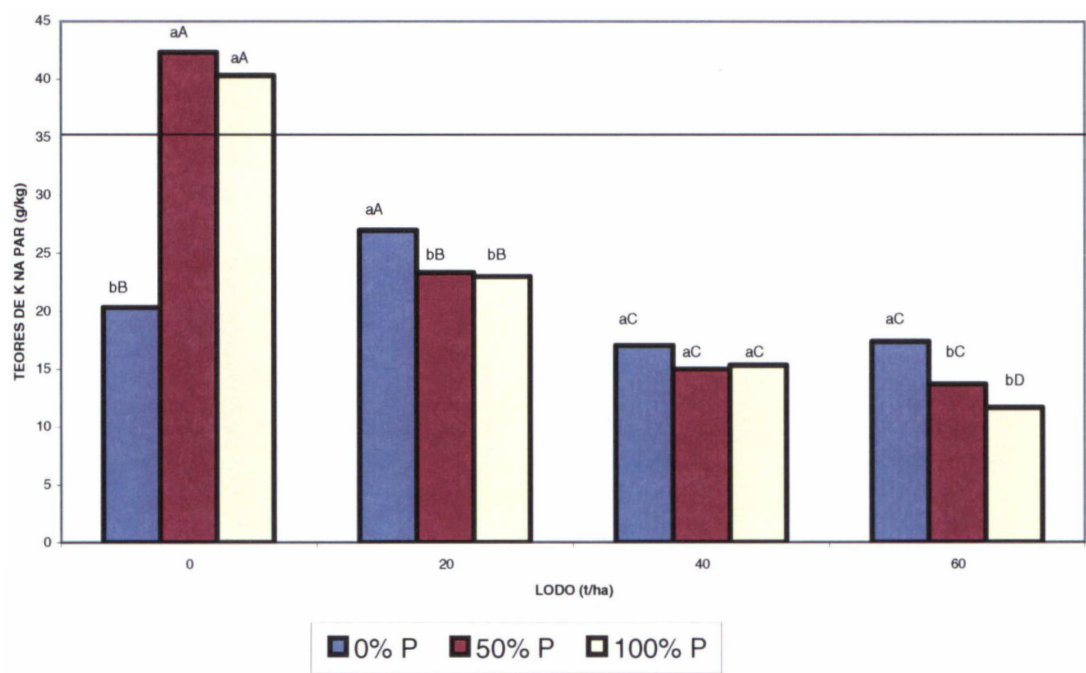


FIGURA 17: TEORES DE POTÁSSIO NA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). A LINHA SOBRE AS COLUNAS INDICA O TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE K PARA A CULTURA (35 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

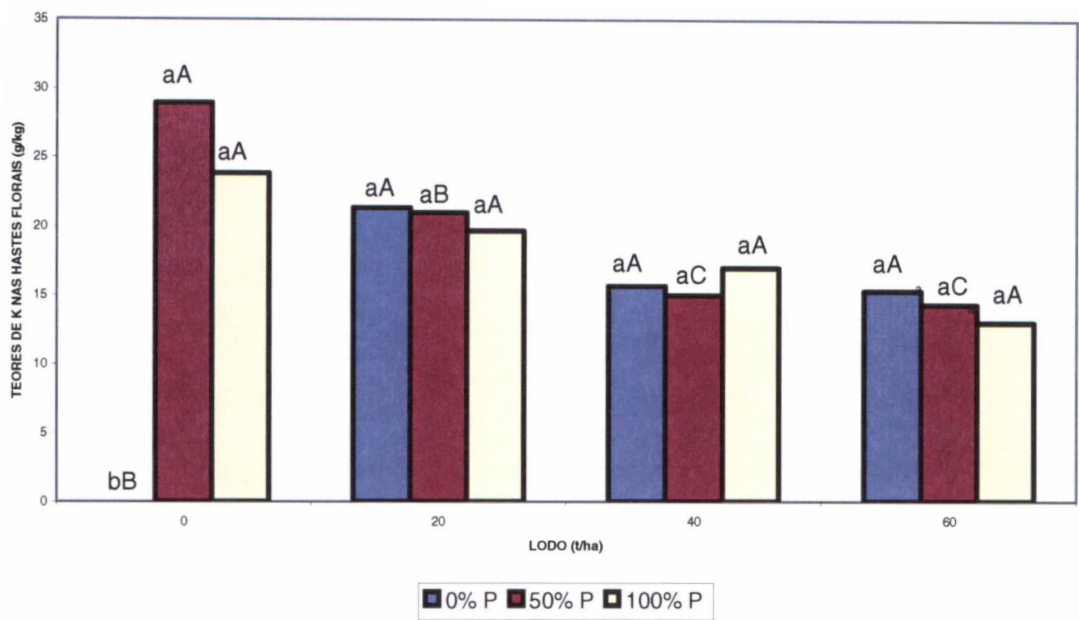


FIGURA 18: TEORES DE POTÁSSIO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE K PARA A CULTURA = 35 g.Kg⁻¹

Como ocorreu com o K, todos os valores de N obtidos nas condições deste trabalho mostraram-se inferiores aos considerados adequados para a cultura. A faixa de teores foliares adequados para N é de 43 a 60 g.kg⁻¹, de acordo com Graziano *et al.* (1997).

Os maiores teores de N da parte aérea remanescente ocorreram na ausência de fósforo e de lodo. Nos demais tratamentos, houve uma estabilização dos valores, independentemente das doses de LE ou de fósforo fornecidas às plantas, tanto na PAR quanto nas hastes florais (Figuras 19 e 20).

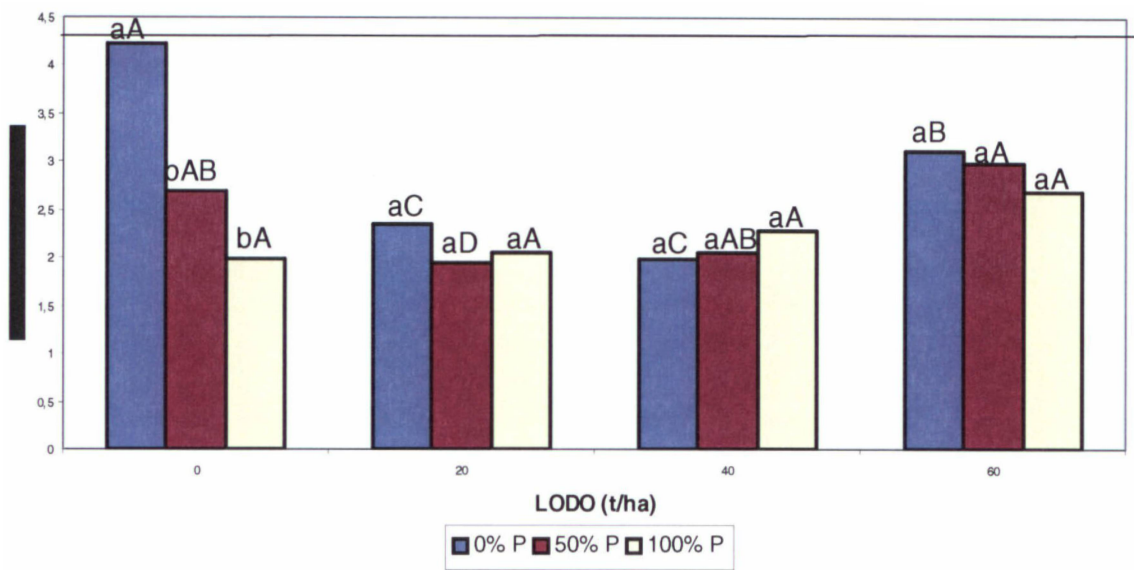


Figura 19: TEORES DE NITROGÊNIO NA PAR DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). A LINHA SOBRE AS COLUNAS INDICA O TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE N PARA A CULTURA (4,3 %), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

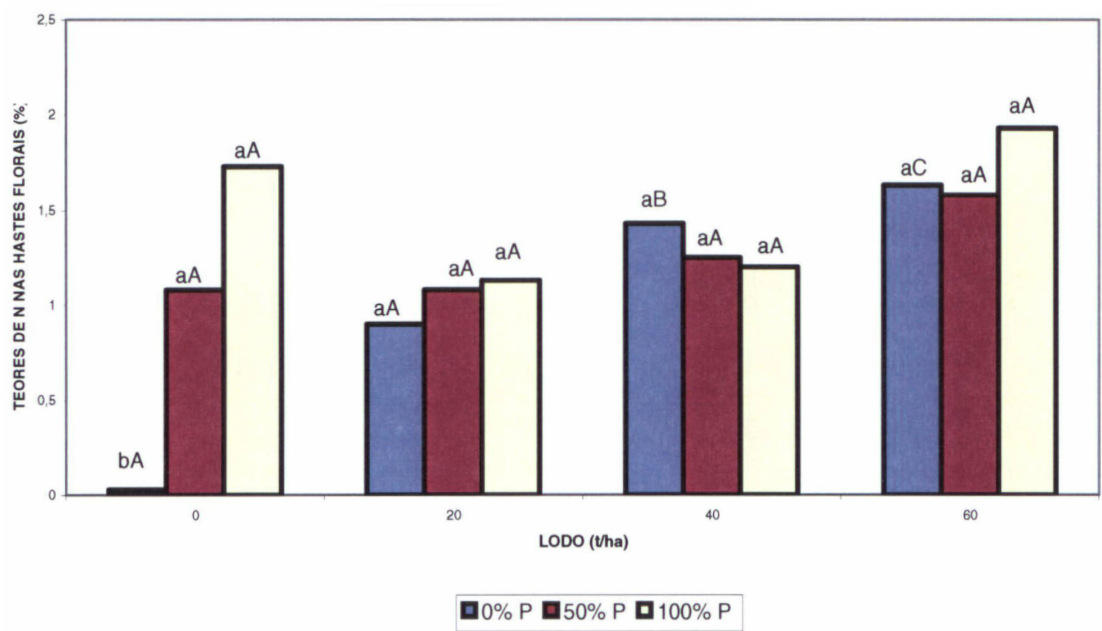


Figura 20: TEORES DE NITROGÊNIO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE N PARA A CULTURA = 4,3 %, SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

Por ser um elemento considerado imóvel, os teores de Ca não sofreram influência do lodo de esgotos na parte aérea remanescente, bem como nos tratamentos onde houve formação de haste floral. Os teores encontrados mostraram-se dentro das faixas adequadas para a PAR e abaixo dos valores mínimos para as hastes florais (Figuras 21 e 22).

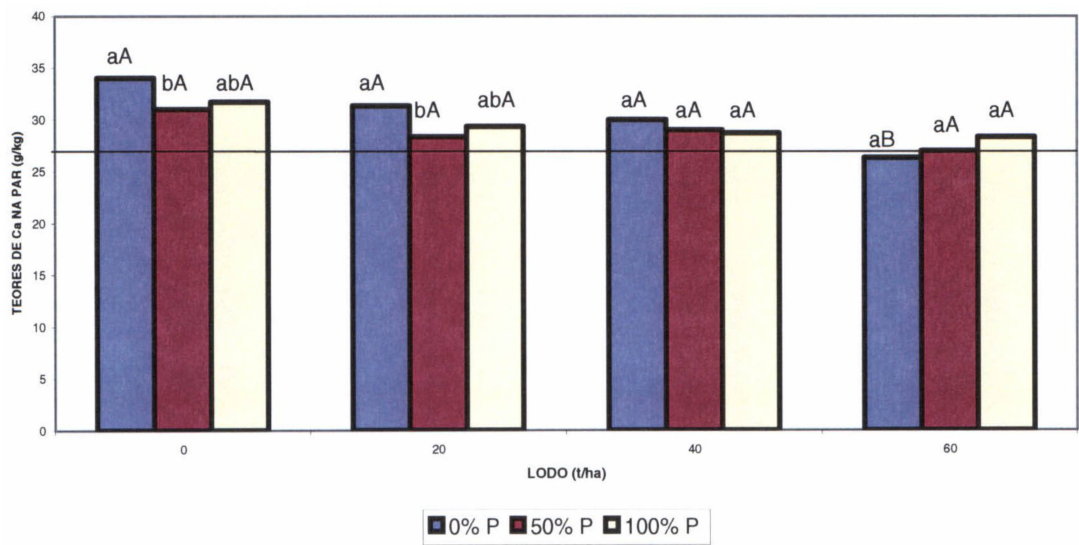


Figura 21: TEORES DE CÁLCIO NA PAR DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). A LINHA SOBRE AS COLUNAS INDICA O TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE Ca PARA A CULTURA (26 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

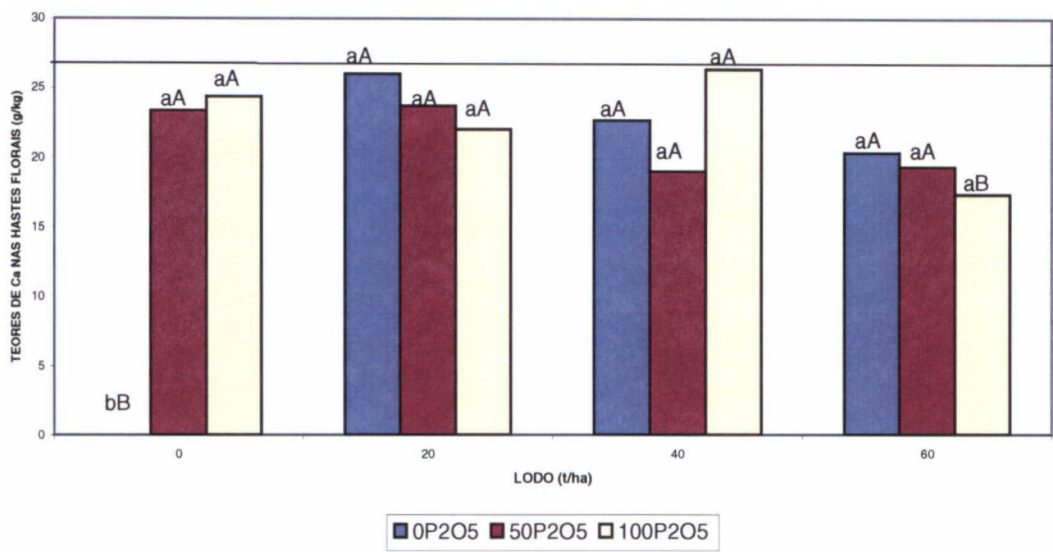


Figura 22: TEORES DE CÁLCIO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). A LINHA SOBRE AS COLUNAS INDICA O TEOR FOLIAR MÍNIMO ADEQUADO DE Ca PARA A CULTURA (26 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

Nas hastes florais, todos os valores obtidos mostraram-se dentro da faixa considerada adequada para o magnésio, exceto no tratamento sem lodo. Na presença de LE, não houve diferença significativa entre as doses de P aplicadas, tanto na PAR quanto nas hastes florais (Figuras 23 e 24).

A presença do lodo aumentou significativamente os teores de Mg na PAR das plantas, atingindo valores acima dos máximos adequados para a cultura, ao contrário do que ocorreu com os outros macronutrientes.

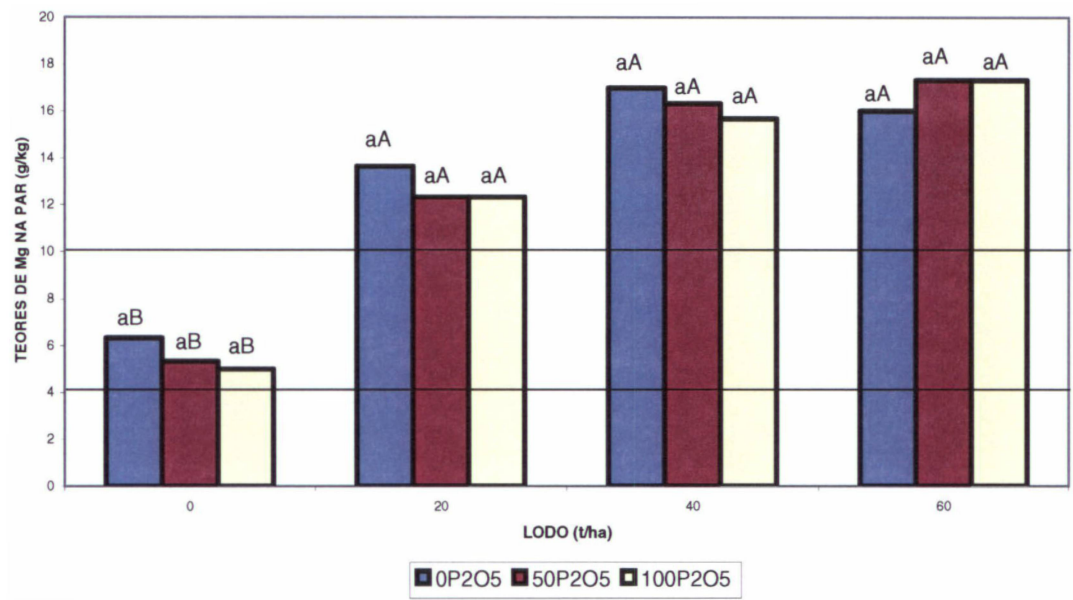


Figura 23: TEORES DE MAGNÉSIO NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). AS LINHAS SOBRE AS COLUNAS INDICAM A FAIXA DE TEORES FOLIARES ADEQUADOS DE Mg PARA A CULTURA (4-10 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

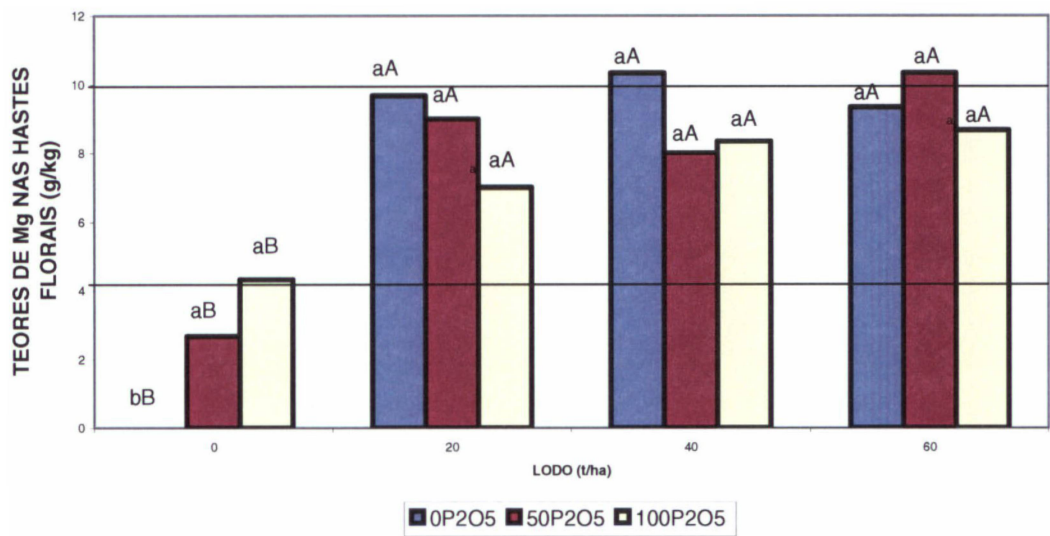


Figura 24: TEORES DE MAGNÉSIO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E DE ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS ENTRE DOSES DE LE; LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM DOSES DE P (TUKEY A 5%). AS LINHAS SOBRE AS COLUNAS INDICAM A FAIXA DE TEORES FOLIARES ADEQUADOS DE Mg PARA A CULTURA (4-10 g.Kg⁻¹), SEGUNDO GRAZIANO *et al.* (1997).

5 CONCLUSÕES

Houve aumento significativo da biomassa das plantas de *Gypsophila paniculata* L. com a adição de lodo de esgoto e fósforo mineral, havendo interação entre os dois fatores. No tratamento sem adição de LE e P não houve formação de haste floral e a parte aérea remanescente teve seu crescimento significativamente reduzido.

Associada a outros parâmetros como a altura e, especificamente para a *Gypsophila*, o número de ramificações primárias da haste, a quantidade de matéria verde é um fator indicativo de qualidade na comercialização de flores de corte em geral. Considerou-se, portanto, bastante positiva a resposta da cultura ao fornecimento de LE. Os maiores valores de massa de matéria verde de hastes florais foram observados nas maiores doses de LE, não havendo diferença entre os níveis de P fornecido.

Com relação aos micronutrientes, houve, de maneira geral, uma redução significativa dos teores de Mn, Fe, Cu e Zn com o fornecimento de LE. Essa tendência também se verificou para o macronutriente K, embora não tenha se refletido em redução da matéria seca. A aplicação de P não influenciou os valores encontrados, exceto nos tratamentos onde não houve adição de LE.

De maneira geral, os teores de macronutrientes nos tecidos avaliados se apresentaram abaixo dos níveis mínimos considerados adequados em folhas expandidas, com exceção do Mg, cujos valores se mantiveram dentro da faixa ideal.

REFERÊNCIAS

- 1 ANDERSON, G. Assessing organic phosphorus in soils. In: **The role of phosphorus in agriculture**. American Society of Agronomy, Inc. 2nd print. 1986. p. 411-431.
- 2 ANDREOLI, C.V. **Efeitos "in vitro" do lodo de esgoto e composto de lixo urbano em alguns parâmetros da população microbiana do solo e solubilização de fosfatos**. Curitiba, 1988. 143 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 3 ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P.; LARA, A.I.; WOLTER, F.R. Proposição de plano de monitoramento da reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Estado do Paraná. **Sanare** (Rev. Técnica da Sanepar) v.7, n.7, p. 76-84. 1997a.
- 4 ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônomo e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**. Ed. Sanepar, Curitiba, 81p. 1997b.
- 5 ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F. Principais fatores limitantes (metais pesados e patógenos) para uso agrícola do lodo de esgoto no Paraná. **Sanare** (Rev. Técnica da Sanepar) v.7, n.7, p. 68-72. 1997.
- 6 ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERREIRA, A.C.; BONNET, B.R.P.; PEGORINI, E.S.; IHLENFELD, R.G.K. A Gestão dos bio sólidos gerados em estações de tratamento de esgoto doméstico. **EC** (Revista Engenharia e Construção) - Saneamento. n.25, p.11-15. 1998.
- 7 ANDREOLI, C.V. Paraná vai usar lodo de esgoto como fertilizante. **Gazeta Mercantil**. Caderno Paraná Geral. São Paulo: 9 mar. 2000. Entrevista concedida a L.A. Klenk.
- 8 ANDREOLI, C.V.; FERREIRA, A.C.; CHERUBINI, C.; TELES, C.R.; BERNERT, P.M.; FAVARIN, F.; CASTRO, L.R. Avaliação da eficiência do uso de estufa

- plástica, revolvimento de lodo e injeção de calor na secagem de lodo anaeróbio em leito de secagem. **Sanare** (Rev. Técnica da Sanepar) v.15, n.15, p. 67-76. 2001.
- 9 ANJOS, A.R.M. **Lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com biossólido e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho**. Piracicaba, 1999. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos e Nutrição Mineral de Plantas) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
 - 10 ARTEAGA, A.D.; AMEZQUITA, M.O. Efecto de la zona de localización del esqueje en la planta madre, sobre el enraizamiento de *Gypsophila paniculata* L. **Agronomia Colombiana** v.7, p. 47-53. 1990.
 - 11 ASSMANN, A.L. **Efeito da aplicação de Fe, Mn e Zn no crescimento do milho e nos teores de Fe, Mn, Zn e Cu do solo e da planta**. Curitiba, 1993. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
 - 12 ASSMANN, T.S. **Efeito do calcário formação Irati (São Mateus do Sul - PR) e de um calcário comercial no comportamento e fornecimento do S, Cu, Fe, Mn e Zn no solo e na planta de milho (*Zea mays* L.)** Curitiba, 1995. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
 - 13 ASSMANN, T.S.; PREVEDELLO, B.M.S.; REISSMANN, C.B.; RIBEIRO JR., P.J. Potencial de suprimento de micronutrientes de calcário oriundo da mineração de folhelho pirombetuminoso da formação Irati-PR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.963-969, 1999.
 - 14 AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; COSTA, F. Utilización de un lodo aerobio como substitutivo de fertilizantes fosforados inorganicos. **Suelo y Planta**, v.2, p. 271-280. 1992.

- 15 BERTON, R.S. Adubação orgânica. In: **Boletim Técnico 100** - Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2^a ed. IAC - FUNDAG. Campinas, 1997. p. 30-35.
- 16 BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p. 187-192. 1989.
- 17 BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 737-744. 1999.
- 18 BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T.; FRANCO, B.J.D.C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, v.75, n.1, p. 44-54. 1983.
- 19 BIDONE, F.R.A. Alternativas de disposição final de biossólidos: aterros, landfarming e incineração. In: Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do Mercosul I. **Anais**. Curitiba, Sanepar - ABEAS, p. 131-135. 1998.
- 20 BISCAIA, R.C.M.; MIRANDA, G.M. Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare** (Rev. Técnica da Sanepar) v.5, n.5, p. 86-89. 1996.
- 21 BORKERT, C.M. Manganês. In: FERREIRA, M.E.; DA CRUZ, M.C.P. (Eds.) **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, p. 173-190. 1991.
- 22 BRASIL. **Jardim de Flores**. *Gypsophila paniculata*, *Gypsophila elegans*. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas>> Acesso em 19 set. 2002.
- 23 BROADBENT, F.E. Effects of organic matter on nitrogen and phosphorus supply to plants. In: CHEN, Y.; AVNIMELECH, Y. (eds.) **The role of organic matter in modern agriculture**. Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, Netherlands, 1986. p.13-27
- 24 CHUEIRI, W.A. **Lodo de esgoto alcalino e fertilizante: efeitos sobre a química do solo e plantas de trigo**. Curitiba, 2000. 71 f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

- 25 DAVIES, L.J.; HICKLENTON, P.R.; CATLEY, J.L. Vernalization and growth regulator effects on flowering of *Gypsophila paniculata* L. **Journal of Hort. Science**, v.71(1), p.1-9. 1996.
- 26 DESCHAMPS, C.; FAVARETTO, N. Efeito do lodo de esgoto nas características químicas do solo. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Ed. Sanepar, Curitiba, 1999. p. 189-192.
- 27 DEUS, A.B.S. de. **Avaliação sanitária e ambiental de lodos de ETEs**. Porto Alegre, 1993. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 28 EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília - DF. 1999. 412 p.
- 29 FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C.V.; JÜRGENSEN, D. II - Destino final do lodo. In: **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro, PROSAB, p. 26-28, 1999a.
- 30 FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I. III - Riscos associados ao uso do lodo. In: **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro, PROSAB, p. 29-33, 1999b.
- 31 GRAZIANO, T.T.; TOMBOLATO, A.F.C.; MATTHES, L.A.F.; CASTRO, C.E.F.; FURLANI, A.M.C. Ornamentais e flores. In: **Boletim Técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª ed. IAC - FUNDAG. Campinas, SP, 1997. 285 p.
- 32 GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A.; FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p. 291-299, 1996.
- 33 HARRISSON, A.F. **Soil organic phosphorus – a review of world literature**. CAB International, UK, 1987. 257p.

- 34 HICKLENTON, P.R.; NEWMAN, S.M.; DAVIES, L.J. Night temperature, photosynthetic photon flux and long days affect *Gypsophila paniculata* L. **HortScience** v.28(9), p.888-890. 1993.
- 35 HILDEBRAND, C. **Manual de análise química de solos e plantas**. UFPR, Curitiba, (mimeografado), 1977. 224p.
- 36 HINEDI, Z.R.; CHANG, A.C.; LEE, R.W.K. Mineralization of phosphorus in sludge-amended soils monitored by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.52, p. 1593-1596, 1988.
- 37 JOLLEY, V.D.; BROWN, J.C. Genetically controlled uptake and use of iron by plants. In: MANTHEY, J.A.; COWLEY, D.E.; LUSTER, D.G. (Eds.) **Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p.251-266.
- 38 KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2nd ed. CRC Press, 1992. 365 p.
- 39 LORENZI, H; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3^a ed. Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum, 2001. 1088 p.
- 40 LOURENÇO, R.S.; DOS ANJOS, A.R.M.; LIBARDI, P.L.; MEDRADO, M.J.S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção de bractinga. **Sanare** (Rev. Técnica da Sanepar) v.5, n.5, p.90-92, 1996.
- 41 MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações**. 2^a ed. Piracicaba: POTAFOS/CARGILL, 1997. 319 p.
- 42 MARQUES, M.O.; BELLINGIERI, P.A.; MELLO, W.J.; MARQUES, T.A.; OLIVEIRA, F.C.; SANTIAGO, G. Reciclagem de nutrientes no solo com a aplicação de lodo de esgoto. **Ciência Agrônômica**, v.6, n.1, p.24-29, 1991.
- 43 MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 5th printing. San Diego: Academic Press, 1993. 674 p.

- 44 MATSUNAGA, M.; ARRUDA, S.T.; BESSA JR., A.A.; OLIVETTI, M.P.A. Custo e rentabilidade na produção de *Gypsophila*, região de Atibaia, Estado de São Paulo, 1994. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.25(10), p. 69-76, 1995.
- 45 MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R.A.; LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, n.3, p.449-455, 1994.
- 46 MENGEL, K. Iron availability in plant tissue - iron chlorosis on calcareous soils. **Plant Soil**, n.165, p.275-283, 1994.
- 47 MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3rd ed. International Potash Institute, Switzerland, 1982. 655 p.
- 48 MOLINA, E.; GAMBOA, J.; GONZÁLEZ, P. Fertilización potasica de *Gypsophila paniculata* cv. Perfecta en Paraiso, Cartago. **Agronomia Costarricense** v.15(1/2), 1991. p. 185-187.
- 49 NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, D.P.S., Viçosa, MG, 1999. 399 p.
- 50 PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, IAPAR, 1992. 40 p.
- 51 PIRES, C.G.N.N. **Mobilidade de potássio no perfil de um solo adubado com lodo de esgoto alcalinizado e complementado com KCl e cinzas de bracinga**. Curitiba, 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 52 POTAFOS/CARGILL. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2^a ed. Piracicaba, SP, 1998. 177 p.
- 53 ROGALLA, F. Produção, caracterização e processamento de biossólidos. In: Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do Mercosul, I. Curitiba, 1998. **Anais**. Curitiba: SANEPAR, ABEAS, 1998. p. 35-40.

- 54 SÁ, J.C.M. **Métodos de preparo e calagem pré-implantação ao palntio direto em um solo dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná: variação das frações de fósforo e resposta do milho**. Curitiba, 1997. 195 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 55 SALLES, R.F.M. **Avaliação do lodo de esgoto como fertilizante na cultura da maçã (*Malus domestica*)**. Curitiba, 1998. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 56 SANEPAR. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba, PR, 1997. 96 p.
- 57 SOMMERS, L.E.; SUTTON, A.L. Use of waste materials as sources of phosphorus. *In: The role of phosphorus in agriculture*. American Society of Agronomy, Inc. 2nd print, 1986. p. 515-544.
- 58 SOUZA, E.C.A.; FERREIRA, M.E. Zinco. *In: FERREIRA, M.E.; DA CRUZ, M.C.P. (Eds.) Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS, CNPq, 1991. p. 219-242.
- 59 SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; TSUIYA, M.T. Efeito da aplicação de lodo de esgoto sobre a produção de matéria seca e rendimento de grãos pela cultura do milho em dois tipos de solo. *In: Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do Mercosul, I., Curitiba, 1998. Anais*. Curitiba: SANEPAR; ABEAS, 1998. p.313-314.
- 60 SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. Oxford Univ. Press, Inc. 1989. 277 p.
- 61 STEVENSON, F.J.; ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. *In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Eds.) Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, Inc. 2nd print, 1972. p. 79-114.

- 62 SULZBACHER, G.F.S.; KOIKE, E.G. Efeito da fertilização com composto orgânico associado com adubação mineral em povoamento de *Eucalyptus salina* Smith. s.l.: **Agroindustrial Eldorado**, 1986. 9p.
- 63 TAN, K.H. **Principles of soil chemistry**. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc. N.Y., 1993. 362 p.
- 64 TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. 5th ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 634 p.
- 65 TOMBOLATO, A.F.C.; FURLANI, A.M.C. Ornamentais e flores - *Gypsophila*. In: **Boletim Técnico 100** - Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2^a ed. IAC - FUNDAG. Campinas, SP, 1997. p. 214.
- 66 WACHOWICZ, C.M.; ZAMPIER, A.C.; GIROLDO, A.F.; BRUGINSKI, D.; LOMBARDI, K.; WINKLER, L.; SAKAI, P.; PREVEDELLO, B.M.S. Efeito de doses crescentes de fósforo no desenvolvimento de *Gypsophila paniculata* L. cv. Golan. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.158, 1999.

ANEXO I

FIGURAS

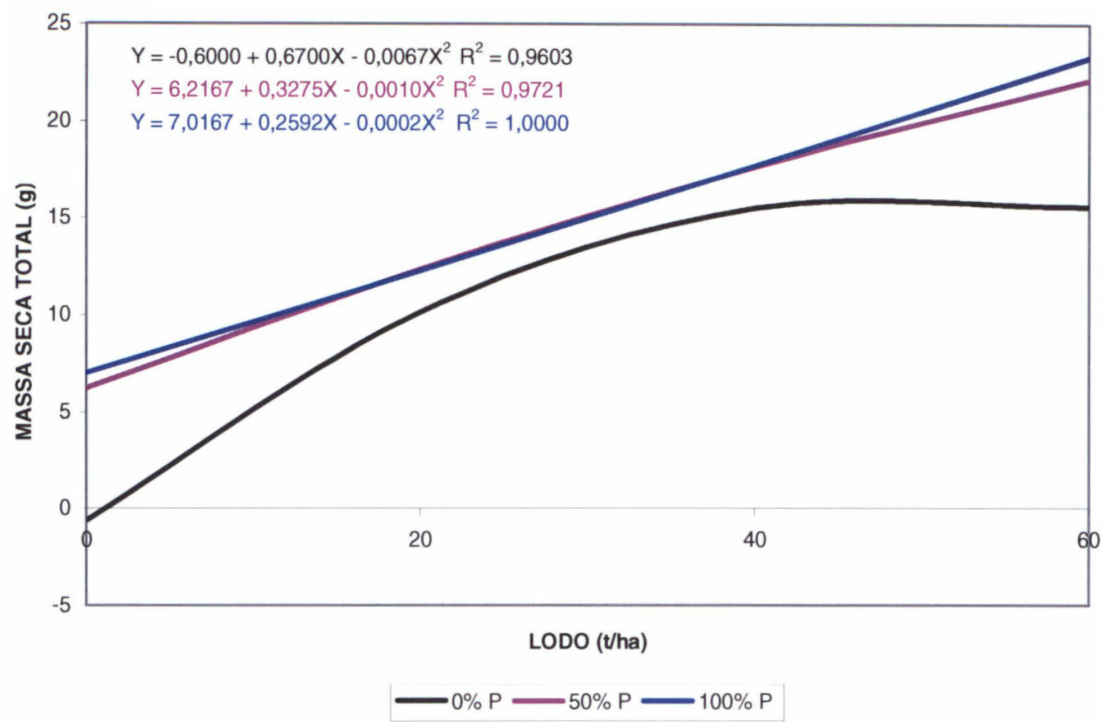


FIGURA 2A: MASSA DA MATÉRIA SECA TOTAL (g) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

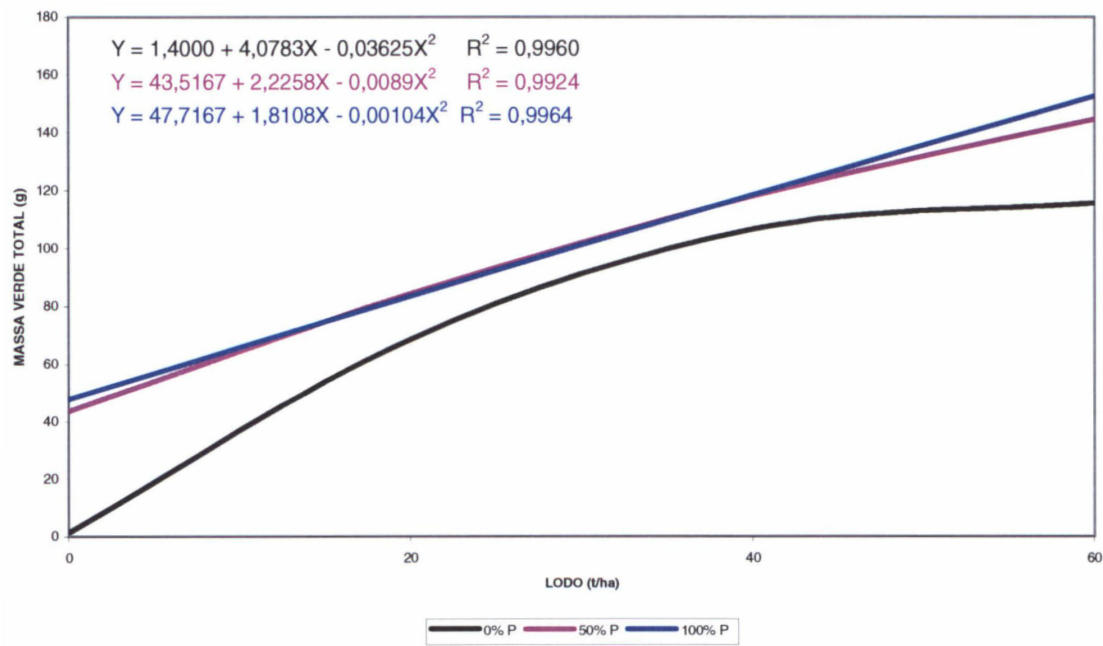


FIGURA 3A: MASSA DA MATÉRIA VERDE TOTAL (g) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

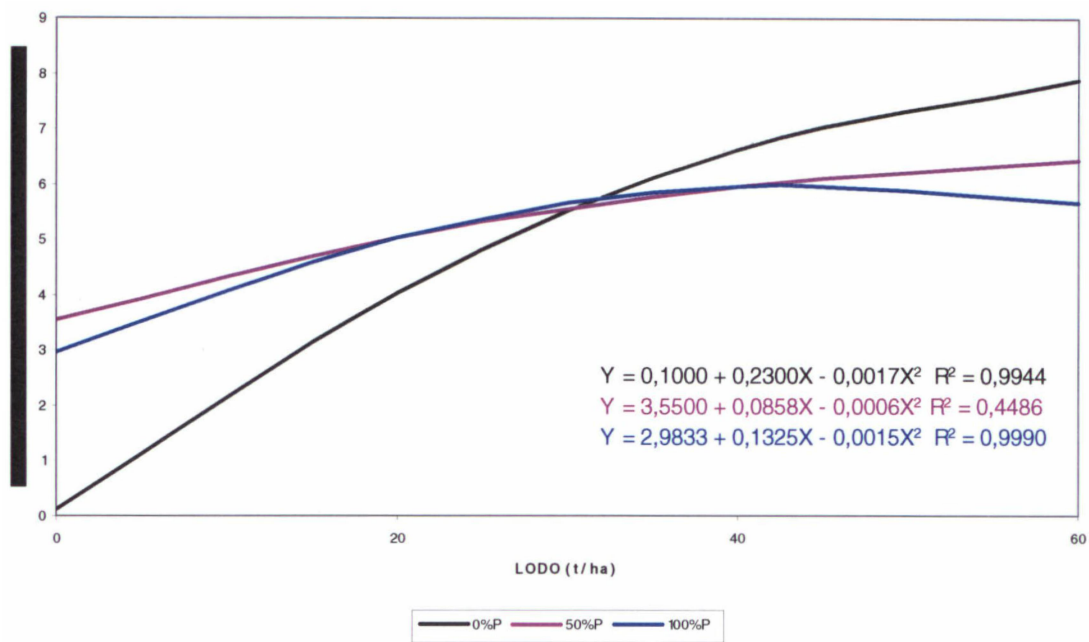


FIGURA 4A: MASSA DA MATÉRIA SECA MÉDIA (g) DA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

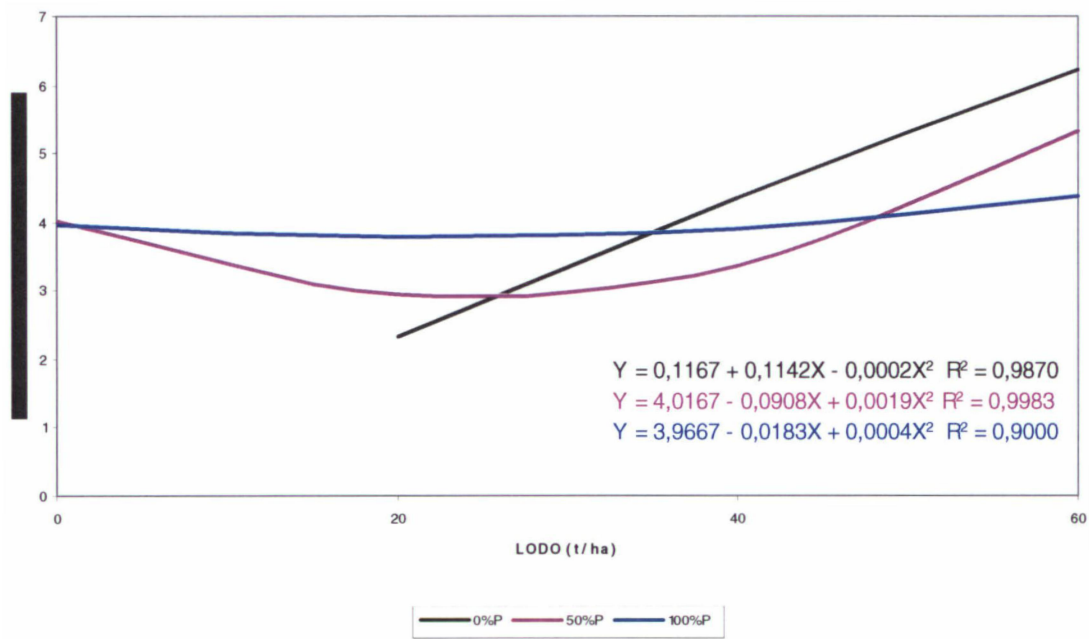


FIGURA 5A: MASSA DA MATÉRIA SECA MÉDIA (g) POR HASTE FLORAL DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

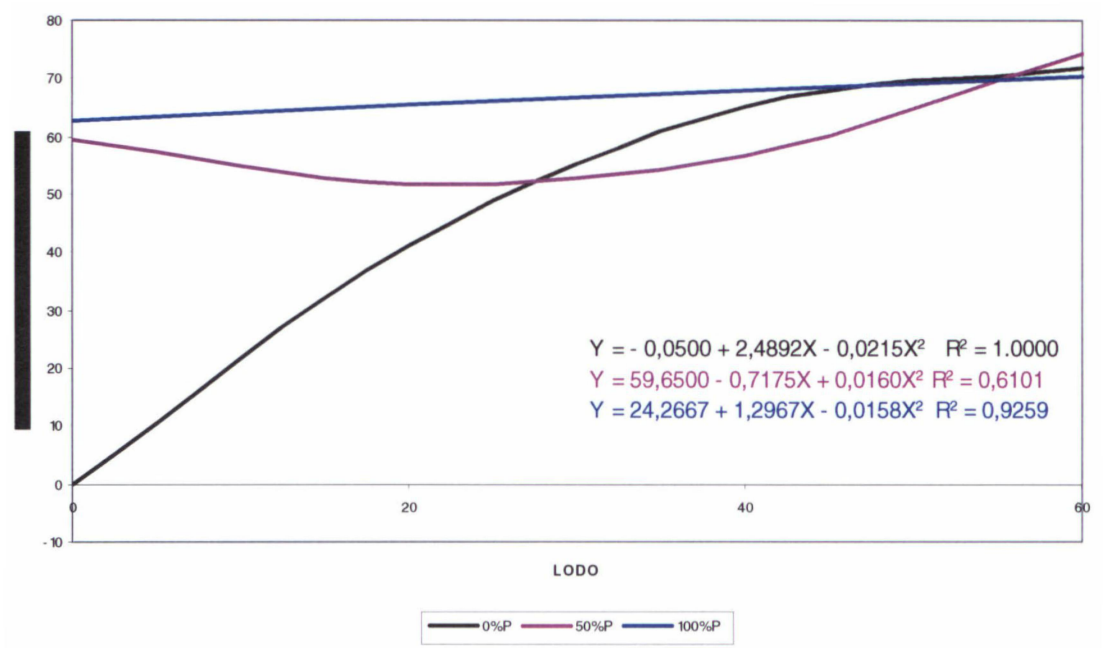


FIGURA 6A: MASSA DA MATÉRIA VERDE (g) DA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

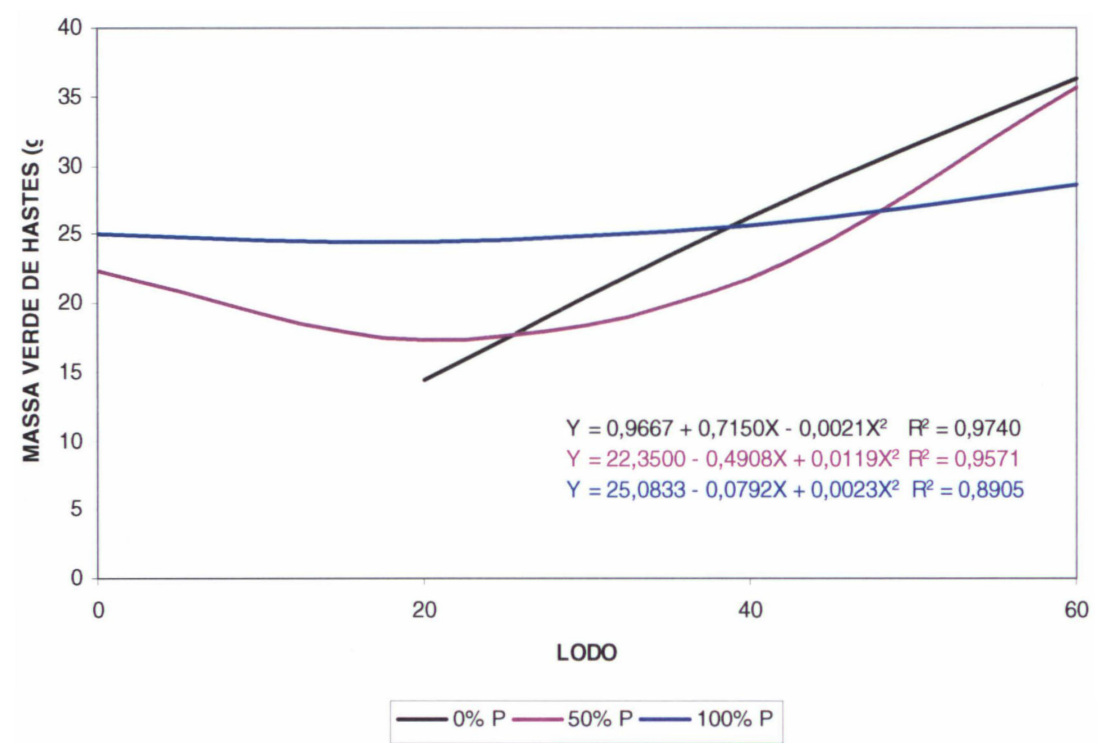


FIGURA 7A: MASSA DA MATÉRIA VERDE MÉDIA (g) POR HASTE FLORAL DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

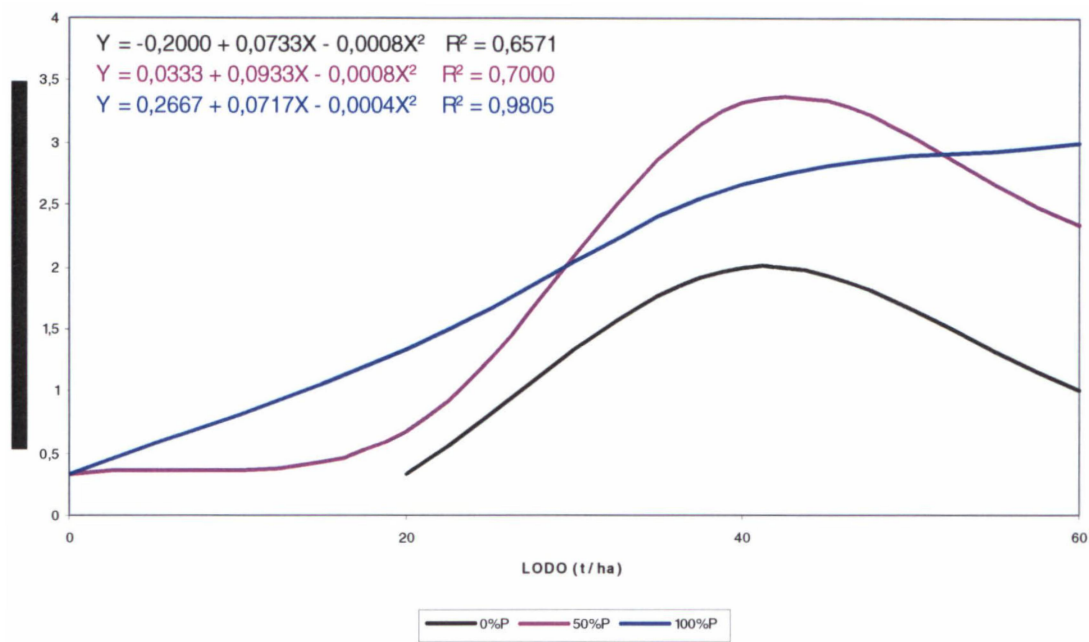


FIGURA 8A: NÚMERO DE HASTES FLORAIS EMITIDAS POR PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

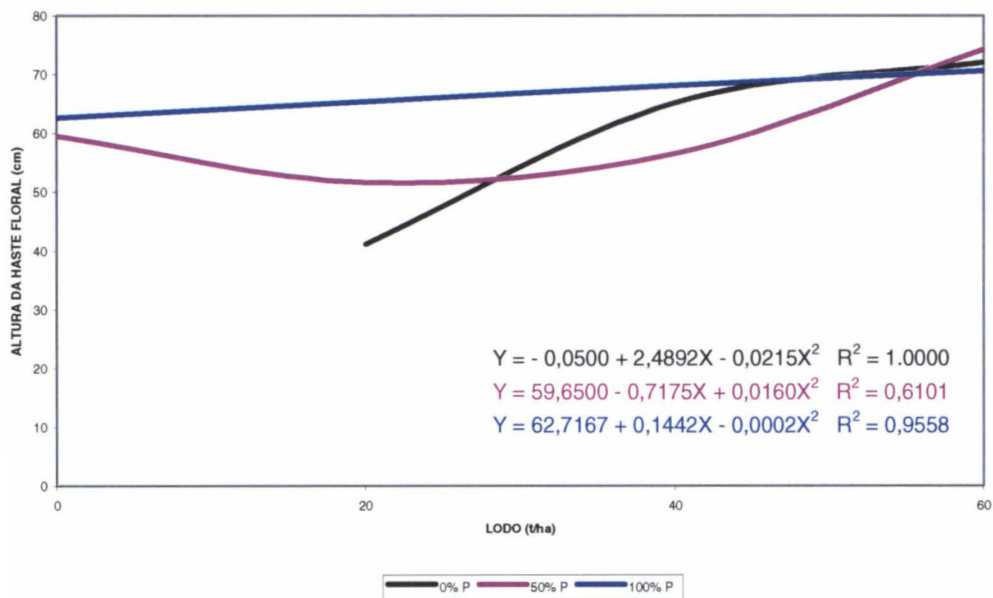


FIGURA 9A: ALTURAS MÉDIAS DAS HASTES FLORAIS (cm) DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

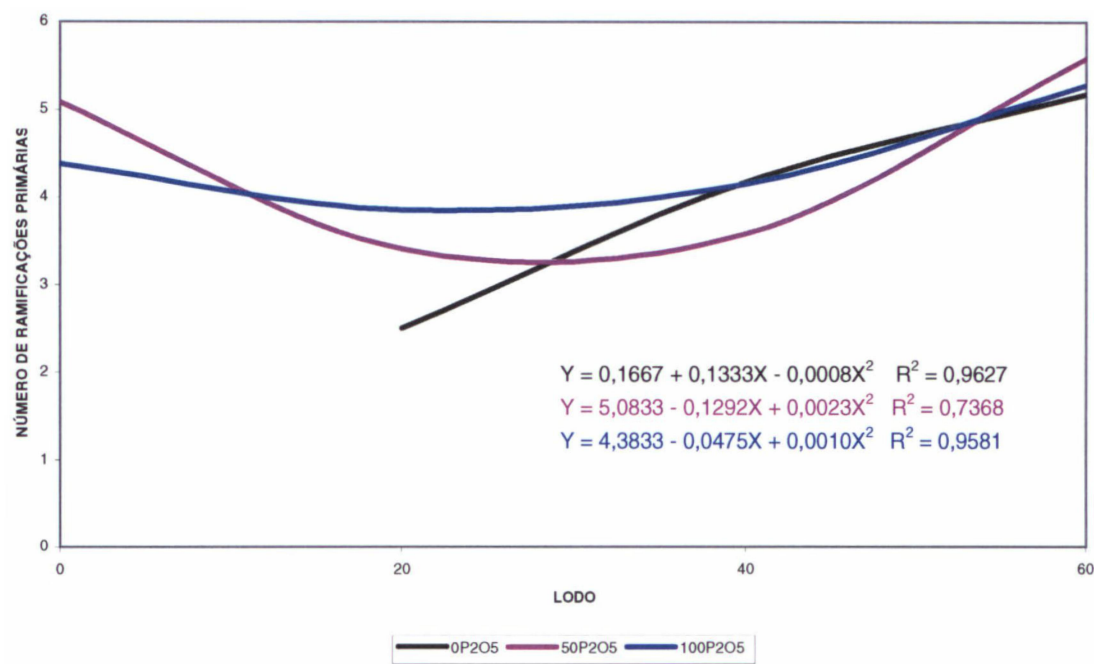


FIGURA 10A: NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES PRIMÁRIAS EMITIDAS EM HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

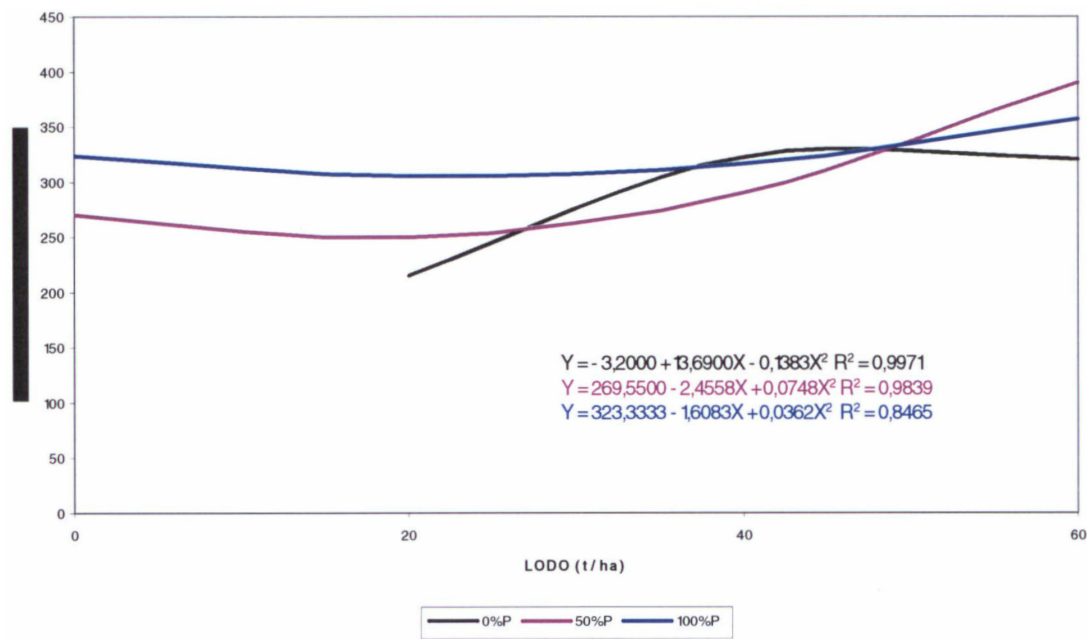


FIGURA 11A: NÚMERO DE FLORES EMITIDAS POR HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DOSES CRESCENTES DE LODO DE ESGOTO E DIFERENTES PORCENTAGENS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO FOSFATADA.

ANEXO II

TABELAS

ANEXO II - TABELAS

TABELA 14A - TEORES DE MANGANÊS NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	264,67 aA	179,30 aB	96,90 aC	30,47 aD	142,83 a
50	289,33 aA	165,17 aB	97,43 aC	28,20 aD	145,03 a
100	295,07 aA	168,73 aB	105,47 aC	43,87 aD	153,28 a
MÉDIA	283,02 A	171,07 B	99,93 C	34,18 D	

TABELA 15A - TEORES DE MANGANÊS NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bD	159,10 aA	63,10 aB	24,07 aC	61,57 c
50	260,53 aA	142,60 abB	64,10 aC	25,00 aD	123,06 a
100	255,60 aA	131,37 bB	74,40 aC	30,50 aD	122,97 b
MÉDIA	172,04 A	144,36 B	67,20 C	26,52 D	

TABELA 16A - TEORES DE FERRO NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	183,70 aA	99,17 aB	91,33 aB	84,80 aB	114,75 a
50	157,93 aA	99,97 aB	89,77 aB	89,17 aB	109,21 a
100	150,57 aA	82,63 aB	86,80 aB	77,00 aB	99,25 a
MÉDIA	164,07 A	93,92 B	89,30 C	83,66 D	

TABELA 17A - TEORES DE FERRO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bB	87,75 aA	89,53 aA	77,70 aA	63,75 c
50	105,10 aA	79,90 aA	91,97 aA	80,33 aA	89,32 b
100	87,67 aB	105,73 aAB	126,13 aA	80,17 aB	99,92 a
MÉDIA	67,26 D	91,13 B	102,54 A	79,40 C	

TABELA 18A - TEORES DE COBRE NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	12,80 aA	9,30 aA	7,87 aA	8,87 aA	9,71 a
50	11,00 aA	10,93 aA	8,60 aA	7,23 aA	9,44 a
100	10,27 aA	9,17 aA	8,97 aA	7,27 aA	8,92 a
MÉDIA	11,36 A	9,80 A	8,48 A	7,79 A	

TABELA 19A - TEORES DE COBRE NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- aA	10,75 aA	9,57 bA	8,63 aA	7,24 a
50	9,93 aA	11,93 aA	9,63 bA	9,53 aA	10,25 a
100	11,40 aB	10,77 aB	29,30 aA	7,90 aB	14,84 a
MÉDIA	7,11 A	11,15 A	16,17 A	8,69 A	

TABELA 20A - TEORES DE ZINCO NA PARTE AÉREA REMANESCENTE DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	99,47 aA	53,43 aB	31,70 aC	24,93 aC	52,38 a
50	47,23 bA	30,83 bA	25,80 aA	23,27 aA	31,78 c
100	48,07 bA	33,30 bA	27,93 aA	23,40 aA	33,17 b
MÉDIA	64,92 A	39,19 B	28,48 C	23,87 D	

TABELA 21A - TEORES DE ZINCO NAS HASTES FLORAIS DE PLANTAS DE *Gypsophila paniculata* L. CULTIVADAS EM DIFERENTES DOSES DE LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO FOSFATADA. LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS HORIZONTALMENTE. LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM MÉDIAS VERTICALMENTE. MÉDIAS TOTAIS SÃO COMPARÁVEIS APENAS ENTRE SI (Tukey 5% de probabilidade).

P (%)	LODO (Mg/ha)				
	0	20	40	60	MÉDIA
0	- bC	53,90 aA	32,33 aB	27,07 aB	28,32 a
50	39,63 aA	34,50 bA	27,20 aAB	25,00 aB	31,58 a
100	44,30 aA	31,37 bB	34,17 aB	23,30 aC	33,28 a
MÉDIA	27,98 C	39,92 A	31,23 B	25,12 D	

ANEXO III

LAUDOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS 52.240 – 01008183

Cliente CYNTHIA MARIA WACHOWICZ
Endereço Rua Antônio Simm, 662– Curitiba/PR
Data de Entrada 29/06/01

Os resultados são restritos ao(s) material(is) recebido(s) no TECPAR. Este documento só poderá ser reproduzido integralmente.

1. MATERIAL RECEBIDO

Lodo de esgoto, identificado como **Lodo de esgoto alcalinizado, proveniente da ETE Belém**, acondicionado em embalagem plástica.

2. MÉTODOS UTILIZADOS

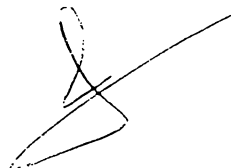
Preparação do material: homogeneização, secagem em estufa ventilada ($50^{\circ}\text{C} \pm 10\%$, 48 h), moagem em almofariz, peneiramento (peneira ABNT 0,177 mm) e homogeneização da fase seca conforme TECPAR, *IE LATQ 002*, Revisão C, 1999 – Preparo de amostras sólidas para análise química.

Cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, ferro, magnésio, manganês, níquel e zinco: extração com solução de ácido nítrico sob refluxo e quantificação por espectrometria de absorção atômica, conforme *Manual de Instruções AA6601F*, Shimadzu Corporation, 1994.

Fósforo: extração com solução de ácido sulfúrico, ácido nítrico e peróxido de hidrogênio e determinação por espectrofotometria uv-visível, conforme *Análises Físico-químicas para Controle das Estações de Tratamento de Esgotos*, M.O.S.A. Silva, 1977, p. 39-42.

Materiais Voláteis 50°C: gravimetria, conforme *Métodos Oficiais* estabelecidos na Portaria nº 31, de 08/06/82 da Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, capítulo II, item 3.3, modificada: desconsiderando a determinação da umidade a 65°C e calculando os teores de umidade a 50°C .

Mercúrio: extração com solução de ácido nítrico sob refluxo e quantificação por espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio, conforme *Manual de Instruções HVG-1*, Shimadzu Corporation, 1992.



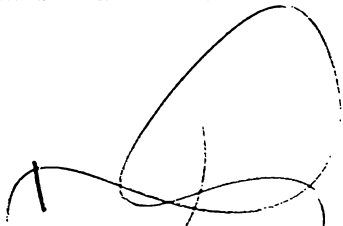
Nitrogênio total: volumetria, conforme Portaria SNAD nº 31/82. Ministério da Agricultura. Capítulo I, item 3.1.b.

Potássio: extração com solução de ácido nítrico e quantificação por fotometria de chama, conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 18ª edição, 1992, 3500 - K D.

3. RESULTADOS

Cádmio, Cd.....	não detectado em nível de 1,0 mg/Kg
Cálcio, Ca.....	14,37 g/100g
Chumbo, Pb.....	34,1 mg/Kg
Cobre, Cu.....	61,5 mg/Kg
Cromo, Cr.....	32,2 mg/Kg
Ferro, Fe.....	0,37 g/100g
Fósforo total, P.....	0,50 g/100g
Magnésio, Mg.....	8,45 g/100g
Manganês, Mn.....	250,9 mg/Kg
Materiais voláteis a 50°C ± 10%.....	44,65 g/100g
Mercúrio, Hg.....	1,3 mg/Kg
Níquel, Ni.....	15,7 mg/Kg
Nitrogênio total (N).....	1,31 g/100g
Potássio, K.....	0,080 g/100g
Zinco, Zn.....	272,9 mg/Kg

Observação: os resultados estão expressos na base seca (50°C ± 10%, 48 horas), exceto para o parâmetro Materiais voláteis a 50°C.


NATALICIO FERREIRA LEITE
Quím. CRQ/9ª 09200601

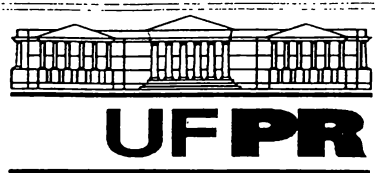
Curitiba, 25 de julho de 2001

QUELCY BARREIROS CORRÊA
Eng. Quím. CRQ 09301063
Gerente do Laboratório

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS

Rua dos Funcionários, 1540 - Fone (041) 350 5673
Curitiba - Paraná CEP 80035-050
depsolos@agrarias.ufpr.br



LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO N. 1309

Solicitante: Cynthia M. Wachowicz

Telefone: 366-4206

Endereço:

Data: 27/04/2000

Cidade:

Estado:

CEP:

AMOSTRA	pH CaCl ₂	Al ⁺³	H+Al	C ⁺² Mg ⁺²	Ca ⁺²	K ⁺	T	P mg/dm ³	C g/dm ³	pH SMP	V %
				cmol _d /dm ³							
DA 0-0	4,50	3,00	14,10	6,20	4,10	0,31	20,61	1,0	37,2	4,60	31,59
DA 0-50	4,40	2,80	15,20	6,00	4,30	0,31	21,51	32,0	35,2	4,50	29,34
DA 0-100	4,30	2,80	16,30	6,00	3,90	0,31	22,61	22,0	34,2	4,40	27,91
DA 10-0	4,40	1,80	14,10	7,70	4,70	0,36	22,16	3,0	36,2	4,60	36,37
DA 10-50	4,50	2,00	13,10	7,80	5,40	0,36	21,26	7,0	34,7	4,70	38,38
DA 10-100	4,60	1,80	13,10	7,70	5,40	0,33	21,13	12,0	34,7	4,70	38,00
DA 20-0	4,60	1,10	12,10	9,20	5,50	0,36	21,66	5,0	39,2	4,80	44,14
DA 20-50	4,60	1,10	12,10	9,20	5,60	0,37	21,67	10,0	39,2	4,80	44,16
DA 20-100	4,70	1,10	12,10	10,00	6,60	0,51	22,61	22,0	39,2	4,80	46,48
DA 30-0	4,70	0,70	11,30	10,60	6,80	0,41	22,31	9,0	37,2	4,90	49,35
DA 30-50	4,80	0,50	10,50	10,70	6,70	0,43	21,63	41,0	39,7	5,00	51,46
DA 30-100	4,80	0,50	10,50	10,80	6,80	0,37	21,67	26,0	39,2	5,00	51,55
AA 0	4,40	3,10	14,10	7,00	3,90	0,29	21,39	2,0	37,2	4,60	34,08
AA 10	4,40	2,00	14,10	8,90	5,20	0,31	23,31	5,0	38,2	4,60	39,51
AA 20	4,60	1,40	12,10	9,10	5,70	0,33	21,53	5,0	39,7	4,80	43,80
AA 30	4,70	0,70	11,30	9,80	5,80	0,35	21,45	7,0	39,7	4,90	47,32

Os resultados restringem-se às amostras recebidas.
Neste laudo não constam recomendações de adubagem e calagem.

Prof. Luiz A. C. Lucchesi
PhD., MS., Eng. Agr. CREA-PR 10457-D
Coordenador do Lab. de Fertilidade do Solo

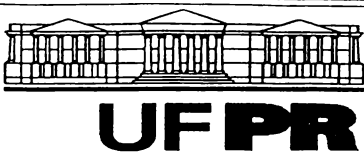


Profa. Celina Wisniewski
Chefe do Depto. de Solos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS

Rua dos Funcionários, 1540 - Fone (041) 350 5673
Curitiba - Paraná CEP 80035-050
depsolos@agrarias.ufpr.br



87

LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA

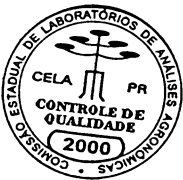
CERTIFICADO N. 2410

Solicitante: CYNTHIA MARIA WACHOWICZ Telefone: 9973-1909/5657
Endereço: NUTRIÇÃO MINERAL DE GYPSOPHILA Data: 08/11/2000
Cidade: CURITIBA Estado: PR CEP:

AMOSTRA	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H+Al	C ²⁺ +M ²⁺ g/dm ³	C ²⁺ g/dm ³	K ⁺ g/dm ³	T g/dm ³	P mg/dm ³	C g/dm ³	pH SMP	V %
		cmol/dm ³									
I 0-0	4,20	3,80	14,10	5,30	3,50	0,33	19,73	0,8	36,5	4,60	28,54
I 0-50	4,20	3,60	13,10	4,70	2,90	0,19	17,99	1,5	32,9	4,70	27,18
I 0-100	4,20	3,60	15,20	5,10	2,70	0,27	20,57	16,2	38,3	4,50	26,11
I 10-0	4,30	3,10	14,10	7,00	5,70	0,25	21,35	1,2	33,5	4,60	33,96
I 10-50	4,30	2,80	14,10	7,30	5,80	0,20	21,60	6,8	34,7	4,60	34,72
I 10-100	4,40	2,60	13,10	7,20	4,70	0,14	20,44	7,9	34,1	4,70	35,91
I 20-0	4,40	2,30	13,10	8,50	5,90	0,15	21,75	3,7	30,5	4,70	39,77
I 20-50	4,50	2,10	12,10	7,80	5,40	0,15	20,05	4,9	34,7	4,80	39,65
I 20-100	4,50	2,00	12,10	8,20	5,80	0,17	20,47	6,0	40,2	4,80	40,89
I 30-0	4,50	1,80	11,30	7,70	6,10	0,22	19,22	4,9	37,7	4,90	41,21
I 30-50	4,50	0,60	11,30	9,90	6,30	0,20	21,40	19,1	37,7	4,90	47,20
I 30-100	4,50	1,50	11,30	8,50	5,70	0,16	19,96	13,3	34,1	4,90	43,39
II 0-0 A	4,30	3,70	13,10	5,00	3,30	0,39	18,49	0,6	36,5	4,70	29,15
II 0-0 B	4,40	3,30	13,10	5,00	3,70	0,32	18,42	1,9	38,4	4,70	28,88
II 0-50 A	4,40	3,20	14,10	5,10	3,20	0,32	19,52	5,4	31,7	4,60	27,77
II 0-50 B	4,40	3,30	14,10	5,20	3,10	0,30	19,60	8,2	32,9	4,60	28,06
II 0-100 A	4,30	3,50	14,10	5,20	3,10	0,32	19,62	7,3	32,3	4,60	28,13
II 0-100 B	4,30	3,30	14,10	5,30	3,20	0,35	19,75	43,6	35,3	4,60	28,61
II 10-0 A	4,60	0,50	10,50	9,10	5,00	0,29	19,89	3,0	28,1	5,00	47,21

Os resultados restringem-se às amostras recebidas.
Neste laudo não constam recomendações de adubagem e calagem.

Prof. Luiz A. C. Lucchesi
PhD., MS., Eng. Agr. CREA-PR 10457-D
Coordenador do Lab. de Fertilidade do Solo

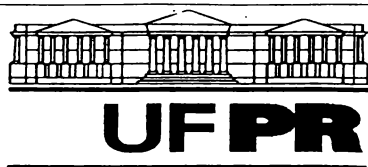


Profa. Celina Wisniewski
Chefe do Depto. de Solos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS

Rua dos Funcionários, 1540 - Fone (041) 350 5673
Curitiba - Paraná CEP 80035-050
depsolos@agrarias.ufpr.br



88

LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO N. 2410

II 10-0 B	4,60	0,60	9,70	8,70	4,90	0,29	18,69	3,2	32,9	5,10	48,10
II 10-50 A	4,70	0,50	8,40	9,50	5,70	0,30	18,20	23,8	30,5	5,30	53,85
II 10-50 B	4,70	0,60	8,40	9,80	5,80	0,28	18,48	15,8	27,5	5,30	54,55
II 10-100	4,70	0,60	9,00	9,60	5,60	0,34	18,94	26,6	34,1	5,20	52,48
II 20-0	5,00	0,00	5,80	13,70	9,00	0,31	19,81	8,2	36,5	5,80	70,72
II 20-50	5,30	0,00	4,00	14,60	9,50	0,33	18,93	26,6	31,7	6,30	78,87
II 20-100	5,30	0,00	5,00	12,70	8,50	0,27	17,97	21,3	29,3	6,00	72,18
II 30-0	5,40	0,00	4,60	19,20	12,50	0,32	24,12	9,8	28,1	6,10	80,93
II 30-50	5,40	0,00	4,30	16,20	9,10	0,32	20,82	13,7	31,3	6,20	79,35
II 30-100	5,40	0,00	4,30	16,50	9,00	0,32	21,12	27,4	32,9	6,20	79,64
II 0 C	5,00	0,00	7,20	11,40	6,90	0,29	18,89	26,6	32,9	5,50	61,88
II 25 C	5,30	0,00	5,80	14,10	7,70	0,27	20,17	33,9	32,9	5,80	71,24
II 50 C	5,50	0,00	4,60	15,30	8,80	0,33	20,23	41,9	36,5	6,10	77,26
II 75 C	5,60	0,00	3,70	17,80	9,50	0,27	21,77	29,9	35,3	6,40	83,00

Os resultados restringem-se às amostras recebidas.
Neste laudo não constam recomendações de adubagem e calagem.

Prof. Luiz A. C. Lucchesi
PhD., MS., Eng. Agr. CREA-PR 10457-D
Coordenador do Lab. de Fertilidade do Solo

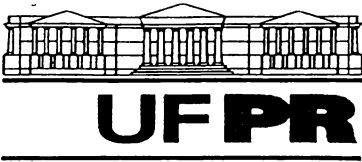
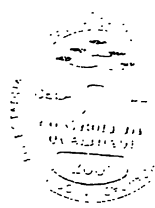


Profa. Celina Wisniewski
Chefe do Depto. de Solos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS

Rua dos Funcionários, 1540 - Fone (041) 350 5673
Curitiba - Paraná CEP 80035-050
depsolos @ agrarias.ufpr.br



89

LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO N. 2637

Solicitante: Cyntia M. Wachowicz

Telefone: 366-4206

Endereço:

Data: 21/03/2001

Cidade:

Estado:

CEP:

AMOSTRA	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺ Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	T	P	C	pH	V
	CaCl ₂			cmol/dm ³				mg/dm ³	g/dm ³	SMP	%
I 0-0	3,90	5,50	17,60	8,60	4,80	0,50	26,70	3,5	42,6	4,30	34,08
I 0-50	3,90	5,50	17,60	6,40	3,40	0,21	24,21	12,9	38,3	4,30	27,30
I 0-100	4,00	5,40	17,60	6,80	4,10	0,20	24,60	36,2	41,4	4,30	28,46
I 10-0	4,70	1,10	10,50	14,90	8,50	0,18	25,58	3,7	37,7	5,00	58,95
I 10-50	4,40	2,00	12,10	11,60	6,40	0,18	23,88	29,0	35,9	4,80	49,33
I 10-100	4,80	0,00	10,50	13,50	7,30	0,16	24,16	43,6	36,5	5,00	56,54
I 20-0	5,40	0,00	5,80	18,40	11,20	0,20	24,40	6,2	40,2	5,80	76,23
I 20-50	5,20	0,00	6,70	16,20	10,70	0,16	23,06	15,3	43,8	5,60	70,95
I 20-100	5,10	0,00	7,20	15,80	9,60	0,27	23,27	52,5	31,1	5,50	69,06
I 30-0	6,00	0,00	4,00	24,10	14,70	0,20	28,30	7,6	42,6	6,30	85,87
I 30-50	5,70	0,00	4,60	22,10	14,20	0,14	26,84	20,7	41,4	6,10	82,86
I 30-100	5,80	0,00	4,60	22,10	14,20	0,14	26,84	49,9	40,2	6,10	82,86
II 0-0	4,00	5,00	14,10	6,40	3,30	0,40	20,90	2,1	40,2	4,60	32,54
II 0-50	3,90	6,50	16,30	6,40	3,50	0,22	22,92	21,3	38,3	4,40	28,88
II 0-100	4,00	5,00	16,30	7,00	4,40	0,21	23,51	99,8	42,6	4,40	30,67
II 10-0	4,50	1,70	12,10	11,00	6,50	0,19	23,29	2,3	42,6	4,80	48,05
II 10-50	4,60	1,40	11,30	11,00	6,60	0,15	22,45	23,1	42,0	4,90	49,67
II 10-100	4,60	1,40	11,30	11,50	7,60	0,13	22,93	61,6	35,9	4,90	50,72
II 20-0	5,20	0,00	7,80	16,60	11,00	0,16	24,56	4,9	40,2	5,40	68,24

Os resultados restringem-se às amostras recebidas.
Neste laudo não constam recomendações de adubação e calagem.

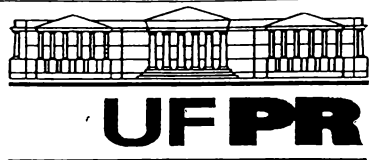
Prof. Luiz A. C. Lacchesi
PhD., MS., Eng. Agr. CREA-PR 10457-D
Coordenador do Lab. de Fertilidade do Solo

Prof. Celina Wisniewski
Chefe do Depto. de Solos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS

Rua dos Funcionários, 1540 - Fone (041) 350 5673
Curitiba - Paraná CEP 80035-050
depsolos@agrarias.ufpr.br



90

LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO N. 2637

II 20-50	4,60	1,40	11,30	13,10	8,00	0,13	24,53	13,3	40,2	4,90	53,93
II 20-100	5,00	0,00	7,20	15,30	12,50	0,13	22,63	67,8	38,9	5,50	68,18
II 30-0	5,60	0,00	5,40	24,10	14,20	0,17	29,67	6,5	44,4	5,90	81,80
II 30-50	5,60	0,00	5,40	23,20	13,90	0,14	28,74	17,1	39,5	5,90	81,21
II 30-100	5,40	0,00	5,80	20,40	11,90	0,12	26,32	47,6	40,8	5,80	77,96
III 0-0	4,00	5,00	16,30	7,90	4,20	0,40	24,60	2,1	40,2	4,40	33,74
III 0-50	4,00	5,00	16,30	7,20	3,80	0,23	23,73	25,9	38,3	4,40	31,31
III 0-100	4,00	5,00	17,60	6,10	3,40	0,17	23,87	20,2	40,2	4,30	26,27
III 10-0	4,40	2,10	14,11	11,20	6,20	0,25	25,56	3,7	41,4	4,60	44,80
III 10-50	4,30	2,40	13,10	11,00	6,20	0,17	24,27	22,5	40,8	4,70	46,02
III 10-100	4,50	1,50	12,10	12,00	7,00	0,17	24,27	53,4	37,7	4,80	50,14
III 20-0	5,10	0,00	8,40	18,90	11,60	0,14	27,44	3,2	40,8	5,30	69,39
III 20-50	5,30	0,00	6,70	18,90	11,40	0,14	25,74	16,7	36,5	5,60	73,97
III 20-100	4,70	1,10	10,50	13,20	7,50	0,15	23,85	38,8	37,7	5,00	55,97
III 30-0	5,80	0,00	4,00	23,50	13,90	0,13	27,63	6,2	35,9	6,30	85,52
III 30-50	5,80	0,00	4,30	22,40	13,60	0,13	26,83	14,0	39,5	6,20	83,97
III 30-100	5,90	0,00	4,60	24,10	13,70	0,11	28,81	31,8	37,7	6,10	84,03
I 0C	4,70	0,80	10,50	16,70	10,60	0,16	27,36	77,2	42,6	5,00	61,62
I 25C	5,40	0,00	6,20	18,50	12,40	0,14	24,84	55,6	38,3	5,70	75,04
I 50C	5,70	0,00	5,40	21,30	12,90	0,12	26,82	95,2	35,3	5,90	79,87
I 75C	6,10	0,00	4,00	23,60	14,50	0,12	27,72	29,0	38,9	6,30	85,57
II 0C	4,80	0,40	9,00	16,60	10,60	0,16	25,76	55,6	38,9	5,20	65,06
II 25C	5,20	0,00	7,80	18,60	11,70	0,14	26,54	69,2	40,2	5,40	70,61
II 50C	5,30	0,00	6,70	19,50	12,50	0,14	26,34	45,5	39,5	5,60	74,56
II 75C	6,00	0,00	3,70	24,40	15,10	0,14	28,24	52,5	43,8	6,40	86,90
III 0C	4,80	0,60	9,00	16,30	10,40	0,15	25,45	47,6	42,6	5,20	64,64
III 25C	5,30	0,00	7,20	18,10	11,40	0,13	25,43	59,1	35,9	5,50	71,69

Os resultados restringem-se às amostras recebidas.
Neste laudo não constam recomendações de adubação e calagem.

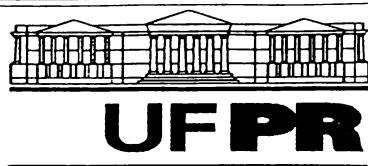
Prof. Luiz A. C. Lucchesi
PhD., MS., Eng. Agr. CREA-PR 10457-D
Coordenador do Lab. de Fertilidade do Solo

Prof. Celina Wisniewski
Chefe do Depto. de Solos

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS

Rua dos Funcionários, 1540 - Fone (041) 350 5673
Curitiba - Paraná CEP 80035-050
depsolos@agrarias.ufpr.br



91

LAUDO DE ANÁLISE QUÍMICA

CERTIFICADO N. 2637

III 50C	5,70	0,00	5,40	23,10	14,90	0,11	28,61	55,6	40,2	5,90	81,13
III 75C	6,10	0,00	4,00	27,80	18,00	0,13	31,93	75,0	37,7	6,30	87,47

Os resultados restringem-se às amostras recebidas.
Neste laudo não constam recomendações de adubação e calagem.

Prof. Luiz A. C. Lucchesi
PhD., MS., Eng. Agr. CREA-PR 10457-D
Coordenador do Lab. de Fertilidade do Solo

Prof. Celina Wisniewski
Chefe do Depto. de Solos