

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

**EFEITO DE “DREGS E GRITS” NOS ATRIBUTOS DE UM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO E NA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DE
EUCALIPTO**

RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia – Área de Concentração em
Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Mai - 2006

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

**EFEITO DE “DREGS E GRITS” NOS ATRIBUTOS DE UM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO E NA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DE
EUCALIPTO**

RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Mai - 2006

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

Trigueiro, Rodrigo de Menezes, 1972-
T828e Efeito de "dregs e grits" nos atributos de um neossolo
quartzarênico e na produção volumétrica de eucalipto /
Rodrigo de Menezes Trigueiro. - Botucatu : [s.n.], 2006.
viii, 73 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Fa-
culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006
Orientador: Iraê Amaral Guerrini
Inclui bibliografia

1. Nutrição mineral. 2. Eucalipto. 3. Resíduos industri-
ais. 4. Adubação. I. Guerrini, Iraê Amaral. II. Univer-
sidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Cam-
pus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III.
Título.

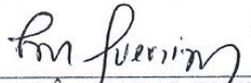
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "EFEITO DE DREGS E GRITS NOS ATRIBUTOS DE UM NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO E NA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DE EUCALIPTO"

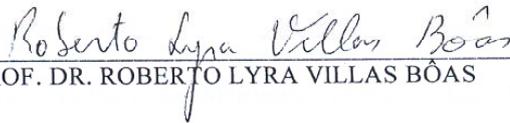
ALUNO: RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI

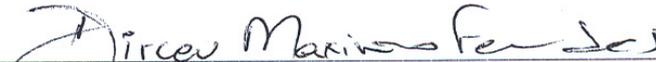
Aprovado pela Comissão Examinadora



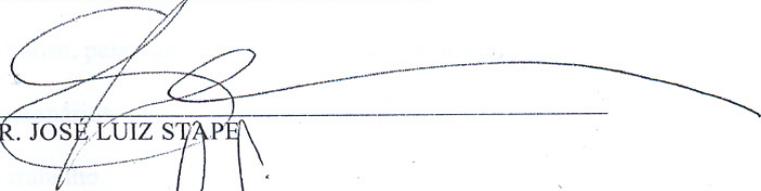
PROF. DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI



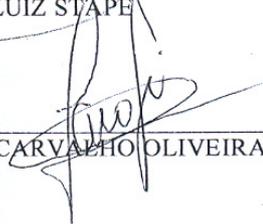
PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS



PROF. DR. DIRCEU MAXIMINIO FERNANDES



PROF. DR. JOSÉ LUIZ STAPE



DR. FERNANDO CARVALHO OLIVEIRA

Data da Realização: 29 de maio de 2006.

AGRADECIMENTOS

- À Deus, por todas as oportunidades;
- À minha querida esposa Luciana, por todo apoio recebido.
- Ao amigo Professor Dr. Iraê Amaral Guerrini, pela confiança e ensinamentos.
- Aos Professores, Roberto Lyra Villas Boas, Dirceu Maximino Fernandes, Magali Ribeiro da Silva e Vera Lex Engel, que com amizade e solicitude contribuíram muito para meu crescimento profissional.
- Aos amigos Caio Antônio Carbonari, Marcos Vinícius de Oliveira, Vicente Rodolfo Santos Cezar, Hosana Maria Soares Candeias Bis, por tornarem mais fáceis os dias;
- Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais Ieda, Jair, Dorival, De Pieri e Silvia, pela amizade e prestatividade.
- Aos funcionários da Biblioteca.
- Às funcionárias da pós-graduação Marilena, Marlene e Jaqueline, pela atenção e boa vontade.
- À CAPES, pelo apoio financeiro.
- À Votorantim Papel e Celulose, pela viabilização e apoio ao projeto.
- Aos demais amigos e funcionários, que de alguma forma deram sua contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

DEDICO

À minha amada esposa Luca, a quem eu devo meu sucesso.

OFEREÇO

À minha avó Cida, minha mãe Maria Regina, meu pai Avelino e meus irmãos André e Tania, que sempre estiveram presentes e atuantes, em cada passo de minha vida.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
5.1 Localização do Experimento	14
5.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	15
5.3 Características da área e preparo do solo.....	18
5.4 Variáveis avaliadas	19
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6.1 Efeitos no crescimento das plantas e na produção de madeira.....	22
6.2 Alterações nos atributos químicos do perfil do solo.....	24
6.3 Efeitos nos atributos químicos na camada superficial do solo	26
6.4 Efeitos nos atributos físicos do solo	28
6.5 Efeitos nos atributos biológicos do solo.....	30
6.6 Efeito na concentração de nutrientes e sódio nos tecidos vegetais.....	31
7. CONCLUSÕES	36
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1 Composição química da mistura dregs+grits (base seca) na Votorantim Celulose e Papel S.A.	18
2 Análises química e granulométrica do Neossolo Quartzarênico.	23
3 Análise química de dregs+grits. utilizados no experimento.....	25
4 Quantidades totais de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O aplicados nos tratamentos via adubação.	26
5 Resumo da análise de variância para altura de plantas.....	52
6 Evolução da altura de plantas	53
7 Altura de plantas aos 4,0 anos de idade.....	53
8 Altura de plantas aos 5,0 anos de idade.....	54
9 Altura de plantas aos 6,0 anos de idade.....	54
10 Resumo da análise de variância para diâmetro à altura do peito (DAP).	55
11 Evolução do diâmetro à altura do peito (DAP) em função dos tratamentos e da idade	56
12 Diâmetro a altura do peito (DAP) aos 1,5 anos de idade	56
13 Diâmetro a altura do peito (DAP) aos 5,0 anos de idade	57
14 Diâmetro a altura do peito (DAP) aos 6,0 anos de idade	57
15 Resumo da análise de variância para volume de madeira com casca.....	58
16 Evolução do volume de madeira com casca durante o experimento.....	59
17 Volume de madeira com casca aos 5,0 anos de idade	59
18 Volume de madeira com casca aos 6,0 anos de idade	60
19 Resumo da análise de variância de alguns atributos químicos no perfil do solo aos 7 meses de idade.....	60

20 Al ³⁺ no perfil do solo aos 7 meses de idade	61
21 pH CaCl ₂ no perfil do solo aos 7 meses de idade.....	61
22 H ⁺ Al no perfil do solo aos 7 meses de idade	62
23 Ca no perfil do solo aos 7 meses de idade.....	62
24 Mg no perfil do solo aos 7 meses de idade.....	63
25 Na no perfil do solo aos 7 meses de idade.....	63
26 Porcentagem de sódio trocável no perfil do solo aos 7 meses de idade	64
27 Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo após 6 meses a aplicação dos tratamentos	64
28 Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo (micronutrientes) após 6 meses a aplicação dos tratamentos	65
29 Atributos químicos do solo após 6 meses. a aplicação dos tratamentos.....	66
30 Matéria orgânica do solo aos 6 meses de idade.....	66
31 P no solo aos 6 meses de idade.....	67
32 Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo aos 17 meses. de idade ...	67
33 Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo (micronutrientes) após meses de idade.....	68
34 Atributos químicos do solo após 17 meses a aplicação dos tratamentos.....	69
35 Matéria orgânica do solo aos 17 meses de idade.....	69
36 P no solo aos 17 meses de idade.....	70
37 Resumo da análise de variância dos atributos físicos do solo após 6 meses a aplicação dos tratamentos	70
38 Atributos físicos do solo após 17 meses a aplicação dos tratamentos.....	71
39 Densidade de partícula do solo aos 6 meses de idade	71
40 Água retida no solo (0,03 atm) aos 6 meses de idade.....	72

41	Macroporosidade do solo aos 6 meses de idade	72
42	Microporosidade do solo aos 6 meses de idade.....	73
43	Porosidade total do solo aos 6 meses de idade	73
44	Resumo da análise de variância da biomassa microbiana aos 6 e 17 meses de idade.....	74
45	Biomassa microbiana do solo após 17 meses a aplicação dos tratamentos.....	75
46	Biomassa microbiana do solo aos 6 meses de idade (desdobramento)	75
47	Resumo da análise de variância das análises químicas foliares aos 6 meses de idade.....	76
48	Análises químicas foliares após 6 meses a aplicação dos tratamentos.....	77
49	Teor foliar de K aos 6 meses de idade.....	77
50	Teor foliar de Mg aos 6 meses de idade.	78
51	Teor foliar de S aos 6 meses de idade.	78
52	Teor foliar de Zn aos 6 meses de idade.	79
53	Teor foliar de Na aos 6 meses de idade	79
54	Resumo da análise de variância das análises químicas foliares aos 16 meses de idade.....	80
55	Análises químicas foliares aos 16 meses de idade	81

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1. Representação esquemática do ciclo de licor e circuito de sólidos	17
2. Volume cilíndrico de madeira de eucalipto com casca em função dos tratamentos e da idade.	31
3. Correlação entre pH x Ca do solo dos tratamentos	34

1. RESUMO

Devido ao crescimento na produção de celulose e papel e o conseqüente aumento na geração de resíduos industriais, foi estabelecido o presente estudo com o objetivo de consolidar as informações referentes à aplicação de resíduos alcalinos, como o dregs e o grits, provenientes do processo de clareamento da celulose, como insumo agrícola capaz de reduzir a acidez do solo e fornecer nutrientes ao sistema solo planta em plantios homogêneos de eucalipto. Nesse sentido, foi instalado um experimento na Fazenda Cara Preta, em área pertencente à empresa Votorantim Celulose e Papel Florestal S.A., situada no Município de Luiz Antônio-SP, onde o solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico. O experimento estabelecido em outubro de 1996, constou de um delineamento experimental em blocos casualizados com 9 tratamentos, onde foram aplicadas doses crescentes da mistura dregs+grits em combinação com diferentes doses de adubação mineral convencional em plantios do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Os tratamentos foram avaliados por meio do estudo dos atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo, nas camadas superficiais e ao longo do perfil. Foram estudados também o crescimento das plantas em altura, diâmetro do caule e volume de madeira com casca, além do status nutricional das plantas pela análise química do tecido foliar. Os resultados obtidos mostraram que o uso de dregs e grits, nas doses de 4 e 8 Mg ha⁻¹, foram capazes de reduzir a acidez do solo, aumentando a mineralização da matéria orgânica e disponibilizando o enxofre nela contido. A alta concentração cálcio elevou seu

teor na solução do solo, favorecendo a lixiviação de Na no perfil. Os efeitos nos atributos físicos do solo foram pequenos e não diminuíram sua permeabilidade. As maiores produtividades em volume de madeira com casca foram alcançadas com a aplicação de 8,0 Mg ha⁻¹ da mistura dregs + grits e meia dose de adubação mineral, 4,0 Mg ha⁻¹ da mistura dregs + grits e adubação mineral completa e 8,0 Mg ha⁻¹ da mistura dregs + grits e adubação mineral completa. Os resultados obtidos neste estudo confirmam o potencial da mistura dregs+grits como insumo agrícola, capaz de corrigir a acidez do solo, revelando ser esta uma opção interessante para a disposição final desses resíduos, desde que levadas em consideração as características edafoclimáticas do local.

Palavras chave: Eucalipto, resíduos industriais, adubação, fertilidade do solo, nutrição mineral, dregs, grits.

2. SUMMARY

EFFECT OF DREGS AND GRITS ON THE ATTRIBUTES OF A TYPIC QUARTZIPSAMMENT AND ON EUCALYPTUS VOLUME PRODUCTION. Botucatu, 2006, 64p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO

Adviser: DR. IRAÊ AMARAL GUERRINI

Because of an ever growing production of cellulose and paper and the consequent increase in the generation of industrial waste, this study was established in order to consolidate information regarding the application of alkaline residues, such as dregs and grits, resulting from the cellulose bleaching process, as an agricultural input capable of reducing soil acidity and providing nutrients to the soil-plant system in homogeneous eucalyptus plantations. In this respect, an experiment was installed at the Cara Preta Farm, in an area that belongs to Votorantim Celulose e Papel Florestal S.A., located in the City of Luiz Antônio-SP, where the soil has been classified as a Typic Quartzipsamment. The experiment, established in October 1996, consisted of a random block experimental design with 9 treatments, in which increasing rates of the mixture dregs+grits were applied in combination with different rates of conventional mineral fertilization in plantations of the hybrid *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. The treatments were evaluated by studying the chemical, physical, and microbiological soil

attributes in the soil's upper layers and through the profile. We also studied plant growth in height, stem diameter, and volume of timber with bark, in addition to the nutritional status of plants by chemically analyzing the leaf tissue. The results obtained showed that the use of dregs and grits at rates of 4 and 8 mg ha⁻¹ were capable to reduce soil acidity, increasing organic matter mineralization and making the sulfur it contains available to plants. The high concentration of calcium increased its content in the soil solution, favoring Na leaching into the soil profile. The effects on soil physical attributes were small and did not decrease soil permeability. The highest productivities in volume of timber with bark were achieved with the application of 8.0 mg ha⁻¹ of the dregs + grits mixture plus one half the rate of mineral fertilization, 4.0 mg ha⁻¹ of the dregs + grits mixture plus full mineral fertilization, and 8.0 mg ha⁻¹ of the dregs + grits mixture plus full mineral fertilization. The results obtained in this study confirm the potential of the dregs+grits mixture as an agricultural input capable of correcting soil acidity, and prove it to be an interesting option for the final disposal of these residues, as long as local edaphic-climatic characteristics are taken into consideration.

Keywords: Eucalyptus, industrial waste, fertilization, soil fertility, mineral nutrition, dregs, grits.

3. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa uma posição de destaque no mercado internacional de papel e celulose situando-se na 11^a colocação na produção de papel e na 7^a de celulose de todos os tipos, sendo o maior produtor mundial de celulose de eucalipto, possuindo 1,03 milhões de hectares de eucalipto em florestas altamente competitivas (GARCIA, 2005). Segundo o mesmo autor, em 2004 o setor foi responsável por US\$ 2,9 bilhões no saldo da balança comercial brasileira, e representou 1,4% do Produto Interno Bruto. Dados apresentados por Garcia (2005) mostram que a produção de celulose e papel, em 2004, foi de 9,5 e 8,2 milhões de toneladas, respectivamente, significando aumentos de 4,8 e 3,6% em relação ao ano anterior.

De acordo com as projeções da Sociedade Brasileira de Silvicultura para o ano de 2020, espera-se um aumento de 72 % na necessidade mundial de madeira de *Eucalyptus* em relação ao consumo medido em 2003 (79,17 milhões de m³). Essas projeções, se confirmadas, implicam praticamente em dobrar a área plantada com *Eucalyptus* até 2020, acrescentando cerca de 3 milhões de hectares à base atual. Estimativas indicam uma clara tendência na qual a América Latina surge como a grande fonte supridora das necessidades crescentes de importações (SILVA, 2005).

A crescente demanda apresentada a este mercado gera para as empresas produtoras de celulose e papel o grande desafio de elevar sua produção e, simultaneamente, de solucionar o problema quanto à disposição final dos resíduos industriais gerados. De acordo com Nolasco et al. (2000), a geração específica média dos resíduos sólidos das

fábricas brasileiras de celulose e papel é de 151 kg t^{-1} (peso de resíduo por tonelada de celulose seca ao ar). Com base nessa informação, de acordo com a produção brasileira de celulose de 2004, a indústria gerou, naquele ano, em torno de 1,4 milhões de toneladas de resíduos, e um custo de US\$ 2,73 milhões com a destinação dos mesmos.

Na busca de soluções para a destinação desses resíduos, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas, procurando minimizar os impactos econômicos e ambientais de sua disposição final. Na produção de celulose e papel, alguns processos industriais geram resíduos que possuem em sua composição elementos químicos de interesse agrônomo, que os torna potencialmente recicláveis na forma de adubos ou condicionadores de solo.

Segundo Guerrini (2003), a solução mais viável para os resíduos produzidos pelas empresas florestais, em termos econômicos e ambientais, é a sua disposição em solos utilizados pelas próprias empresas para o plantio de suas florestas. O mesmo autor ressalta que o uso de resíduos industriais pode diminuir a aquisição de insumos como adubos e corretivos, reduzindo custos também com a sua disposição em aterros, além de melhorar os atributos mineral e físicos do solo, visto que grande parte das áreas ocupadas com eucalipto apresenta solos arenosos de baixa fertilidade e elevada acidez.

Este trabalho teve por objetivo estudar o uso dos resíduos alcalinos dregs e grits como insumo agrícola na cultura do eucalipto por meio de um ensaio de doses dos resíduos e de adubo mineral convencional (NPK + micronutrientes), avaliando-se seus efeitos nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, e no crescimento, nutrição e produção do eucalipto.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O processo Kraft é o mais empregado para a produção de polpa celulósica de eucalipto em todo o mundo (PINHO & CAHEN, 1981). Cerca de 80% da polpa é produzida utilizando este processo (PIOTTO, 2003).

Também conhecido como “sulfato” devido à reposição das perdas serem feitas com sulfato de sódio, o processo Kraft utiliza no cozimento os compostos químicos sulfeto e hidróxido de sódio como agentes químicos ativos, em pH alcalino (ajustado entre 13 e 14 no início do cozimento). Nesse processo, as fibras são separadas durante o cozimento por meio da dissolução da lignina e de parte das hemiceluloses no licor de cozimento (PIOTTO, 2003).

As indústrias de celulose que utilizam o processo Kraft apresentam os mesmos estágios de produção e geram sete tipos distintos de resíduos: lodos primário e secundário, rejeitos de madeira, lama de cal, dregs, grits, e cinza de forno (MORRIS & NUTTER, 1996).

Faz parte desse processo de produção de celulose o sistema de recuperação química, que visa a recuperação dos compostos químicos inorgânicos, queima dos compostos orgânicos para a geração de energia e, ainda, a recuperação de subprodutos orgânicos vendáveis (PIOTTO, 2003). Segundo a descrição do sistema por este autor, as principais unidades que compõe a recuperação química são: evaporação do licor negro, incineração do licor na caldeira de recuperação, caustificação e regeneração de cal.

De acordo com CPRH (1998), no processo de recuperação dos produtos químicos o licor negro é uma excelente fonte para recuperar o hidróxido de sódio e a energia armazenada, energia esta que supre em grande parte as necessidades de vapor da fábrica. A seguir, são apresentadas etapas determinantes na recuperação:

I. Concentração do licor negro: realizada em evaporadores de múltiplo efeito, e, no geral, a concentração de sólidos no licor passa de 15% para 55%. Os condensados são despejos industriais importantes. Concentração posterior é feita em evaporadores de contato indireto (ou direto para processos antigos), passando para 65-70% de sólidos. Nesta etapa, há formação e liberação de compostos reduzidos de enxofre (TRS).

II. Incineração do licor concentrado: feita na caldeira de recuperação, em que os gases de combustão são usados para geração de vapor, e o material fundido, constituído basicamente de carbonato de sódio e sulfeto de sódio, é dissolvido com o licor branco fraco da recaustificação formando o licor verde. O licor verde é clarificado, dando origem a impurezas sólidas que, após lavagem, se constituem nos resíduos sólidos chamados dregs. A caldeira de recuperação gera, ainda, material particulado, gases odoríferos, além de gases oxidados de enxofre e nitrogênio.

III. Caustificação do licor verde: constitui-se basicamente na reação de cal com o licor verde, formando o carbonato de sódio e o hidróxido de sódio. Um clarificador separa a lama contendo carbonato de cálcio do clarificado (hidróxido de sódio). A lavagem da lama acontece com água fresca, água dos condensadores da evaporação ou água de lavagem dos dregs, e se constitui no licor branco fraco. Os sólidos aqui retidos são chamados de grits. Formam-se também gases malcheirosos (TRS).

IV. Recuperação da cal: a lama de cal é adensada em filtros a vácuo e calcinada em forno de cal, transformando-se em óxido de cálcio, que retorna ao processo. O forno de cal é grande fonte de emanação de material particulado e compostos reduzidos de enxofre.

A Figura 1 ilustra o processo descrito e apresenta os momentos onde são gerados estes resíduos.

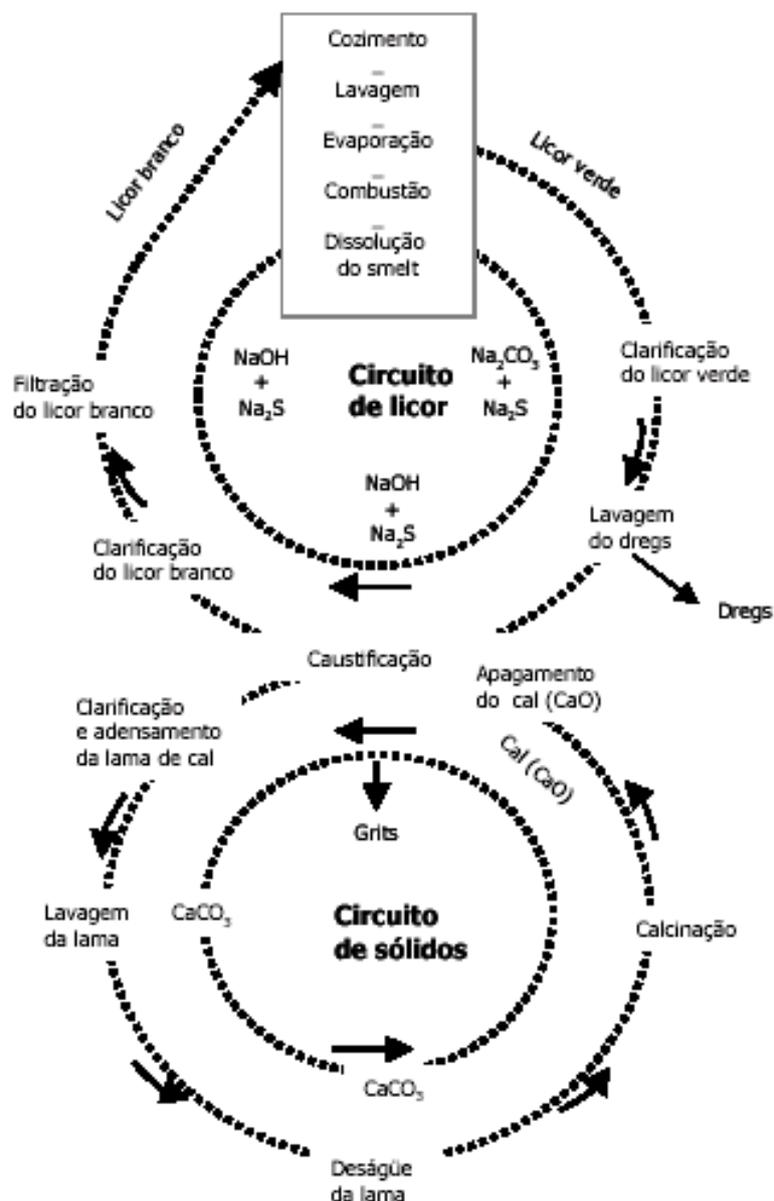


Figura 1. Representação esquemática do ciclo de licor e circuito de sólidos (Fonte: GRACE et al., 1989).

Segundo Morris & Nutter (1996), os sedimentos do licor verde ou dregs são constituídos principalmente de carbono elementar e carbonato de cálcio, e o grits formado no circuito cáustico de recuperação possui consideráveis teores de hidróxido de sódio e sódio cáustico dissolvidos.

Estes dois resíduos alcalinos sólidos, denominados dregs e grits, apresentam alto valor de neutralização (VN), granulometria desuniforme, altos teores de cálcio e sódio e teores relativamente baixos de magnésio, fósforo, potássio, e metais como Pb, Zn, Cu, Ni e Cd, e são geralmente descartados em aterros a céu aberto (PAJARA et al., 2003).

Na indústria, estes resíduos são coletados separadamente, porém na maioria das vezes são misturados para sua disposição final. Os dregs e os grits, por sua natureza cáustica, requerem disposição especial, normalmente em aterros especiais (CPRH, 1998).

Em alguns casos estes resíduos são comercializados, como na Riocell S.A. A quantidade produzida varia conforme a empresa. Por exemplo, a Riocell S.A. produzia, em média, 360 Mg mês⁻¹ (cerca de 27 Mg dia⁻¹) em 1994, enquanto que a Votorantim Celulose e Papel S.A. produz atualmente cerca de 40 Mg dia⁻¹ (GUERRINI, 2003).

A composição química desses materiais é muito semelhante e a análise química da mistura dregs+grits indica que pode ser utilizada como insumo agrícola capaz de corrigir a acidez do solo e fornecer alguns nutrientes para as plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química da mistura dregs+grits (base seca) na Votorantim Celulose e Papel S.A.

Variável	Quantidade	Variável	Quantidade
<i>Matéria Orgânica</i>	256 g/kg	<i>Sódio</i>	43,2 g/kg
<i>Nitrogênio</i>	0,5 g/kg	<i>Cobre</i>	82 mg/kg
<i>Fósforo (P₂O₅ total)</i>	4,2 g/kg	<i>Zinco</i>	220 mg/kg
<i>Potássio (K₂O)</i>	8,3 g/kg	<i>Níquel</i>	75 mg/kg
<i>Cálcio (CaO)</i>	327,8 g/kg	<i>Umidade</i>	52,1%
<i>Magnésio (MgO)</i>	19,4 g/kg	<i>pH</i>	12
<i>Manganês</i>	2,4 g/kg	<i>PRNT</i>	41,1%
<i>Ferro</i>	3,1 g/kg		

(Fonte: VALLE et al., 1995)

O Poder de Neutralização do grits é equivalente ao do CaCO₃, ao qual foi atribuído o valor de 100%, enquanto o do dregs está em torno de 72%, e o valor médio da mistura dregs+grits situa-se entre 82-83% (WALDEMAR e HERRERA, 1986). De acordo com resultados obtidos por esses autores, a granulometria dessa mistura afeta a velocidade

de neutralização da acidez do solo, assim como a eficiência de neutralização. A mistura foi capaz de reagir no solo, promovendo a neutralização da sua acidez, até na maior granulometria (3,36-2,00 mm), diferente do que normalmente é observado com o calcário, que se aplicado com esta granulometria, não promove reação. Este trabalho mostra que a mistura com granulometria abaixo de 0,25 mm proporciona uma eficiência corretiva de 91% ($\text{CaCO}_3=100\%$) após 9 dias da sua incorporação ao solo.

A utilização do dregs e do grits como fornecedores de nutrientes para as plantas tem sido mais estudada no âmbito empresarial, existindo poucos trabalhos publicados na área agrícola, como os de Tedesco e Zanotto (1978) e os citados por Waldemar e Herrera (1986), o mesmo acontecendo na área florestal. Num experimento conduzido na empresa Votorantim Celulose e Papel Ltda., Valle et al. (1995) aplicaram separadamente os produtos dregs e grits em *E. grandis* plantado em espaçamento 3,0 x 2,0 m, num solo arenoso, distribuídos a lanço e incorporados com grade, com o plantio realizado 30 dias após a incorporação. Os resultados mostraram, aos 4,2 anos de idade, um aumento na produção volumétrica do eucalipto em relação ao controle, embora não significativo estatisticamente. O dregs, aplicado isoladamente, apresentou resultados inferiores ao grits, provavelmente devido ao maior Poder de Neutralização desse último, enquanto que associado ao calcário passou a ser superior. Os estudos econômicos realizados, com dados projetados para o final da rotação (7 anos), indicaram que o melhor retorno será obtido com a aplicação de 2 Mg ha⁻¹ de dregs juntamente com 2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico.

Bergamin et al. (1994) apresentaram resultados de dois ensaios implantados na Riocell S.A., onde foram aplicados vários resíduos em conjunto. Num deles, foi estudado o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Acácia mearnsii* plantadas em sacos plásticos de 20 x 50 cm contendo diferentes misturas de areia, dregs + grits e lodo ativado compostado, sendo que todos os tratamentos, inclusive o controle, receberam 20g da fórmula 6-30-6 por recipiente. As maiores doses dos resíduos promoveram ganhos de 50% ou mais em relação às mudas com adubo mineral após 100 dias da aplicação dos tratamentos, além dos autores também terem observado que o aumento da dose dos resíduos elevou a capacidade de retenção de água pelo substrato e diminuiu a lixiviação do adubo mineral no recipiente.

Em outro ensaio, realizado sob condições de campo, Bergamin et al. (1994) utilizaram várias combinações e doses de dregs+grits, lodo ativado compostado, cinza de madeira e serragem, aplicados na cova na época dos plantios de *E. grandis* e *E. saligna*, em solos de baixa fertilidade. Apesar de alguns resultados discrepantes, observou-se um grande incremento na produção das duas espécies nos tratamentos que receberam os resíduos, principalmente na combinação dregs+grits+lodo ativado compostado.

Esses resultados evidenciam a importância da utilização do dregs e do grits como complemento na adubação florestal. Deve-se ressaltar que, como esses materiais apresentam um alto teor de umidade logo que saem da fábrica, há a necessidade de um período de armazenamento a campo para redução da sua umidade e dos custos com transporte, viabilizando-se, assim o seu uso (GUERRINI e VILLAS BOAS, 1996).

A taxa de aplicação desses resíduos ao solo pode ser limitada devido à presença de uma excessiva carga salina. A avaliação dessa característica e seus efeitos no solo ou nas culturas devem ser avaliada em função das condições edafoclimáticas, tais como pluviosidade, textura e permeabilidade do solo. Regiões áridas e/ou solos argilosos tendem a ter condições mais restritivas ao uso de resíduos salinos. Dentre os sais solúveis, nos resíduos é frequente a presença de sódio. Este íon provoca, através do deslocamento do Ca e Mg dos colóides do solo, a dispersão das argilas e conseqüente perda da condutividade hidráulica do solo. Admite-se que este efeito surge toda vez que o Na⁺ aparece em níveis iguais ou superiores a 15% do complexo sortivo do solo (GLÓRIA, 2006).

Em estudos sobre a capacidade de adsorção de sódio de alguns solos do Estado de São Paulo, Kinjo & Marcos (1982) observaram que o acúmulo de sódio trocável depende da concentração de cálcio na solução do solo. Nesses solos, a relação sódio-cálcio trocável aumenta linearmente com a elevação da razão sódio-cálcio da solução do solo ou vice-versa.

Em ensaio com a aplicação de fosfogesso ao solo, Kinjo et al. (1992) obtiveram que a elevação do teor de Ca diminui linearmente a relação sódio-cálcio trocável, comprovando que na presença de Ca o acúmulo de Na no solo é reduzido. Isso é devido ao íon sódio ser mais fracamente retido que o cálcio pelas cargas negativas dos colóides do solo, facilitando a remoção do sódio pela lixiviação (FASSBENDER, 1975).

Aplicado externamente, o cálcio diminui o estresse salino por meio de função desconhecida que preserva a seletividade K/Na e inibe sítios de absorção de potássio, o que pode reduzir o influxo de sódio mediado pelo componente de baixa afinidade de absorção de potássio (Melloni et al., 2000).

Sendo assim, o uso de resíduos com essas características deve ser feito com um acompanhamento periódico dos teores de elementos como o sódio, pois seu excesso no complexo sortivo pode provocar a dispersão de argila e diminuição da permeabilidade do solo. Dessa forma, fatores de ordem física podem afetar o desempenho das culturas nestes solos (BISSANI et al., 2004).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do Experimento

O experimento foi instalado no mês de outubro de 1996, num Neossolo Quartzarênico Álico ou Distrófico, Órtico típico, A fraco a moderado, textura areia (<10% de argila), relevo suavemente ondulado, localizado na Fazenda Cara Preta, na região de Luiz Antonio-SP, em área pertencente à empresa Votorantim Celulose e Papel Florestal S.A., Unidade Luiz Antônio-SP, que tem sido reflorestada continuamente com eucalipto.

As caracterizações química e granulométrica desse solo, na camada 0-20 cm de profundidade, segundo metodologias de Raij et al. (2001) e EMBRAPA (1997), respectivamente, estão apresentadas no Tabela 2.

O clima da região, com base nos dados da estação meteorológica da empresa localizada na Fazenda Cara Preta, é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen. A temperatura média entre 1993 e 2000 foi de 23° C, sendo uma área de ocorrência de geadas como a observada em junho de 2002. A região apresentou um déficit hídrico médio de cerca de 250 mm nos sete anos de avaliação.

Tabela 2. Análises química e granulométrica do Neossolo Quartzarênico.

Análise Química									
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	SB	H+Al	CTC	V
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻¹		----- mmol.c.dm ⁻³ -----					%
3,8	19	5	0,5	1,2	0,6	2,3	47	49	5
Análise Granulométrica									
AMG	AG	AM	AF	AMF	Areia	Argila	Silte		
----- g kg ⁻¹ -----									
Tr	60	390	380	130	950	40	10		

OBS: AMG=areia muito grossa; AG=areia grossa; AM=areia média; AF=areia fina; AMF=areia muito fina; Tr=traço.

5.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram estabelecidos pelas seguintes combinações de doses de resíduos e de adubo mineral:

1. DG0A0 - testemunha (absoluta);
2. DG0A1 - Metade da adubação mineral normal da empresa;
3. DG0A2 - Adubação mineral normal da empresa;
4. DG1A0 - Aplicação de 4,0 t ha⁻¹ de dregs+grits;
5. DG1A1 - Aplicação de 4,0 t ha⁻¹ de dregs+grits + adubação mineral (metade da dose normal);
6. DG1A2 - Aplicação de 4,0 t ha⁻¹ de dregs+grits + adubação mineral (dose normal);
7. DG2A0 - Aplicação de 8,0 t ha⁻¹ de dregs+grits;
8. DG2A1 - Aplicação de 8,0 t ha⁻¹ de dregs+grits + adubação mineral (metade da dose normal);
9. DG2A2 - Aplicação de 8,0 t ha⁻¹ de dregs+grits + adubação mineral (dose normal).

onde:

DG = dregs e grits e A = adubação mineral.

Os resíduos foram distribuídos manualmente em faixas de 50 cm de largura na linha de plantio. O adubo mineral, nas diferentes doses conforme o tratamento, foi aplicado de forma manual em filete contínuo sobre o resíduo e ambos foram

incorporados superficialmente (camada de 0-20 cm) através de implemento utilizado pela empresa para o cultivo mínimo do solo.

A adubação mineral normal da empresa empregada neste experimento constou de: plantio - 230 kg ha⁻¹ de NPK 06-28-06 + 10% FTE BR-12; aos 3 e 6 meses, 130 kg ha⁻¹ 10-05-20 + 0,5% Boro; após 12 meses, 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio + calagem (1300 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico); após 55 meses, 75 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio + 45,5 kg ha⁻¹ FTE BR-12.

Os resíduos dregs e grits são gerados separadamente na fábrica, porém são misturados para o descarte de forma a facilitar sua operacionalização. Sendo assim, optou-se por amostrar a mistura para realização da análise química desse material. Essa análise foi realizada no Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, de acordo com metodologia do Ministério da Agricultura (1988), onde foi determinado Nitrogênio total (N) pelo método Kjeldahl. Para a determinação dos outros nutrientes, foi realizada a extração nítrico-perclórica e, a partir do extrato obtido, fez-se a determinação do Fósforo total (P₂O₅) pelo método de colorimetria, Potássio total (K₂O) por fotometria de chama, Enxofre por colorimetria, e os nutrientes Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, Na foram determinados a partir do mesmo extrato pelo método de Espectrofotometria de Absorção Atômica. Para extração do boro, foi realizada incineração e a determinação pelo método de colorimetria da azometina H.

As características químicas da mistura dregs+grits usados no presente estudo estão apresentadas no Tabela 3. Os resultados da análise química da mistura mostram uma elevada concentração de Ca e Na, podendo ser este último elemento um fator limitante para o uso desses resíduos em solos agrícolas.

A Tabela 4 apresenta as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O aplicados ao solo nos diferentes tratamentos.

Tabela 3. Análise química de dregs+grits, utilizados no experimento.

Elemento	Teor (base seca - 110°C)
<i>N total, g kg⁻¹</i>	1,4
<i>P₂O₅ total, g kg⁻¹</i>	4,9
<i>K₂O total, g kg⁻¹</i>	10,0
<i>Matéria Orgânica (550°C), g kg⁻¹</i>	148
<i>Carbono total, g kg⁻¹</i>	83
<i>Cálcio total, g kg⁻¹</i>	210
<i>Magnésio total, g kg⁻¹</i>	10,5
<i>Enxofre total, g kg⁻¹</i>	4,3
<i>Zinco total, mg kg⁻¹</i>	336
<i>Manganês total, mg.kg⁻¹</i>	1942
<i>Cobre total, mg.kg⁻¹</i>	66
<i>Ferro total, g.kg⁻¹</i>	3,8
<i>Sódio total, g.kg⁻¹</i>	72
<i>Boro total, mg.kg⁻¹</i>	ND
<i>pH (CaCl₂ 0,01 M)</i>	12,7
<i>Relação C/N (C total e N total)</i>	60/1
<i>Resíduo mineral total</i>	85
<i>Umidade perdida a 65°C</i>	39,0%
<i>Umidade perdida entre 65°C e 110°C</i>	2,18 %

ND - não detectado

O experimento foi composto por 3 doses do resíduo dregs +grits (0, 4 e 8 Mg ha⁻¹) e 3 doses de adubo mineral (0, 50 e 100% da dose normal da empresa), num esquema fatorial 3x3, e distribuídos em blocos ao acaso, com 6 repetições para as análises de crescimento e 4 repetições para as análises de solo e planta, com o objetivo de redução de custos de análises. Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa "Statistical Analysis System V6.12 (SAS, 2001). A comparação de médias foi realizada pelo Teste de Tukey a 5%. Foram realizadas análises para os atributos físicos, químicos e biológicos que apresentaram interações significativas ou não entre as doses de resíduo e adubo.

Tabela 4. Quantidades totais de N, P₂O₅ e K₂O aplicados nos tratamentos via adubação.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg ha ⁻¹		
<i>DG0A0</i>	0	0	0
<i>DG0A1</i>	13,4	35,5	56,2
<i>DG0A2</i>	26,8	70,9	112,3
<i>DG1A0</i>	5,6	19,6	40,0
<i>DG1A1</i>	19,0	55,1	96,2
<i>DG1A2</i>	32,4	90,5	152,3
<i>DG2A0</i>	11,2	39,2	80,0
<i>DG2A1</i>	24,6	74,7	136,2
<i>DG2A2</i>	38,0	110,1	192,3

DG = dregs + grits; A = adubação

Cada parcela, de 576 m², foi constituída por 64 plantas, com bordadura dupla, restando 16 plantas úteis para coleta de dados, e com a área do experimento totalizando 3,56 ha. Foi usado nesse ensaio um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, plantado num espaçamento de 3,0 x 3,0 m.

5.3 Características da área e preparo do solo

Após o corte do plantio anterior, o preparo do solo foi realizado de acordo com o "cultivo mínimo do solo", sem queima dos restos vegetais. A galhada foi deixada sobre o solo e, através de um equipamento desenvolvido pela própria empresa, acoplado a um trator, a galhada foi cortada por um disco e, logo a seguir, no mesmo implemento, separada numa faixa de 50 cm na entrelinha (faixa de plantio) através de um rastelo, o qual também demarcou a linha de plantio e fez a incorporação, nessa linha, do adubo e resíduos aplicados.

O controle de ervas-daninhas durante a fase de implantação até cerca de 6 meses de idade foi realizado através de capinas manuais nas linhas e aplicação manual de herbicida à base de glifosate nas entrelinhas, enquanto que o controle de formigas foi realizado mais intensivamente no primeiro ano de crescimento e, depois, uma

vez por ano. Três dias após o plantio das mudas foi realizada uma irrigação em todo o ensaio.

5.4 Variáveis avaliadas

Antes da implantação do ensaio foram coletadas amostras compostas de solo para análises químicas e granulométricas (Tabela 2) e amostras de dregs e grits antes da aplicação (Tabela 3) para análises químicas, com o objetivo de se detectar, posteriormente, as alterações ocorridas no solo original decorrentes da aplicação dos adubos mineral e orgânico.

Após a instalação do experimento, foram realizadas medições de altura de plantas e diâmetro a altura do peito até os 5 anos de idade. As medições de altura das plantas foram feitas com régua graduada até os 24 meses de idade e, a partir daí, através de hipsômetro, enquanto que o diâmetro foi medido com suta.

As amostras de solo, em 4 blocos, foram coletadas com trado na camada 0-20 cm de profundidade, de tal forma que foram representativas de cada parcela. Para tanto, foram coletadas, então, 1 amostra composta por parcela, sendo que essa amostra composta foi formada por 9 amostras simples. Para as análises químicas, foram coletadas amostras aos 6 e 17 meses após o plantio, as quais foram analisadas de acordo com Raij et al. (2001). Para as análises físicas, como saturação em água a 0,03 e 0,06 atm, densidade de partículas, macro e microporosidade, e estabilidade de agregados, as amostras foram coletadas aos 6 meses após o plantio, e analisadas de acordo com metodologia da EMBRAPA (1997).

Com o objetivo de se monitorar a percolação dos elementos Ca, Mg e Na no perfil do solo, foi realizada uma amostragem, sem repetição, dos tratamentos aos 7 meses após a implantação do experimento, sendo analisados os atributos químicos nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 80-100 e 180-200 cm. Estas análises foram realizadas nos laboratórios da empresa Votorantim Celulose e Papel S.A., em Luiz Antônio-SP de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001).

De maneira a viabilizar a análise estatística dos resultados obtidos, optou-se por unir os tratamentos com a mesma dose de resíduo, independente da dosagem

de adubo comercial utilizada, pois o efeito dessa adubação nos teores de Ca, Mg e Na é muito reduzido quando comparado ao efeito do dregs e grits. Em função dos resultados obtidos foi analisado também o PST (Percentual de Sódio Trocável) que é obtido por meio da equação:

$$\text{PST(\%)} = \text{Na} / \text{CTC} \times 100$$

onde:

- Na = sódio trocável ou adsorvido, em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$;
- CTC = capacidade de troca de cátions do solo (Ca, Mg, Na, K, Al e H), em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e;

As amostras de solo para quantificação da biomassa microbiana foram coletadas com a mesma representatividade utilizada nas amostragens para análises químicas e físicas, ou seja, 1 amostra composta por parcela formada por 9 amostras simples, na camada 0-10 cm de profundidade, e analisadas pelo método de diluição em série, utilizando-se a “técnica do número mais provável”, de acordo com Johnson et al. (1959), sendo realizada aos 6 e 17 meses de idade.

Na amostragem de folhas, para análises de macro e micronutrientes, foi coletada 1 amostra composta por parcela, assim constituída: foram escolhidas 8 árvores representativas de cada parcela (baseado na altura), coletando-se folhas recém-maduras do terço superior da árvore nos 4 pontos cardeais. Todas as folhas das 8 árvores foram colocadas no mesmo saquinho, formando 1 amostra composta. As coletas foram realizadas aos 6 e 16 meses de idade e as análises químicas realizadas de acordo com Malavolta et al. (1997), sendo o nitrogênio (N total) determinado pelo método semi micro Kjeldahl. Para a determinação dos demais elementos, foi realizada extração nítrico-perclórica, sendo que a determinação do fósforo (P total) foi realizada pelo método de colorimetria do metavanadato, o enxofre por turbidimetria do sulfato de bário e os elementos como potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio foram determinados por Espectrometria de Absorção Atômica. Para extração do boro foi realizada incineração e a determinação pelo método de colorimetria da azometina H.

As amostras de solo e folhas foram acondicionadas em sacos plásticos e de papel, respectivamente, e as análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da FCA/UNESP, em Botucatu-SP, com exceção das amostras de solo para análises biológicas, as quais foram encaminhadas para o laboratório do Departamento de Produção Vegetal/Defesa Fitossanitária da FCA/UNESP.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas contendo os resumos das análises de variância, resultados do Teste de Tukey e dos desdobramentos dos parâmetros avaliados neste estudo, estão apresentadas no item anexos.

6.1 Efeitos no crescimento das plantas e na produção de madeira

O crescimento em altura do eucalipto passou a ser influenciado pelas adubações a partir do primeiro ano, onde os tratamentos que receberam algum tipo de adubação apresentaram altura superior aos que não receberam (Tabelas 5 a 9). A partir do quarto ano, os tratamentos apresentaram interação significativa, e a adubação mineral foi potencializada pela aplicação de 4 Mg ha⁻¹ de dregs e grits. Nos tratamentos em que foram aplicados 8 Mg ha⁻¹ dos resíduos, observou-se uma tendência de diminuição do crescimento em altura, à medida que se elevou a dose de adubação mineral.

Na primeira avaliação realizada do diâmetro a altura do peito (DAP), obteve-se uma interação significativa entre as adubações, sendo que a adubação mineral foi potencializada pela adubação com dregs e grits. Nas avaliações seguintes, realizadas no segundo, terceiro e quarto anos, não houve interação significativa entre as adubações, porém foi possível evidenciar o efeito positivo da aplicação de adubos químicos e de resíduos sobre os tratamentos sem adubação. No quinto e sexto anos, a interação entre

os tratamentos voltou a ser significativa, e o mesmo efeito sinérgico entre as adubações foi observado (Tabelas 10 a 14).

A terceira característica de desenvolvimento analisada, volume de madeira com casca, apresentou comportamento semelhante aos parâmetros de desenvolvimento discutidos anteriormente, por estar diretamente relacionada a eles.

Logo na primeira avaliação, realizada aos 1,5 anos, observou-se diferença significativa entre os tratamentos que receberam algum tipo de adubação e os que não receberam. O incremento ao longo das avaliações foi semelhante para ambas as adubações testadas (Tabelas 15 a 18), porém, nas avaliações realizadas no quinto e sexto anos, obteve-se uma tendência de maior incremento em volume nos tratamentos com dregs e grits em relação aos tratamentos com adubação mineral. A partir do quinto ano, os tratamentos passaram a apresentar interação significativa e o efeito observado mostra uma relação sinérgica entre as adubações, na qual, à medida que se elevaram as doses de adubo e de resíduos, obteve-se maior produção de madeira. De acordo com Bellote et al. (1998), o efeito sinérgico dos resíduos industriais e do adubo mineral é comumente observado na produtividade florestal. Aumentos na produção de madeira foram obtidos também por Andrade et al. (2003), que descreveram ganhos de 20 a 40% usando resíduos da indústria de celulose. Essas respostas positivas foram potencializadas com o uso de diferentes combinações de doses de P e de resíduos, chegando de 52 a 92% de incremento, sendo todas superiores à testemunha em volume cilíndrico de madeira aos 6 anos de idade (Andrade et al., 2003).

No sexto ano (Tabela 18), a aplicação de 4 ou 8 Mg ha⁻¹ de dregs e grits não apresentou diferença quando em combinação com adubação mineral completa. O maior volume de madeira com casca, obtida no tratamento com 4 Mg ha⁻¹ de dregs e grits e adubação mineral completa, representa uma produção de madeira 38% superior à obtida apenas com adubação mineral completa e 128% superior em relação à testemunha absoluta. De acordo com a análise estatística, a produção obtida com 4 Mg ha⁻¹ de dregs e grits e adubação mineral completa não apresentou diferença significativa quando comparada à essa dose de resíduo juntamente com metade da adubação mineral usada pela empresa, gerando-se dessa maneira, uma economia de 50% com a aquisição de adubos químicos. Entretanto, essa pequena diferença gera um incremento de 5,8% a mais de madeira.

De acordo com a Figura 2, observa-se que nas avaliações realizadas nos primeiros três anos as diferenças entre os tratamentos foram pequenas, porém significativas. A partir do quarto ano, essas diferenças tornaram-se mais evidentes, destacando-se os tratamentos onde foi aplicada a mistura dregs + grits.

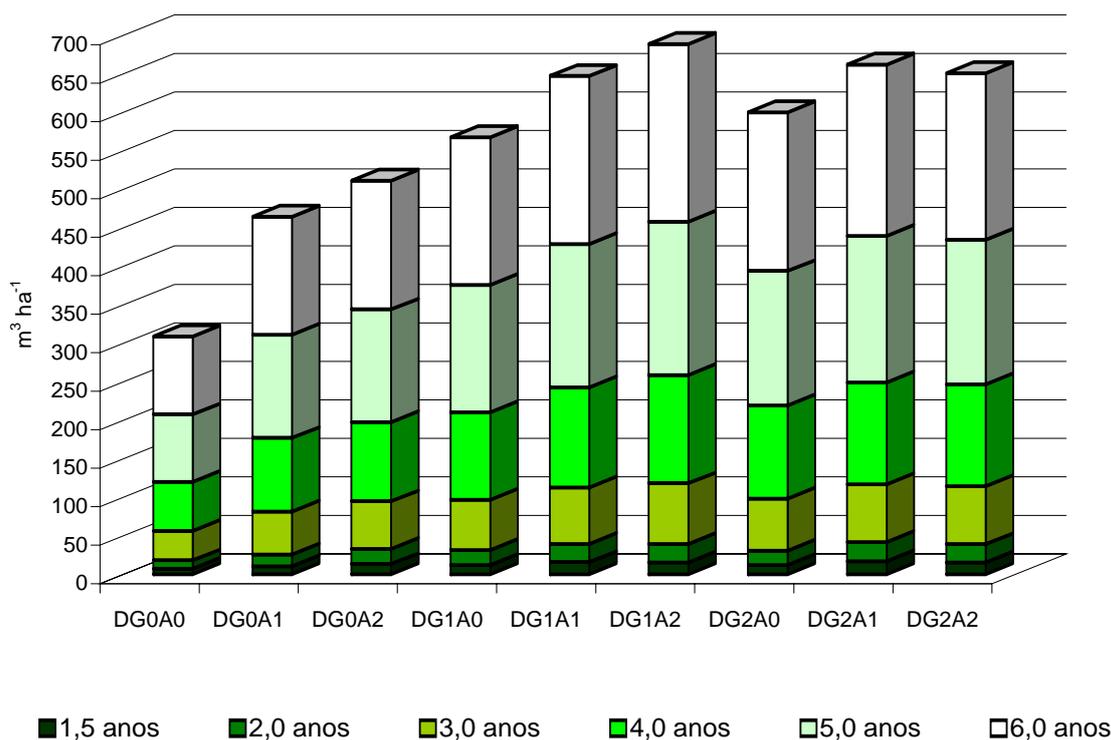


Figura 2. Volume cilíndrico de madeira de eucalipto com casca em função dos tratamentos e da idade.

6.2 Alterações nos atributos químicos do perfil do solo

A análise do efeito da aplicação de dregs e grits nos atributos químicos do solo mostra que devido à sua composição química, a aplicação desses resíduos promoveu elevação do pH no perfil do solo (Tabela 19), observando-se alterações significativas até nas camadas de 80-100 cm de profundidade, sendo que na maior dose de

resíduos este efeito foi mais pronunciado. Claramente, esta resposta está relacionada com a redução da acidez potencial (H+Al) (Tabela 20), que apresentou efeito contrário ao do pH, obtendo-se sua diminuição até nas camadas de 40-60 cm, em ambos os tratamentos (resíduos e adubação química). As doses de resíduos aplicados não promoveram efeito significativo na concentração de Al^{3+} do solo.

Os efeitos observados na acidez do solo, provocados pela adição desses resíduos, ocorreram devido à percolação dos compostos de Ca e Na, carbonatos e hidróxidos, foram evidenciados pela análise de suas concentrações no perfil do solo. Também a concentração de Mg sofreu elevação na camada superficial do solo, nas duas doses do resíduo, podendo esta alteração também ter influenciado na neutralização da acidez do solo, caso o Mg tenha sido adicionado na forma de carbonato (Tabelas 21 a 23).

Também o Na, por ter sido adicionado ao solo na forma de hidróxido, tem a capacidade de reduzir a acidez do solo pela precipitação de Al^{3+} na forma de hidróxidos e neutralização dos íons H^+ . Os efeitos obtidos na acidez do solo, provocados pela adição desses resíduos, também foram observados por Guerrini e Moro (1994), Guerrini et al. (1994), Bellote et al. (1998) e Nolasco et al. (2000).

O aumento na concentração de Ca foi significativo apenas na camada mais superficial do solo. Apesar de não significativo, este efeito também ocorreu nas camadas mais profundas, tendo seu valor aumentado em relação à testemunha, até a faixa de 80 a 100 cm de profundidade.

Devido ao seu baixo poder de fixação no solo, a concentração de Na foi significativamente aumentada até nas camadas de 180 a 200 cm. O deslocamento do sódio no perfil do solo foi potencializado devido ao alto teor de cálcio dos resíduos. Este efeito, também observado por Kinjo et al. (1992), comprova que o aumento da concentração de cálcio diminui o teor de sódio no solo através do processo de troca catiônica entre sódio e cálcio, como indicado pela série liotrópica onde o íon sódio é mais fracamente retido que o cálcio pelas cargas negativas dos colóides do solo, facilitando a sua lixiviação.

O aumento da PST foi observado até a camada de 180 a 200 cm nos tratamentos com resíduo, onde se obteve uma elevação de até 1,8 pontos percentuais em relação à testemunha (Tabela 24). Entretanto, apesar da alta quantidade de sódio aplicada

via adubação com dregs e grits, a porcentagem de sódio trocável (PST) segundo classificação da EMBRAPA (1988) é considerada normal em todos os tratamentos (PST < 8), sendo que na condição mais crítica obteve-se um valor de 8,2% nas camadas de 20 a 60 cm no solo com a maior dose do resíduo, o que o classifica como solódico (PST = 8 - 20), ainda sim uma concentração de Na muito próxima da normalidade.

Além dessas informações, o resultado dessa análise evidencia o potencial de contaminação do lençol freático por sódio, em solos arenosos ou pouco profundos como relatado por Johnson e Ryder (1988). Solos arenosos proporcionam taxas mais altas de infiltração e menor capacidade de tamponamento aos íons incorporados, sendo por estas razões, os que mais riscos proporcionam à qualidade das águas subterrâneas (REZENDE et al., 2006). Por esse motivo, o uso desses resíduos deve ser acompanhado por precedido de um monitoramento periódico dos teores desse elemento no solo, como sugerido por Guerrini e Villas Bôas (1996).

6.3 Efeitos nos atributos químicos na camada superficial do solo

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 25 a 35, observa-se que o aumento da dose de dregs e grits promoveu uma significativa elevação no pH do solo aos seis meses de idade. Essa elevação de pH manteve-se na avaliação realizada aos 17 meses de idade, onde não se observou nenhum efeito significativo da calagem realizada aos 12 meses. O aumento do pH está relacionado com a diminuição da acidez potencial proporcionada pelo aumento da dose de dregs e grits. Esse efeito, já esperado, ocorreu devido ao alto teor de Ca e Na, que ligados a uma base neutralizante conferem ao resíduo poder de redução da acidez do solo (NOLASCO et al., 2000). A alta correlação entre a concentração de Ca e o pH do solo, apresentada na Figura 3, mostra que à medida que se eleva o teor de Ca no solo ocorre diminuição da acidez nesse solo, evidenciando a presença de bases neutralizantes ligadas ao nutriente.

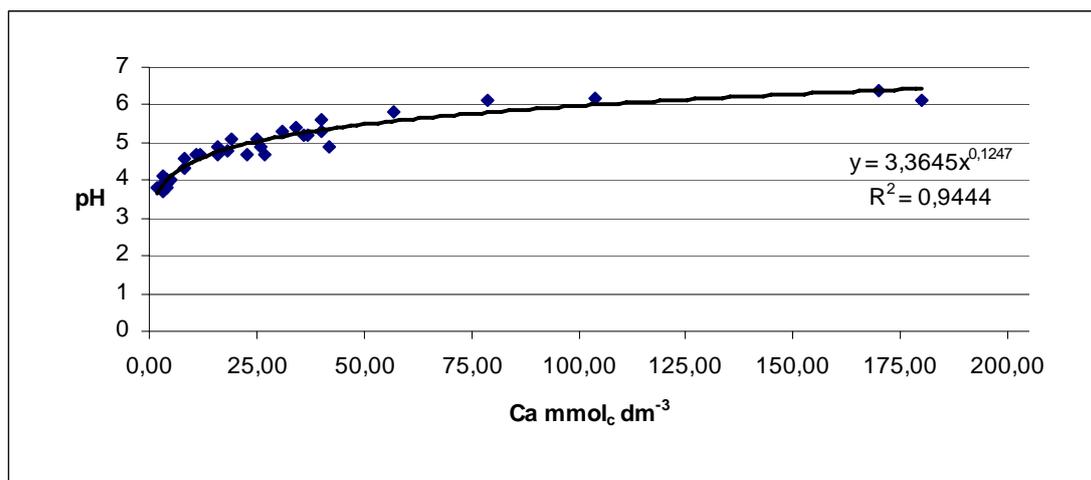


Figura 3. Correlação entre pH x Ca do solo dos tratamentos.

Em relação à testemunha, houve uma diminuição no teor de matéria orgânica no solo com a aplicação dos tratamentos, apresentando interação significativa entre doses de dregs e grits e de adubo aos 6 e aos 17 meses de idade. O mesmo comportamento foi observado aos 17 meses de idade, onde se pôde notar uma diminuição na quantidade de matéria orgânica do solo em todos os tratamentos. Esse fato, também observado por Guerrini (2003), pode ser atribuído à decomposição da matéria orgânica remanescente da floresta anterior à implantação desse ensaio, influenciada pelo aumento do pH do solo.

A interação observada entre os tratamentos, nas duas épocas de amostragem, mostra que o teor de P no solo foi enriquecido pelas adições de adubo mineral. Os baixos teores de P₂O₅ dos resíduos não foram capazes de elevar a concentração desse nutriente no solo.

O K, Ca e Mg apresentaram comportamentos semelhantes na avaliação realizada aos seis meses, sendo que seus teores no solo foram aumentados à medida que se elevou a dose de dregs e grits. A adubação mineral não promoveu efeito significativo no teor desses nutrientes no solo, mesmo após a adubação potássica realizada aos 15 meses. Aos 17 meses, os teores de K não apresentaram diferença significativa também entre os tratamentos com dregs e grits. Nessa avaliação, os teores de Ca foram maiores nos tratamentos com dregs e grits e menores nos tratamentos com adubação mineral. Em geral, houve diminuição dos teores de K e Ca na segunda avaliação,

evidenciando que as adubações posteriores à primeira avaliação não foram suficientes para manter o nível desses nutrientes no solo. O teor de Mg também foi superior no tratamento com maior dose de dregs e grits aos 17 meses. Conseqüentemente, aumentando-se os teores de K, Ca e Mg nos solos, com a aplicação de dregs e grits, promoveu-se um incremento nos valores de soma por bases (SB) e saturação por bases (V%).

As aplicações de dregs e grits e adubação mineral não influenciaram significativamente os teores de micronutrientes no solo. Apenas o tratamento com menor dose de dregs e grits apresentou teor de Fe significativamente superior aos 6 e 17 meses de idade. Os teores de B no solo apresentaram uma redução da primeira para a segunda avaliação em todos os tratamentos, sendo que esta diferença foi significativa entre as doses de adubo mineral. O teor de B no solo foi aumentado com elevação da dose de adubo mineral aplicado ao solo.

A aplicação dos resíduos levaram ao solo 288 e 576 kg ha⁻¹ de Na, por meio dos tratamentos de 4 e 8 Mg ha⁻¹ de dregs e grits, respectivamente. Sendo assim, a aplicação da maior dose dos resíduos levou ao campo 176 kg ha⁻¹ a mais que os 400 kg ha⁻¹ de Na aplicado via adubação com resíduos em solos arenosos tolerados pela CETESB.

Além disso, considerando o efeito de concentração obtido pela aplicação dos resíduos em faixas de 50 cm, é possível explicar o efeito fitotóxico observado por volta do terceiro e quarto mês após a instalação do experimento, onde as plantas dos tratamentos com resíduo, independente da dose usada, apresentaram queima das folhas. Utilizando-se o mesmo raciocínio, a quantidade de Ca aplicada ao solo via adubação com resíduos adicionou ao sistema 840 e 1680 kg ha⁻¹ do nutriente. Devido ao comportamento desses nutrientes no solo, como explicado anteriormente, a quantidade de cálcio adicionada, possivelmente, reduziu os efeitos do sódio, permitindo a obtenção de bons resultados no desenvolvimento das plantas até na maior dose do resíduo.

6.4 Efeitos nos atributos físicos do solo

Corroborando com resultados obtidos por Pajara et al. (2003), a análise dos atributos físicos do solo mostra que a estabilidade de agregados pouco sofreu

com a aplicação de dregs e grits (Tabelas 36 a 42). Nota-se que apenas na menor fração (<0,05 mm) os tratamentos com dregs e grits promoveram uma redução significativa no percentual dessa classe de partículas. Apesar da redução na quantidade de partículas de menor tamanho, não é possível afirmar que os tratamentos aplicados promoveram agregação do solo, pois não foi notada nenhuma influência nos percentuais das frações de maior tamanho. Esses resultados mostram que, apesar de altas, as quantidades de sódio adicionadas não foram suficientes para afetar a estabilidade dos agregados, possivelmente devido ao efeito do cálcio, que promoveu a lixiviação do sódio das camadas mais superficiais. Além disso, o solo em questão possui baixos teores de argila, o que pode dificultar a observação desse efeito. O efeito do sódio nesse atributo físico do solo era esperado, pois sendo o sódio um elemento monovalente e com grande raio hidratado, quando adicionado ao solo em grandes quantidades é capaz de dispersar a argila, promovendo uma desestabilização dos agregados. Resultados semelhantes foram obtidos por Albuquerque et al. (2002) em estudo do efeito da aplicação de resíduos alcalinos da indústria de celulose e papel em um Latossolo Bruno e um Cambissolo Húmico.

Os pequenos efeitos observados na estabilidade de agregados são comprovados pelo resultado da análise dos demais resultados dos atributos físicos do solo (densidade do solo, capacidade de retenção de água e porosidade), onde as diferenças entre os tratamentos não foram significativas e as interações entre estes, quando significativas, não apresentaram uma tendência clara de comportamento, impossibilitando qualquer conclusão sobre o efeito desses resíduos nesses atributos físicos.

De maneira geral, o teor de sódio nos resíduos promoveu efeitos inferiores ao esperado nos atributos físicos do solo, pois, de acordo com Raij (1991), a alta concentração de sódio pode provocar a dispersão de argila e, conseqüentemente, promover alterações severas na densidade e porosidade do solo, prejudicando assim sua capacidade de retenção de água.

Provavelmente, a presença de cálcio em grande quantidade nos resíduos tenha reduzido o efeito do sódio nesses atributos do solo. Segundo Jonhson e Ryder (1988), para se prevenir o risco de predominância de sódio no solo, deve-se compensar a aplicação de resíduos que contenham alto teor desse elemento com a aplicação de cálcio e magnésio que, aliados a altos índices pluviométricos, podem promover a

lixiviação do sódio e o restabelecimento do balanço de cátions e conseqüentemente, nenhuma redução na permeabilidade do solo deve ser observada. Este efeito também foi obtido por Rezende et al. (2006) em estudo da percolação de sódio em colunas de solo, irrigados com efluente de fábrica de celulose, rico em sódio. Esses autores observaram que a fácil drenagem de um Neossolo Quartzarênico possibilitou que os efeitos severos de salinização e de redução na permeabilidade pudessem ser evitados, em decorrência da aplicação do efluente.

6.5 Efeitos nos atributos biológicos do solo

Os resultados da análise microbiológica do solo (Tabelas 43 a 45) mostram que, aos 6 meses após o plantio, as adubações com dregs e grits e química apresentaram uma interação significativa. Na análise do desdobramento, observa-se que na ausência da adubação mineral a aplicação dos resíduos proporcionou redução da atividade microbiana.

Na segunda avaliação, realizada aos 17 meses, não mais se observou essa interação e apenas os tratamentos com os resíduos apresentaram diferença significativa, sendo a maior atividade microbiológica observada no solo com maior dose de resíduos.

Portanto, observa-se que, inicialmente, a aplicação de dregs e grits reduziram a atividade microbiana do solo, talvez pelo excesso de sódio presente nesses materiais. Com o passar do tempo, com a redução do sódio devido à sua lixiviação para camadas mais profundas, o efeito desses resíduos torna-se positivo, aumentando a atividade microbiana do solo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bellote et al. (1998) que, aplicando cinza de caldeira e resíduo da indústria de celulose (lodo ativado decomposto) ao solo, aumentaram em até 3 vezes a velocidade de decomposição da serrapilheira, devido ao aumento da atividade microbiana. Guerrini et al. (1994) também obtiveram grande aumento da biomassa microbiana em solos tratados com resíduo da indústria de celulose (lodo

ativado decomposto), cinza de caldeira e adubação com NPK, em relação aos tratamentos testemunha e apenas com NPK.

6.6 Efeito na concentração de nutrientes e sódio nos tecidos vegetais

Os resultados da adubação na concentração de nutrientes e sódio nos tecidos vegetais estão apresentados nas Tabelas de 46 a 54.

A adubação com dregs e grits, independente da dose, proporcionou uma elevação significativa no teor foliar de N, comparados à não aplicação desses resíduos. Esse comportamento foi observado nas duas avaliações (Tabelas 46 a 54).

Analisando os fatores isoladamente, nota-se que a adubação mineral, apesar de adicionar maiores quantidades de N ao solo, não foi capaz de promover diferenças significativas na concentração de N foliar. Sendo assim, a maior concentração de N observada nas plantas dos tratamentos com dregs e grits deve estar associada à elevação do pH observada nesses tratamentos, o que proporcionou uma maior mineralização da matéria orgânica, portanto maior concentração do NO_3 no solo, forma preferencial de absorção de nitrogênio pelas plantas.

Aos 6 meses de idade, o teor de P nas plantas não apresentou diferença entre os tratamentos, mas aos 16 meses o teor de P foliar se elevou em todos os tratamentos. A aplicação de dregs e grits promoveu incremento significativamente superior de P nas folhas, em relação ao tratamento que não recebeu os resíduos.

Aos 6 meses, os teores foliares de K apresentaram interação significativa das adubações química e com os resíduos. Independente da dose, na ausência da adubação mineral as plantas dos tratamentos com resíduos apresentaram teores foliares de K significativamente maiores e, na ausência dos resíduos, o aumento na dose de adubo mineral promoveu significativo aumento do teor foliar de K. Este comportamento provavelmente está associado ao alto teor de Ca e Na dos resíduos, pois a elevação da concentração de cálcio na solução do solo diminui a absorção de potássio pela planta, e o sódio, além de competir pelo mesmo sítio ativo de absorção que o potássio (Watab et al., 1991), inibe o sistema enzimático ativado por este quando já se encontra dentro da planta.

Os teores foliares de Ca não apresentaram diferenças entre os tratamentos, nas duas épocas de avaliação. No entanto, observou-se uma elevação na quantidade de Ca nas plantas aos 16 meses de idade, provavelmente proporcionada pela calagem realizada aos 12 meses.

O teor de Mg nas plantas foi significativamente superior no tratamento que não recebeu qualquer adubação. Aos 6 meses de idade, a interação entre as adubações foi significativa, sendo que aumentos das doses de resíduos diminuíram os teores foliares de Mg. Além do baixo teor desse nutriente nos resíduos, é possível que o aumento da concentração de cálcio na solução do solo tenha prejudicado a absorção do magnésio. Esse efeito também foi observado por Guerrini (2003) em eucalipto adubado com compostos orgânicos de indústria de celulose e papel e por Polglase (2000) em pinus fertirrigado com efluentes domésticos. Na segunda avaliação, os teores foliares de Mg aumentaram; porém, a diferença permaneceu significativa entre os tratamentos, sendo que na maior dose de adubo mineral essa diferença foi menor.

Na avaliação realizada aos 6 meses, as adubações apresentaram interação significativa para a concentração foliar de S, na qual foi possível observar que tanto a aplicação de adubo mineral quanto de resíduos elevou a absorção de S nas plantas. Este comportamento está associado ao incremento de S via adubação com NPK, cujas fontes contenham o nutriente, como no caso o superfosfato simples. Também, a elevação do pH, proporcionada pelos resíduos, aumentou a mineralização do enxofre retido na matéria orgânica, elevando sua disponibilidade para as plantas (BISSANI et al., 2004).

Reunidos por Silveira et al. (2000), diversos autores estabeleceram faixas de teores foliares de nutrientes considerados adequados para o desenvolvimento do eucalipto. Dentre esses, Gonçalves (1995) apresenta valores médios para espécies de *Eucalyptus* mais plantadas no Brasil e, de acordo com os níveis estabelecidos, apenas os teores foliares de N e P foram adequados nas duas avaliações realizadas (teores considerados adequados $N = 13,5-18,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $P = 0,9-1,3 \text{ g kg}^{-1}$). Somente a adubação mineral foi capaz de suprir a demanda de K pela planta, sendo que na primeira avaliação as plantas que receberam a maior dose de adubo mineral foram as que atingiram o nível de K foliar adequado ($K = 9,0-18,0 \text{ g kg}^{-1}$). Aos 16 meses, foi possível atingir esses níveis nas duas doses de adubação mineral, provavelmente pelo fato desses tratamentos terem

recebido uma adubação potássica de cobertura aos 12 meses. O teor de Ca, que era baixo na primeira amostragem, tornou-se adequado na segunda avaliação (Ca = 6,0-10,0 g kg⁻¹), provavelmente devido à calagem realizada também aos 12 meses. O fornecimento de Mg foi capaz de elevar os teores foliares desse nutriente, embora esse aumento não tenha sido suficiente para atingir os níveis considerados adequados de Mg em plantas adultas de eucalipto (Mg = 3,5-5,0 g kg⁻¹) em nenhum dos tratamentos aplicados. A quantidade de S fornecida foi suficiente para atender a demanda das plantas apenas na primeira avaliação, na qual somente o tratamento sem aplicação de dregs e grits apresentou teores foliares de S inadequados (abaixo de 1,5-2,0 g kg⁻¹). Aos 16 meses houve uma redução nos teores foliares de S, em todos os tratamentos, os quais passaram a ser inadequados.

Aumentos nas doses de dregs e grits promoveram diminuição na absorção de B. Essa redução também foi observada na maior dose de adubo mineral aos 6 meses de idade. Aos 16 meses, o mesmo comportamento foi observado para a adubação com os resíduos, e os tratamentos com adubação mineral não mais apresentaram diferenças entre si. De acordo com Bissani et al. (2004), a elevação do pH aumenta a adsorção de B, diminuindo sua concentração na solução do solo. Apesar da quantidade desse nutriente apresentar-se média e baixa no solo (RAIJ et al., 1996), nas avaliações realizadas aos 6 e 17 meses, respectivamente, os teores foliares de B apresentaram-se adequados (30-40 mg kg⁻¹) nas duas avaliações realizadas, segundo Gonçalves e Valeri (2001).

A absorção de Cu foi menor na maior dose de dregs e grits aos 6 meses. Aparentemente, a adubação mineral não promoveu nenhum efeito na absorção deste elemento. Aos 16 meses, nota-se um aumento nos teores foliares de Cu em todos os tratamentos, sendo não significativas as diferenças apresentadas. Os teores de Cu nos tecidos foliares foram superiores a 4-7 mg kg⁻¹, faixa de valores considerada adequada por Gonçalves e Valeri (2001).

Os teores de Fe sofreram uma diminuição entre as avaliações; esta variação foi homogênea em todos os tratamentos, os quais não apresentaram diferenças significativas em nenhuma das avaliações. Mesmo com a alta concentração de Fe no solo, as plantas não foram capazes de manter elevada a concentração desse nutriente nos tecidos foliares. Apesar disso, os teores foliares apresentados nas duas avaliações foram adequados

(entre 50-150 mg kg⁻¹ de Fe). Possivelmente este efeito esteja associado à alteração da reação do solo, onde o aumento de pH reduziu a disponibilidade de Fe.

A absorção de Mn foi negativamente afetada pela adubação com dregs e grits, embora os níveis desse elemento nas plantas apresentaram-se adequados nas duas avaliações realizadas (Mn = 100-500 mg kg⁻¹). Esse efeito foi evidenciado pelo alto teor foliar apresentado pelo tratamento que não recebeu a aplicação de resíduo. Provavelmente, a elevação do pH do solo nesses tratamentos afetou a absorção desse nutriente, sendo este um dos principais fatores que controlam a disponibilidade de Mn para plantas (BORKERT et al., 2001). Assim como para o B, elevações no pH aumentam sua adsorção, diminuindo sua concentração na solução do solo (BISSANI et al., 2004). A adubação mineral não promoveu efeito na absorção de Mn. Esses comportamentos foram observados nas duas avaliações realizadas.

A adubação com dregs e grits promoveu efeito negativo também na absorção de Zn. Esse efeito foi potencializado pela interação com a menor dose da adubação mineral, na avaliação realizada aos 6 meses. Aos 16 meses, todos os tratamentos apresentaram uma redução no teor foliar de Zn. Nessa amostragem, os valores apresentaram-se inferiores à faixa considerada adequada (15-35 mg kg⁻¹ de Zn) e as diferenças entre os tratamentos não foram significativas. De acordo com Abreu et al. (2001), a absorção de Zn é afetada principalmente por alterações no pH do solo, onde o decréscimo na concentração de Zn, na solução do solo, ocorre devido ao aumento da adsorção desse nutriente pelos constituintes da fase sólida. Outro fator de controle da disponibilidade de Zn é sua interação com P, pois a elevação dos teores de P no solo tendem a aumentar a adsorção de zinco.

A alta quantidade de Na no dregs e grits promoveu elevadas taxas de absorção desse elemento pelas plantas. Na avaliação realizada aos 6 meses, esse efeito sofreu interação significativa com a adubação mineral, sendo que na presença do adubo mineral a absorção de Na foi reduzida na maior dose de dregs e grits. É possível que esse efeito esteja relacionado com a competição com o K pelo mesmo sítio ativo de absorção. Mesmo apresentando essa redução, os teores foliares de Na nos tratamentos que receberam adubação com os resíduos apresentaram-se na faixa considerada fitotóxica por Ayers e Westcot (1991). Segundo esses autores, para espécies florestais, o nível tóxico de Na nas

folhas encontra-se acima de 2500-5000 mg kg⁻¹, dependendo da espécie. O efeito fitotóxico decorrente da alta concentração de Na foi observado por volta do terceiro e quarto meses após a instalação do experimento, quando as plantas dos tratamentos com dregs e grits apresentaram queima das folhas. A análise química do tecido vegetal do tratamento DG2A0 apresentou uma concentração de 3150 mg kg⁻¹, muito superior aos 543 mg kg⁻¹ do tratamento DG0A2. Apesar disso, não houve morte das plantas; porém, é um indicativo de que as doses de dregs e grits usadas foram muito altas. Na segunda avaliação, as maiores concentrações de Na foliares foram nos tratamentos com dregs e grits, porém, sem diferença entre as doses de resíduo. Nessa amostragem, houve uma pronunciada redução nos teores foliares desse nutriente, que está associada à lixiviação de Na no perfil do solo, como observado por Guerrini (2003) e por Queiroz et al. (1997).

7. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, é possível concluir que os resíduos dregs e grits possuem alto poder de neutralização da acidez do solo. A elevação do pH do solo proporcionou o aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, (N e S) e a redução de outros (micronutrientes).

Os efeitos desses resíduos nos atributos físicos do solo não ficaram evidentes durante o período de amostragem.

Devido ao alto teor de sódio e cálcio na composição do dregs e grits, a sua aplicação em solos arenosos pode causar contaminação das águas subterrâneas pela lixiviação de sódio no perfil.

A atividade microbiana do solo diminuiu inicialmente com o uso de dregs e grits, mas aumentou significativamente após 17 meses a sua aplicação.

As doses de resíduos usadas nesse ensaio foram elevadas e causaram fitotoxidez nas folhas de eucalipto na fase inicial de seu desenvolvimento. No entanto, as maiores produtividades em volume de madeira com casca foram alcançadas com a aplicação da mistura dregs e grits em combinação com a adubação mineral.

Quando aplicados na faixa de planto do eucalipto, recomenda-se que as doses de dregs e grits não ultrapassem 4 t ha^{-1} .

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A.; FERREIRA, M.E.; BORKET, C.M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: Zinco e Cobre. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A.. (eds) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.125-150.

ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTO, J.; FONTANA, E.C.; COSTA, F.S.; RECH, T.D. Propriedades físicas e químicas de solos incubados com resíduos alcalino da indústria de celulose. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.26, p.1065-1073, 2002.

ANDRADE, G.C.; SILVA, H.D.; BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Efeito da adubação fosfatada e da aplicação de resíduo de celulose no crescimento do *Eucalyptus dunnii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.47, p.43-54, 2003.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1)

BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G.C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37. p.99-106, 1998.

BERGAMIN, F.N.; ZINI, C.A.; GONZAGA, J.V.; BORTOLAS, E. Resíduo de fábrica de celulose e papel: lixo ou produto? In: GUERRINI, I.A.; BELLOTE, A.F.J.; BULL, L.T. (eds.). **Seminário Sobre Uso de Resíduos Industriais e Urbanos em Florestas**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, 1994. p.97-120.

BISSANI, C.A.; GIASSON, E.; CAMARGO, F.A.O. Solos afetados por sais In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO F.A.O. ed. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, p.265-275, 2004.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculante**, Métodos oficiais. 1988. 110 p.

BORKET, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA, O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A.. (eds) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.151-185.

CPRH (COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE) **Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de papel e Celulose**. Recife, 1998. 95p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Crêterios para distinção de classes de solos e defases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1988.

FASSBENDER, H.W. **Quimica de suelos**. Turrialba, IICA, 1975. 398p.

GARCIA, M.F. Setor confirma sua competitividade e cresce com solidez. In: **Guia de compras celulose e papel - Edição 2005**, 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP, 2005. 202p.

GLÓRIA, N. A. **Uso agrônômico de resíduos**. XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS 2002. Apresenta artigo completo sobre uso de resíduos na agricultura. Disponível em:

<<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Nadir-Uso%20agron.%20Residuos-04.pdf>> .Acesso em: 31 de maio de 2006.

GONÇALVES, J.L.M.; VALERI, S.V. Eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A.. (eds) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.393-424.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da mata atlântica. Piracicaba, **Documentos Florestais**, n.15, p.1-23, 1995.

GRACE, T.M.; MALCON, E.W. Pulp and Paper Manufacture – Alkaline Pulping. **Canadian Pulp & Paper Association**. Toronto. Canadá. 1989.

GUERRINI, I.A. **Uso de resíduos industriais de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto**. Botucatu, 2003. Tese (Livre Docência) – faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GUERRINI, I.A.; VILLAS BÔAS, R.L. Uso de resíduos industriais em florestas. In: ALOISI, R.R.; TORRADO, P.V. (coords.) CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 36p. (CD-ROM).

GUERRINI, I.A.; MORO, L. Influência da aplicação de resíduos industriais de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto: Efeito no solo e na planta. In: GUERRINI, I.A.; BELLOTE, A.F.J.; BULL, L.T. (eds.). SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, 1994. p. 189-215.

GUERRINI, I.A.; VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; EIRA, A.F.; PENATTI, A.; TOLEDO, C.M.; MATSUMOTO, K.; MACHADO, R.W.; MELLO, S.L.M. Influência do resíduo celulósico e cinza provenientes de fábrica de celulose e papel sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, em condições de vaso. **Científica**, São Paulo, v.22, n.1, p.43-51, 1994.

JOHNSON, B., RYDER, I. The disposal of pulp and papper mill effluents by spray irrigation onto farmland. In: **Alterantive Waste Treatment Systems**, Bhamidimarri. 1988, p.55-65.

JOHNSON, L.F.; CURL, E.A.; BOND, J.H. et al. **Methods for studying soil microflora – plant disease relationships**. Minneapolis: Borges, 1959.178p.

KINJO, T.; MARCOS, Z.Z. Adsorção de sódio em alguns solos do Estado de São Paulo II. Equilíbrio de troca catiônica entre sódio e cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.6, p.78-82, 1982.

KINJO, T.; SILVEIRA, R.J.; MARCOS, Z.Z.; ABRAHÃO, I.O. Efeito da aplicação de efluente da fábrica de celulose junto com fosfógeno na correção da acidez do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, n.49, p.129-135, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201p.

MELLONI, R., SILVA, F.A.M., CARVALHO, J.G. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) **Cerne**, v.6, n.2, p.035-040, 2000.

MORRIS, L.A.; NUTTER, W.L. *Pinus taeda* seedling growth following application of ash and sludge residues from Kraft pulp mills: glasshouse and first year field trial. In . POLGLASE, P.J.; TUNNIGLEY (eds.). 14 LAND TREATMENT COLECTIVE MEETING - LAND APPLICATION OF WASTES IN AUSTRALIA AND NEW ZEALAND RESEARCH AND PRATICE **Proceedings**. Camberra: 1994, p. 56-66.

NOLASCO, A.D.; GUERRINI,I.A.; BENEDETTI,V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores de solo em plantios florestais. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V.(eds) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.385-414.

PINHO, M.R.R. & CAHEN, R. Polpação química. In: D'ALMEIDA, M.L.O. (Coord.), **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**, São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981 v.1. p. 165-315.

PIOTTO, Z.C. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel - Estudo de Caso**. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PAJARA, F.F.D.; TEIXEIRA, J.R.; BISSANI, A.; GIANELLO, C. Utilização de resíduos sólidos alcalinos de indústrias de celulose na correção da acidez do solo- II aspectos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD Rom.

POLGLASE, P.J. Issues of waste application in forests: other nutrients. In: HENRY, C. L.; HARRISON, R.B.; BASTIAN, R.K. (eds.) **The forest alternative: Principles and practice of residuals use**. Seattle: College of Forest Resources, University of Washington, 2000. p.57-61.

QUEIROZ, J.E.; GONÇALVES, A.C.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campo Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. p.69-111.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H; ABREU, C.A. Interpretação de resultados de análise de solo. Micronutrientes. In: RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 12p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1991. 343p.

REZENDE, A.A.P., MATOS, A.T., SILVA, C.M. Implicações do uso de efluente de fábrica de celulose em plantios de eucalipto. **O papel**, n.2, p.48-62, 2006

SAS – STATISTICAL ANALYSES SYSTEM SOFTWARE. Versão 6.12 for windows, Cary: SAS Institute, 2001.

SILVA, C.F. Sobre oportunidades (ainda não) perdidas. In: **Guia de compras celulose e papel - Edição 2005**, 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP, 2005. 202p.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.79-104.

TEDESCO, M.J.; ZANOTTO, D.L. Utilização de resíduo alcalino da indústria de celulose na correção da acidez do solo. **Agronomia Sulriogradense**, Porto Alegre, v.14, n.02, p.329-336, 1978.

VALLE, C.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S.F. **Uso de resíduos industriais e urbanos em florestas de eucalipto**. Luiz Antonio: Cia. Votorantim de Celulose e Papel S.A., 1995. 52p. Relatório Técnico.

WALDEMAR, C.C.; HERRERA, J. Avaliação do potencial de utilização do “Dregs” e do “Grits” como corretivo da acidez e fertilizante na agricultura. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 19, 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1986.

WATAB, A.A., REUVENI, M., BRESSAN, R.A., HASEGAWA, P.M. Enhanced net K⁺ uptake capacity of NaCl-adapted cells. **Plant Physiology**, Rockville, v.95, n.4, p.1265-1269, 1991.

ANEXOS

As tabelas a seguir apresentam os resultados das análises de variância, e dos desdobramentos das interações entre os tratamentos.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)								
	GL	Altura de Plantas							
		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
-----Anos-----									
<i>DG</i>	2	0,02 ns	3,38 **	3,63 **	14,0 **	17,57**	26,39 **	40,57 **	51,05 **
<i>A</i>	2	0,07 ns	2,16 **	2,91 **	7,06 **	3,69 *	5,17 **	7,19 **	13,17 **
<i>Blocos</i>	5	0,03 ns	0,30 ns	0,36 ns	1,82 **	1,26 ns	0,76 ns	3,35 *	1,69 ns
<i>DG x A</i>	4	0,02 ns	0,30 ns	,35 ns	1,05 ns	1,46 ns	2,81 *	4,19 **	4,72 **
<i>Resíduo</i>	40	0,04	0,18	0,26	0,44	0,98	0,85	0,99	1,16
----- (m) -----									
<i>M. geral</i>	-	1,03	3,05	6,85	8,44	13,24	16,33	19,20	21,00
<i>CV %</i>	-	18,79	13,69	7,44	7,92	7,48	5,64	5,19	5,12

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 6. Evolução da altura de plantas.

Trata-mentos	Anos				
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Altura de Plantas (m)					
<i>DG0</i>	1,0 a	2,6 b	6,3 b	7,4 b	12,1 b
<i>DG1</i>	1,1 a	3,3 a	7,1 a	9,1 a	13,9 a
<i>DG2</i>	1,1 a	3,3 a	7,1 a	8,8 a	13,7 a
<i>A0</i>	1,0 a	2,6 b	6,4 b	7,7 b	12,7 b
<i>A1</i>	1,0 a	3,2 a	7,1 a	8,8 a	13,4 ab
<i>A2</i>	1,1 a	3,3 a	7,1 a	8,8 a	13,6 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Altura de plantas aos 4,0 anos de idade.

Altura – 4,0 anos (m)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	13,5 B b	15,5 B a	15,8 B a
<i>DG1</i>	16,7 A a	17,3 A a	17,5 A a
<i>DG2</i>	17,0 A a	16,8 A a	16,8 AB a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Altura de plantas aos 5,0 anos de idade.

Altura – 5,0 anos (m)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	15,8 B b	18,3 B a	18,3 B a
<i>DG1</i>	19,7 A a	20,3 A a	21,0 A a
<i>DG2</i>	20,0 A a	19,5 AB a	19,8 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Altura de plantas aos 6,0 anos de idade.

Altura – 6,0 anos (m)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	17,0 B b	19,7 B a	20,5 B a
<i>DG1</i>	21,5 A a	21,8 A a	22,7 A a
<i>DG2</i>	21,7 A a	22,2 A a	22,0 AB a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para diâmetro à altura do peito (DAP).

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)						
	GL	DAP					
		1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
-----Anos-----							
<i>DG</i>	2	6,06 **	6,00 **	17,85 **	24,00 **	37,50 **	47,91 **
<i>A</i>	2	2,06 **	5,05 **	4,24 **	9,39 **	10,89 **	13,13 **
<i>Blocos</i>	5	0,47 ns	0,92 ns	0,42 ns	0,57 ns	0,97 ns	0,52 ns
<i>DG x A</i>	4	0,86 *	0,64 ns	0,52 ns	0,97 ns	2,14 *	1,96 *
<i>Resíduo</i>	40	0,32	0,39	0,41	0,45	0,62	0,67
----- (cm) -----							
M. geral	-	6,61	7,28	11,20	13,50	14,94	15,70
CV %	-	8,55	8,57	8,72	4,97	5,25	5,21

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 11. Evolução do diâmetro à altura do peito (DAP) em função dos tratamentos e da idade.

Tratamentos	DAP (cm)		
	2,0	3,0 Anos	4,0
<i>DG0</i>	6,6 b	10,1 b	12,2 b
<i>DG1</i>	7,6 a	11,8 a	14,2 a
<i>DG2</i>	7,6 a	11,7 a	14,2 a
<i>A0</i>	6,7 b	10,7 b	12,7 b
<i>A1</i>	7,6 a	11,3 a	13,9 a
<i>A2</i>	7,6 a	11,6 a	13,9 a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12. Diâmetro a altura do peito (DAP) aos 1,5 anos de idade.

	DAP - 1,5 anos (cm)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	5,3 Bb	5,8 Bb	6,7 Aa
<i>DG1</i>	6,7 Aa	7,2 Aa	6,8 Aa
<i>DG2</i>	6,7Aa	7,3 Aa	7,0 Aa

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 13. Diâmetro a altura do peito (DAP) aos 5,0 anos de idade.

DAP – 5,0 anos (cm)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	11,7 B b	13,8 B a	14,3 B a
<i>DG1</i>	15,2 A b	15,8 A ab	16,3 A a
<i>DG2</i>	15,3 A a	16,2 A a	15,8 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14. Diâmetro à altura do peito (DAP) aos 6,0 anos de idade.

DAP – 6,0 anos (cm)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	12,2 B b	14,3 B a	15,0 B a
<i>DG1</i>	15,8 A a	16,7 A a	16,8 A a
<i>DG2</i>	16,2 A b	17,3 A a	17,0 A ab

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para volume de madeira com casca.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)						
	GL	Volume com casca					
		1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
----- Anos -----							
<i>DG</i>	2	109,50 *	303,63 **	2597,35 **	10100,35 **	22449,56 **	32692,24 **
<i>A</i>	2	109,06 **	192,46 **	1064,80 **	3267,57 **	6253,39 **	7573,35 **
<i>Blocos</i>	5	13,64 *	56,96 **	114,91 ns	149,63 ns	340,89 ns	506,46 ns
<i>DG x A</i>	4	9,56 ns	14,49 ns	108,19 ns	342,96 ns	853,28 *	1225,69 *
<i>Resíduo</i>	40	5,21	13,38	85,81	212,36	327,40	415,20
----- m ³ ha ⁻¹ -----							
M. peral	-	13,00	20,19	65,76	114,74	163,56	189,87
CV %	-	17,56	18,12	14,09	12,70	11,00	10,73

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 16. Evolução do volume de madeira com casca durante o experimento.

Tratamentos	Volume com casca (m ³ ha ⁻¹)			
	1,5	2,0	3,0	4,0
	Anos			
<i>DG0</i>	10,17 b	15,44 b	51,89 b	87,38 b
<i>DG1</i>	14,17 a	22,44 a	72,61 a	128,22 a
<i>DG2</i>	14,67 a	22,67 a	72,78 a	128,61 a
<i>A0</i>	10,17 b	16,44 b	57,17 b	99,61 b
<i>A1</i>	14,22 a	22,61 a	69,11 a	119,17 a
<i>A2</i>	14,61 a	22,50 a	72,00 a	125,44 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, Ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 17. Volume de madeira com casca aos 5,0 anos de idade.

	Volume com casca – 5,0 anos (m ³ ha ⁻¹)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	87,67 B b	134,33 B a	146,33 B a
<i>DG1</i>	165,33 A b	186,33 A ab	199,33 A a
<i>DG2</i>	174,50 A a	190,00 A a	188,17 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18. Volume de madeira com casca aos 6,0 anos de idade.

Volume com casca – 6,0 anos (m ³ ha ⁻¹)			
	A0	A1	A2
DG0	101,33 B b	153,33 B a	167,33 B a
DG1	192,33 A b	218,17 A ab	230,83 A a
DG2	205,83 A a	223,17 A a	216,50 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Resumo da análise de variância de alguns atributos químicos no perfil do solo aos 7 meses de idade.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)							
	GL	pH	Ak	H+Al	Ca	Mg	Na	PST
DG	2	1,19 **	1,42 ns	489,32 **	557,09 *	0,42 **	18,35 **	107,98 **
Profundidade	4	0,38 **	1,49 ns	117,02 **	1011,49 **	1,99 **	3,22 **	15,61 **
DG x Profundidade	8	0,20 **	1,57 ns	124,38 **	280,22 *	0,18 **	1,02 **	5,09 **
Resíduo	22	0,01	2,93	9,08	112,66	0,05	0,03	1,68
		CaCl ₂	----- mmolc kg ⁻¹ -----					%
M. geral	-	4,44	2,67	29,94	6,65	0,56	1,30	3,35
CV %	-	2,00	63,76	10,07	159,69	39,62	13,60	38,71

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 20. Al^{3+} no perfil do solo aos 7 meses de idade.

Tratamentos	Al^{3+} (mmolc kg ⁻¹)
<i>DG0</i>	3,0 a
<i>DG1</i>	2,5 a
<i>DG2</i>	2,5 a
<i>0-20</i>	2,5 a
<i>20-40</i>	3,0 a
<i>40-60</i>	2,6 a
<i>80-100</i>	2,8 a
<i>180-200</i>	2,6 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade; NMP – Número mais provável (log dos dados originais)

Tabela 21. pH em $CaCl_2$ no perfil do solo aos 7 meses de idade.

pH em $CaCl_2$			
	<i>DG0</i>	<i>DG1</i>	<i>DG2</i>
<i>0-20</i>	4,0 A c	5,0 A b	5,3 A a
<i>20-40</i>	4,1 A c	4,5 B b	4,8 B a
<i>40-60</i>	4,2 A b	4,3 B b	4,7 B a
<i>80-100</i>	4,2 A b	4,3 B ab	4,4 C a
<i>180-200</i>	4,2 A a	4,3 B a	4,3 C a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 22. H+Al no perfil do solo aos 7 meses de idade.

	H+Al (mmol _c kg ⁻¹)		
	DG0	DG1	DG2
0-20	49,7 A a	25,5 BC b	18,0 B b
20-40	38,5 B a	34,3 A ab	28,8 A b
40-60	36,8 BC a	32,5 BB ab	26,9 A b
80-100	29,9 CD a	27,8 ABC a	26,0 A a
180-200	25,9 D a	23,3 C a	25,1 AB a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 23. Ca no perfil do solo aos 7 meses de idade.

	Ca (mmol _c kg ⁻¹)		
	DG0	DG1	DG2
0-20	2,4 A c	25,7 A b	48,9 A a
20-40	0,5 A a	2,4 A a	6,0 B a
40-60	0,4 A a	1,3 A a	5,9 B a
80-100	0,3 A a	1,2 A a	2,9 B a
180-200	0,3 A a	1,0 A a	0,9 B a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 24. Mg no perfil do solo aos 7 meses de idade.

Mg (mmol _c kg ⁻¹)			
	<i>DG0</i>	<i>DG1</i>	<i>DG2</i>
<i>0-20</i>	0,7 A b	1,5 A a	1,9 A a
<i>20-40</i>	0,4 A a	0,4 B a	0,6 B a
<i>40-60</i>	0,3 A a	0,3 B a	0,5 B a
<i>80-100</i>	0,3 A a	0,3 B a	0,3 B a
<i>180-200</i>	0,2 A a	0,3 B a	0,3 B a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 25. Na no perfil do solo aos 7 meses de idade.

Na (mmol _c kg ⁻¹)			
	<i>DG0</i>	<i>DG1</i>	<i>DG2</i>
<i>0-20</i>	0,2 A c	1,6 A b	3,2 A a
<i>20-40</i>	0,1 A c	2,0 A b	3,2 A a
<i>40-60</i>	0,3 A c	1,8 A b	3,1 A a
<i>80-100</i>	0,1 A c	0,7 B b	1,8 B a
<i>180-200</i>	0,2 A b	0,6 B a	0,6 C a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 26. Porcentagem de sódio trocável no perfil do solo aos 7 meses.

	PST (%)		
	<i>DG0</i>	<i>DG1</i>	<i>DG2</i>
<i>0-20</i>	0,4 A b	3,0 AB ab	4,9 BC b
<i>20-40</i>	0,4 A b	5,6 A b	8,2 A b
<i>40-60</i>	0,7 A c	5,2 Ab b	8,2 A b
<i>80-100</i>	0,5 A b	2,4 B b	5,6 AB b
<i>180-200</i>	0,6 A a	2,2 B a	2,4 C a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 27. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo após 6 meses a aplicação dos tratamentos.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)										
	GL	pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
<i>DG</i>	2	7,95 **	7,19 *	105,58 ns	3937,03 **	1,74 **	10839,08 **	5,58 **	11675,53 **	344311 *	9943,75 **
<i>A</i>	2	0,05 ns	9,19 *	896,08 *	13,19 ns	0,003 ns	889,00 ns	0,08 ns	908,78 ns	736,36 ns	35,58 ns
<i>Blocos</i>	3	0,16 ns	1,96 ns	174,55 ns	31,44 ns	0,15 ns	2148,10 ns	0,18 ns	2183,51 ns	1773,81 ns	320,10 ns
<i>DG x A</i>	4	0,23 ns	5,28 *	623,79 **	19,74 ns	0,06 ns	1263,83 ns	0,17 ns	1296,03 ns	1141,74 ns	219,33 ns
Resíduo	24	0,15	1,75	168,78	72,58	0,08	1126,12	0,43	1170,66	927,60	281,02
		CaCl ₂	g Kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- mmolc dm ⁻³ -----						%
M. geral	-	4,76	21,06	21,42	36,69	0,72	30,58	1,75	33,03	69,81	39,25
CV %	-	8,22	6,29	60,60	23,22	38,75	109,73	37,29	103,59	43,63	42,71

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 28. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo (micronutrientes) após 6 meses a aplicação dos tratamentos.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)					
	GL	Fe	Mn	Cu	Zn	B
DG	2	3985,33 **	0,84 ns	0,02 ns	1,17 ns	0,000003 ns
A	2	83,25 ns	0,51 ns	0,03 ns	1,96 ns	0,003 ns
Bloco	4	82,30 ns	0,19 ns	0,02 ns	1,25 ns	0,003 ns
DG x A	3	232,58 ns	0,46 ns	0,01 ns	1,17 ns	0,001 ns
Resíduo	24	391,32	0,30	0,02	1,17	0,002
				----- mg dm ⁻³ -----		
M. geral	-	81,67	1,57	0,33	1,68	0,30
CV %	-	24,22	35,19	45,41	64,26	15,95

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F; ns: não significativo para o teste F

Tabela 29. Atributos químicos do solo 6 meses após a instalação do experimento.

Tratamentos	pH	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³						%	mg dm ⁻³				
<i>DG0</i>	3,9 c	57 a	0,3 b	3,5 b	1,0 b	4,5 b	62 a	8 c	102 a	1,9 a	0,3 a	1,4 a	0,30 a
<i>DG1</i>	4,9 b	30 b	0,8 a	25,3 b	1,9 a	28,3 b	58 a	46 b	77 b	1,4 a	0,4 a	2,0 a	0,30 a
<i>DG2</i>	5,5 a	23 b	1,0 a	62,9 a	2,3 a	66,3 a	89 a	64 a	66 b	1,4 a	0,3 a	1,7 a	0,30 a
<i>A0</i>	4,8 a	37 a	0,7 a	36,8 a	1,7 a	39,3 a	76 a	40 a	84 a	1,8 a	0,3 a	1,4 a	0,28 a
<i>A1</i>	4,8 a	36 a	0,7 a	34,3 a	1,8 a	36,8 a	72 a	41 a	79 a	1,5 a	0,4 a	2,2 a	0,30 a
<i>A2</i>	4,7 a	38 a	0,7 a	20,8 a	1,8 a	23,1 a	61 a	37 a	82 a	1,4 a	0,3 a	1,5 a	0,31 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 30. Matéria orgânica do solo aos 6 meses de idade.

	MO (g kg ⁻¹)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	23 A a	20 A b	22 A a
<i>DG1</i>	21 AB a	21 A a	22 A a
<i>DG2</i>	19 B a	20 A a	21 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 31. P no solo aos 6 meses de idade.

P res. (mg dm ⁻³)			
	A0	A1	A2
DG0	7 A b	9 B b	38 A a
DG1	12 A a	30 AB a	27 A a
DG2	15 A a	37 A a	18 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 32. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo aos 17 meses de idade.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)										
	GL	pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
DG	2	8,39 **	33,08 **	123 ns	4073,53 **	0,03 ns	7827,86 **	6,78 **	8349,08 **	825,58 ns	11269,44 **
A	2	0,24 ns	4,75 ns	124,78 ns	103,03 ns	0,01 ns	5074,78 **	0,69 ns	5194,08 **	4277,58 **	978,11 *
Bloco	3	0,29 ns	14,26 *	11,33 ns	27,07 ns	0,02 ns	389,70 ns	1,28 **	413,44 ns	332,19 ns	370,41 ns
DG x A	4	0,04 ns	19,96 **	136,65 *	48,04 ns	0,01 ns	1280,32 ns	0,11 ns	1288,97 ns	1347,92	351,57 ns
Resíduo	24	0,11	3,53	41,33	60,80	0,01	814,75	0,27	825,60	747,19	182,22
		CaCl ₂	g Kg ⁻¹	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----						%
M. geral	-	4,81	18,50	15,22	37,28	0,27	30,11	1,81	32,08	69,50	38,94
CV %	-	6,95	10,16	42,23	20,92	33,58	94,79	28,58	89,56	39,33	36,60

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 33. Resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo (micronutrientes) aos 17 meses de idade.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)					
	GL	Fe	Mn	Cu	Zn	B
DG	2	8008,33 **	0,062 ns	0,13 ns	1,27 ns	0,001 ns
A	2	10,58 ns	0,51 ns	0,03 ns	0,23 ns	0,002 *
Bloco	3	257,93 ns	1,22 *	0,04 ns	0,06 ns	0,001 ns
DG x A	4	139,17 ns	0,52 ns	0,13 ns	1,30 ns	0,0005 ns
Resíduo	24	229,57	0,29	0,05	0,74	0,0005
				----- mg dm ⁻³ -----		
M. geral	-	79,33	1,67	0,46	1,41	0,17
CV %	-	19,10	32,00	49,39	61,72	12,90

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F ns: não significativo para o teste F

Tabela 34. Atributos químicos do solo após 17 meses a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	pH	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³						%	mg dm ⁻³				
<i>DG0</i>	3,9 c	58 a	0,2 a	2,3 b	1,1 c	3,3 b	61 a	5 c	109 a	1,7 a	0,5 a	1,1 a	0,19 a
<i>DG1</i>	4,9 b	32 b	0,3 a	35,7 a	1,8 b	37,8 a	70 a	46 b	77 b	1,6 a	0,6 a	1,8 a	0,17 a
<i>DG2</i>	5,6 a	22 c	0,3 a	52,4 a	2,6 a	55,2 a	78 a	65 a	59 b	1,7 a	0,4 a	1,3 a	0,17 a
<i>A0</i>	5,0 a	35 a	0,3 a	53,8 a	2,1 a	56,1 a	91 a	49 a	78 a	1,9 a	0,5 a	1,3 a	0,16 b
<i>A1</i>	4,8 a	36 a	0,3 a	19,2 b	1,7 a	21,0 b	57 b	35 a	80 a	1,6 a	0,4 a	1,5 a	0,17 ab
<i>A2</i>	4,7 a	41 a	0,2 a	17,3 b	1,7 a	19,2 b	60 b	33 a	80 a	1,5 a	0,5 a	1,5 a	0,19 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 35. Matéria orgânica do solo aos 17 meses de idade.

	MO (g kg ⁻¹)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	22 A a	18 AB b	22 A a
<i>DG1</i>	18 B a	16 B a	18 AB a
<i>DG2</i>	15 B b	20 A a	18 B ab

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 36. P no solo aos 17 meses de idade.

P res. (mg dm ⁻³)			
	A0	A1	A2
DG0	7 A b	9 B b	22 A a
DG1	12 A a	17 AB a	15 A a
DG2	17 A a	25 A a	15 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 37. Resumo da análise de variância dos atributos físicos do solo após 6 meses a aplicação dos tratamentos.

Causas de Variação	GL	Quadrado médio (significância)													
		Estabilidade de Agregados							D.P.	D.S.	Água retida		Porosidade		
		4,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05			0,03atm	0,06atm	Microp.	Macrop.	Total
DG	2	0,03 ns	0,02 ns	1,33 ns	8,15 ns	3,38 ns	0,03 ns	5,96 **	0,002 ns	0,007 *	2,58 *	3,86 *	8,96 **	25,94 *	5,00 ns
A	2	0,02 ns	0,001 ns	4,98 ns	4,07 ns	6,39 ns	2,69 *	0,24 ns	0,011 ns	0,008 *	1,08 ns	1,19 ns	3,39 ns	11,23 ns	4,05 ns
Bloco	3	0,003 ns	0,06 ns	1,46 ns	10,08 ns	5,92 ns	0,60 ns	0,36 ns	0,001 ns	0,001 ns	0,55 ns	0,69 ns	0,85 ns	4,17 ns	1,75 ns
DG x A	4	0,02 ns	0,84 ns	11,23 ns	5,55 ns	17,26 ns	0,29 ns	0,12 ns	0,016 **	0,004 ns	2,17 *	1,53 ns	5,60 *	30,83 *	19,1 **
Resíduo	24	0,02	1,31	20,36	13,63	27,61	0,60	0,27	0,003	0,002	0,71	0,78	1,55	7,40	4,10
-	-	----- % -----							-----g/cm ³ -----		---- (dm ³ dm ⁻³) ----		----- % -----		
M. geral	-	0,30	3,23	13,66	33,80	42,57	3,98	2,31	2,57	1,47	7,75	6,97	10,33	32,31	42,63
CV %	-	48,46	35,56	33,04	10,92	12,35	22,28	22,28	2,21	2,94	10,90	12,65	12,07	8,42	4,75

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 38. Atributos físicos do solo após 6 meses a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	Estabilidade de Agregados (%)							D.S.**	Água retida (dm ³ dm ⁻³)	
	4,0-2,0 mm	2,0-1,0 mm	1,0-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,10 mm	0,10-0,05 mm	<0,05 mm		g cm ⁻³	0,03atm
<i>DG0</i>	0,2 a	3,2 a	13,3 a	33,1 a	43,1 a	3,9 a	3,1 a	1,48	8,17 a	7,42 a
<i>DG1</i>	0,3 a	3,3 a	13,8 a	33,6 a	42,6 a	4,0 a	2,0 b	1,45	7,25 b	6,33 b
<i>DG2</i>	0,3 a	3,2 a	13,9 a	34,7 a	42,0 a	4,0 a	1,8 b	1,49	7,83 b	7,17 ab
<i>A0</i>	0,3 a	3,2 a	14,4 a	34,5 a	41,7 a	3,5 b	2,2 a	1,45	7,67 a	6,83 a
<i>A1</i>	0,3 a	3,2 a	13,5 a	33,4 a	42,8 a	4,1 ab	2,5 a	1,47	7,50 a	6,75 a
<i>A2</i>	0,3 a	3,2 a	13,1 a	33,6 a	43,1 a	4,4 a	2,3 a	1,50	8,08 a	7,33 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *D.P. – densidade de partícula, **D.S. – densidade do solo.

Tabela 39. Densidade de partícula do solo aos 6 meses de idade.

	Densidade de Partícula (g cm ⁻³)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	2,60 A a	2,56 AB a	2,59 AB a
<i>DG1</i>	2,50 B b	2,50 B b	2,67 A a
<i>DG2</i>	2,56 AB a	2,61 A a	2,56 B a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 40. Água retida no solo (0,03 atm) aos 6 meses de idade.

Água retida 0,03 atm (dm ³ dm ⁻³)			
	A0	A1	A2
DG0	8,25 A ab	7,25 AB b	9,00 A a
DG1	7,50 A a	6,75 B a	7,50 B a
DG2	7,25 A a	8,50 A a	7,75 AB a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 41. Macroporosidade do solo aos 6 meses de idade.

Macroporos (%)			
	A0	A1	A2
DG0	32,6 A a	33,1 A a	29,3 B a
DG1	32,5 A a	33,3 A a	36,2 A a
DG2	34,8 A a	30,3 A ab	28,7 B b

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 42. Microporosidade do solo aos 6 meses de idade.

Microporos (%)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	11,0 A ab	9,6 B b	11,9 A a
<i>DG1</i>	9,7 A a	8,6 B a	9,7 B a
<i>DG2</i>	9,3 A b	11,9 A a	11,2 AB ab

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 43. Porosidade total do solo aos 6 meses de idade.

Porosidade total (%)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	43,6 A a	42,7 A a	41,2 B a
<i>DG1</i>	42,2 A b	41,9 A b	45,8 A a
<i>DG2</i>	44,1 A a	42,1 A ab	39,9 B b

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 44. Resumo da análise de variância da biomassa microbiana aos 6 e 17 meses de idade.

Causas de Variação	GL	Quadrado médio (significância)	
		6 meses	17 meses
<i>DG</i>	2	9,57 **	3,14**
<i>A</i>	2	0,42 **	0,16 ns
<i>Bloco</i>	3	0,09 ns	0,17 ns
<i>DG x A</i>	4	0,70 **	0,40 ns
<i>Resíduo</i>	24	0,07	0,18
		-----NMP-----	
<i>M. geral</i>	-	6,10	6,69
<i>CV %</i>	-	4,24	6,34

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - **ns**: não significativo para o teste F; NMP – Número mais provável (log dos dados originais)

Tabela 45. Biomassa microbiana do solo após 17 meses a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	17 meses
	NMP
<i>DG0</i>	6,25 b
<i>DG1</i>	6,56 b
<i>DG2</i>	7,25 a
<i>A0</i>	6,68 a
<i>A1</i>	6,58 a
<i>A2</i>	6,81 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade; NMP – Número mais provável (log dos dados originais)

Tabela 46. Biomassa microbiana do solo aos 6 meses de idade (desdobramento).

Microbiologia do Solo – 6meses (NMP)			
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	6,90 A a	6,12 B b	6,91 A a
<i>DG1</i>	5,05 C a	5,10 C a	5,05 B a
<i>DG2</i>	6,02 B b	6,75 A a	6,98 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 47. Resumo da análise de variância das análises químicas foliares aos 6 meses de idade.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)												
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
<i>DG</i>	2	29,18 **	0,02 ns	1,12 ns	0,34 ns	1,59 **	0,35 **	792,11 **	15,19 **	68,03 ns	828790,08 **	19,08 *	159897174,3 **
<i>A</i>	2	7,13 ns	0,03 ns	7,45 **	0,07 ns	0,06 *	0,03 ns	44,78 ns	1,19 ns	641,69 ns	731,08 ns	33,58 **	452146,8 ns
<i>Bloco</i>	3	23,20 **	0,18 **	0,70 ns	0,27 ns	0,04 ns	0,03 ns	13,33 ns	1,59 *	111,93 ns	23677,21 **	7,88 ns	197416,92 ns
<i>DG x A</i>	4	3,86 ns	0,01 ns	5,42 **	0,28 ns	0,05 *	0,14 **	23,78 ns	0,65 ns	127,94 ns	2205,42 ns	11,54 *	496467,25 *
<i>Resíduo</i>	24	3,85	0,03	0,59	0,16	0,01	0,02	13,83	0,41	536,38	3976,46	4,06	155455,54
		----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----					
<i>M. geral</i>	-	19,84	1,70	8,05	5,27	1,49	1,46	38,44	7,06	122,22	442,92	18,92	4469,58
<i>CV %</i>	-	9,90	9,92	9,54	7,48	7,94	8,42	9,67	9,02	18,95	14,24	10,66	8,22

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 48. Análises químicas foliares após 6 meses a aplicação dos tratamentos.

Trata-mentos	N	P	Ca	B	Cu	Fe	Mn
	-----g kg ⁻¹ -----			-----mg kg ⁻¹ -----			
<i>DG0</i>	18 b	1,7 a	5,5 a	47 a	7,1 b	119,5 a	746 a
<i>DG1</i>	21 a	1,7 a	5,1 a	38 b	8,2 a	123,3 a	312 b
<i>DG2</i>	20 a	1,7 a	5,2 a	31 c	5,9 c	123,9 a	272 b
<i>A0</i>	21 a	1,7 a	5,2 a	38 ab	7,4 a	113,8 a	450 a
<i>A1</i>	19 a	1,7 a	5,2 a	41 a	6,8 a	127,3 a	435 a
<i>A2</i>	20 a	1,8 a	5,4 a	37 b	6,9 a	125,6 a	444 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 49. Teor foliar de K aos 6 meses de idade.

	K (g kg ⁻¹)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	6,0 B c	7,8 A b	10,2 A a
<i>DG1</i>	8,1 A a	8,7 A a	8,4 B a
<i>DG2</i>	7,6 A a	7,9 A a	7,8 B a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 50. Teor foliar de Mg aos 6 meses de idade.

	Mg (g kg ⁻¹)		
	A0	A1	A2
DG0	2,1 A a	1,9 A b	1,8 A b
DG1	1,5 B a	1,3 B a	1,3 B a
DG2	1,2 C a	1,3 B a	1,3 B a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 51 Teor foliar de S aos 6 meses de idade.

	S (g kg ⁻¹)		
	A0	A1	A2
DG0	1,1 B b	1,3 B b	1,6 A a
DG1	1,7 A a	1,7 A a	1,6 A a
DG2	1,6 A a	1,4 B ab	1,4 A b

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 52. Teor foliar de Zn aos 6 meses de idade.

	Zn (mg kg ⁻¹)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	21 A a	20 A a	21 A a
<i>DG1</i>	21 A a	16 B b	18 A ab
<i>DG2</i>	19 A ab	15 B b	20 A a

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 53. Teor foliar de Na aos 6 meses de idade.

	Na (mg kg ⁻¹)		
	<i>A0</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
<i>DG0</i>	218 C a	242 B a	314 B a
<i>DG1</i>	6507 B a	6170 A a	6642 A a
<i>DG2</i>	7331 A a	6514 A b	6291 A b

Médias acompanhadas da mesma letra, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 54. Resumo da análise de variância das análises químicas foliares aos 16 meses de idade.

Causas de Variação	Quadrado médio (significância)												
	GL	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
<i>DG</i>	2	17,33 **	0,46 *	0,36 ns	0,53 ns	1,03 **	0,036 ns	525,19 **	2,19 ns	62,69 ns	333501,6 **	3,53 ns	24822025,0 **
<i>A</i>	2	0,58 ns	0,13 ns	13,53 **	1,86 ns	0,47 **	0,003 ns	8,69 ns	0,69 ns	2,11 ns	3133,58 ns	8,36 ns	189758,3 ns
<i>Bloco</i>	3	12,55 **	0,03 ns	2,56 *	1,21 ns	1,39 **	0,13 **	16,77 ns	12,03 **	27,63 ns	11144,25 ns	16,84 **	736365,7 *
<i>DG x A</i>	4	2,92 ns	0,07 ns	1,53 ns	0,28 ns	0,04 ns	0,017 ns	26,90 ns	1,19 ns	28,94 ns	3755,54 ns	0,65 ns	139270,8 ns
<i>Resíduo</i>	24	2,57	0,04	0,60	0,59	0,04	0,03	11,00	1,65	96,69	3920,48	3,36	164813,7
		----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----					
<i>M. geral</i>	-	19,25	2,19	8,06	8,19	2,66	1,20	31,31	10,36	54,56	475,92	14,81	1964,17
<i>CV %</i>	-	8,32	9,63	9,59	9,36	7,87	13,53	10,59	12,41	18,02	13,16	12,39	20,67

** e *: Significativo, respectivamente, a 1 e 5% pelo teste F - ns: não significativo para o teste F

Tabela 55. Análises químicas foliares aos 16 meses de idade.

Trata- mentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
	----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----					
<i>DG0</i>	18 b	2,0 b	8 a	8,0 a	3,0 a	1,2 a	39 a	10,3 a	57,2 a	667 a	15 a	313 b
<i>DG1</i>	20 a	2,3 a	8 a	8,2 a	2,6 b	1,3 a	29 b	10,8 a	53,6 a	404 b	15 a	2640 a
<i>DG2</i>	20 a	2,3 a	8 a	8,4 a	2,4 b	1,2 a	26 b	10,0 a	52,9 a	357 b	14 a	2940 a
<i>A0</i>	19 a	2,1 a	7 b	8,5 a	2,9 a	1,2 a	32 a	10,5 a	55,0 a	491 a	16 a	2030 a
<i>A1</i>	19 a	2,2 a	9 a	7,8 a	2,5 b	1,2 a	30 a	10,5 a	54,2 a	459 a	14 a	2043 a
<i>A2</i>	20 a	2,3 a	9 a	8,3 a	2,6 ab	1,2 a	32 a	10,1 a	54,5 a	478 a	15 a	1819 a

Médias acompanhadas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.