

JULIO CESAR DELVAUX

BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
EUCALIPTO SOB FERTILIZAÇÃO ORGANOMINERAL À BASE DE TORTA DE  
FILTRO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa  
de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área  
de concentração em fitotecnia, para obtenção do título  
de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

JULIO CESAR DELVAUX

BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
EUCALIPTO SOB FERTILIZAÇÃO ORGANOMINERAL À BASE DE TORTA DE  
FILTRÓ DE CANA-DE-AÇÚCAR

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área  
de concentração em Fitotecnia, para obtenção do  
título de “Doutor”.

Aprovada em 27 de novembro de 2019:

Profª. Dra. Regina Maria Quintão Lana	UFU
Prof. Dra. Mayara Cristiana Stanger	UFU
Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque	UFMG
Dr. Paulo Sérgio Balbino Miguel	UFV

  
Prof. Dr. Reginaldo de Camargo  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 015/2019, PPGAGRO				
Data:	Vinte e sete de novembro de 2019	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	[17:25]
Matrícula do Discente:	11613AGR013				
Nome do Discente:	Julio Cesar Delvaux				
Título do Trabalho:	Bioindicadores de qualidade do solo no crescimento inicial de eucalipto sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar.				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção vegetal em áreas do cerrado.				

Reuniu-se no Sala 212, Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Regina Maria Quintão Lana - UFU; Mayara Cristiana Stanger - UFU; Carlos Juliano Brant Albuquerque - UFMG, Paulo Sérgio Balbino Miguel - UFV; Reginaldo de Camargo - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Reginaldo de Camargo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/11/2019, às 17:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º,



§ 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/11/2019, às 17:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mayara Cristiana Stanger, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/11/2019, às 17:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS JULIANO BRANT ALBUQUERQUE, Usuário Externo**, em 27/11/2019, às 17:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **PAULO SÉRGIO BALBINO MIGUEL, Usuário Externo**, em 29/11/2019, às 00:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1667201** e o código CRC **05862A93**.

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

D367 Delvaux, Julio Cesar, 1984-  
2019 Bioindicadores de qualidade do solo no crescimento inicial de eucalipto sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar [recurso eletrônico] / Julio Cesar Delvaux. - 2019.

Orientador: Reginaldo de Camargo.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2545>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Camargo, Reginaldo de, 1972-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

*A Deus.*

*Aos meus pais e à minha esposa.*

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus caminhos, pela vida e pela oportunidade de crescimento diante dos obstáculos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Reginaldo de Camargo, pela confiança, pelos ensinamentos, pela paciência e por sempre apoiar e acreditar nesse trabalho.

À minha esposa, Fernanda Júnia Silva Delvaux, pelo incentivo e compreensão durante essa etapa de estudos.

Ao meu pai, Agostinho Delvaux da Silva, à minha mãe, Mariza da Silva Ferreira Delvaux, e ao meu irmão, Ricardo Augusto Delvaux da Silva, presentes em todos os momentos da minha vida, pelo apoio e incentivo.

À Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana pelos ensinamentos e colaboração no deste trabalho.

Ao professor Arnaldo Chaer Borges, pela amizade, atenção e pelas sábias palavras que me guiaram no processo de formação acadêmica.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia pelo acolhimento e pelas oportunidades.

À Geociclo S.A. pelo apoio logístico e pela disposição em colaborar em todas as etapas desse trabalho.

Ao Rafael Arcanjo Gonçalves pela dedicação e apoio na condução do trabalho e análise dos dados.

Aos meus grandes amigos, Paulo Sérgio Balbino Miguel e Marcelo Nagem Valério de Oliveira e Thales Cassemiro Alves pela amizade, paciência e disposição para colaborar.

Aos amigos Rodrigo Grassi Martins e Henrique de Araujo Sobreira, que sempre incentivaram e colaboraram para finalização dessa etapa.

A todos, que de alguma forma, apoiaram a condução desse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xv
RESUMO GERAL .....	xvii
GENERAL ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS .....	3
1.2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
1.2.2 Nutrição mineral do eucalipto .....	6
1.2.3 Fertilizantes organominerais à base de torta de filtro .....	8
1.2.4 Bioindicadores de qualidade microbiana do solo .....	11
REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO 2.....	24
CRESCIMENTO INICIAL DE <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> SOB DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL PELETIZADO FORMULADO COM TORTA DE FILTRO DE CANA-DE-AÇUCAR .....	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
2.1. INTRODUÇÃO.....	26
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	28
2.3. RESULTADOS .....	34
2.4. DISCUSSÃO .....	57
2.5. CONCLUSÃO .....	62
REFERÊNCIAS.....	63
CAPÍTULO 3.....	71
EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL PELETIZADO FORMULADO COM TORTA DE FILTRO DE CANA-DE- AÇÚCAR SOBRE O CARBONO E ATIVIDADE DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO EM CULTIVO DE EUCALIPTO .....	71

RESUMO.....	71
ABSTRACT.....	72
3.1. INTRODUÇÃO .....	73
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	75
3.2.1 Descrição do experimento .....	75
3.2.2 Amostragem do solo .....	76
3.2.3 Análises microbiológicas do solo .....	77
3.3.4 Propriedades físico-químicas do solo .....	78
3.3.5 Análise dos dados .....	79
3.3. RESULTADOS .....	80
3.4. DISCUSSÃO .....	89
3.5. CONCLUSÃO .....	93
REFERÊNCIAS.....	94
CONCLUSÕES GERAIS.....	101
APÊNDICE A.....	102
APÊNDICE B.....	105

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características químicas da torta de filtro de cana de açúcar antes do processo de compostagem .....	10
<b>Tabela 2.</b> Características químicas e físicas do fertilizante organomineral .....	27
<b>Tabela 3.</b> Identificação dos tratamentos e respectivos teores de nitrogênio (N), fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) e potássio (K <sub>2</sub> O) em cultivo inicial de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> (Clone I144) .....	28
<b>Tabela 4.</b> Resumo dos resultados das análises de variância para altura (cm), diâmetro na altura do colo (cm), clorofila <i>a</i> e clorofila <i>b</i> no cultivo inicial de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob diferentes doses de fertilizante organomineral.....	32
<b>Tabela 5.</b> Médias dos valores de altura (cm) de plantas de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.....	34
<b>Tabela 6.</b> Médias dos valores de diâmetro na altura do colo (cm) de plantas de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.....	37
<b>Tabela 7.</b> Resumo dos resultados das análises de variância para pH (H <sub>2</sub> O) e pH (CaCl <sub>2</sub> ) em Latossolo Vermelho sob cultivo de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> com diferentes doses de fertilizante organomineral .....	38
<b>Tabela 8.</b> Médias dos valores de pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5) em Latossolo Vermelho sob cultivo de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o	

transplântio das mudas .....	40
<b>Tabela 9.</b> Médias dos valores de pH em CaCl <sub>2</sub> (1:2,5) em Latossolo Vermelho sob cultivo de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.....	41
<b>Tabela 10.</b> Médias dos índices de clorofila <i>a</i> ( <i>Chl_a</i> ) expressos em Índice de Clorofila Falker (ICF) de plantas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.....	44
<b>Tabela 11.</b> Médias dos índices de clorofila <i>b</i> ( <i>Chl_b</i> ) expressos em Índice de Clorofila Falker (ICF) de plantas de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.....	45
<b>Tabela 12.</b> Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis área foliar (AF), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC) e massa fresca de folhas (MFF), no cultivo inicial de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob diferentes doses de fertilizante organomineral .....	46
<b>Tabela 13.</b> Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas (MSF), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR), no cultivo inicial de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob diferentes doses de fertilizante organomineral .....	46
<b>Tabela 14.</b> Médias dos valores de área foliar (AF), massa fresca de folhas (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de plantas de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas .....	48
<b>Tabela 15.</b> Médias dos valores de massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes	

(VR) de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas..... 49

**Tabela 16.** Resumo do quadro da análise de variância para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral ..... 50

**Tabela 17.** Médias dos valores de Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas..... 51

**Tabela 18.** Resumo do quadro da análise de variância para teores de macronutrientes em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral aos 120 dias após o transplântio ..... 52

**Tabela 19.** Médias dos teores de macronutrientes em folhas do terço médio plantas de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas..... 52

**Tabela 20.** Resumo do quadro da análise de variância para teores de micronutrientes em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral aos 120 dias após o transplântio ..... 53

**Tabela 21.** Médias dos teores de micronutrientes em folhas do terço médio plantas de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas..... 54

**Tabela 22.** Atributos químicos e físicos, antes da incubação com calcário, do Latossolo Vermelho utilizado no cultivo de mudas do híbrido *E. urophylla* x *E.*

*grandis*..... 71

**Tabela 23.** Resumo das análises de variância para carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho sob cultivo de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 120 dias após o transplantio em diferentes tempos de avaliação após o transplantio..... 76

**Tabela 24.** Médias dos valores de carbono da biomassa microbiana (CBM) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. urophylla* x *E. grandis* e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio das mudas..... 78

**Tabela 25.** Médias dos valores de respiração basal (RB) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio das mudas..... 80

**Tabela 26.** Médias dos valores de quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. grandis* x *E. urophylla* e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio das mudas..... 82

**Tabela 27.** Resumo do quadro da análise de variância para matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) do solo no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral aos 120 dias após o transplantio ..... 83

**Tabela 28.** Médias dos valores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplantio das mudas..... 84

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Condições meteorológicas durante condução do experimento ..... 26
- Figura 2.** Implantação do ensaio em casa de vegetação composta de estrutura metálica do tipo teto em arco com pé direito de 4,0 m, comprimento de 30,0 m e largura de 9,0 m coberta com filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura e tela termorefletora aluminizada (Aluminet®) e laterais fechadas com tela de sombreamento de fios de rafia na cor preta, malha para 50% de sombra ..... 27
- Figura 3.** (A) Determinação da altura (cm), (B) diâmetro na altura do colo (cm) e (C) clorofila (Índice de Clorofila Flaker) aos 30 dias após o transplântio das mudas .... 30
- Figura 4.** Coleta e acondicionamento das amostras de solo ..... 30
- Figura 5.** Altura de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio..... 33
- Figura 6.** Altura de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura..... 33
- Figura 7.** Mudanças de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar (FOM) com cinco níveis de fósforo em relação ao recomendado para a cultura e um tratamento com fertilizante mineral (FM) aos 30 dias após o transplântio: (A) Ausência de fertilizante; (B) FOM 50%; (C) FOM 100%; (D) FOM 150%; (E) FOM 200%; (F) Fertilizante mineral 100% ..... 35
- Figura 8.** Mudanças de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar (FOM) com cinco níveis de fósforo em relação ao recomendado para a cultura e um tratamento com fertilizante mineral (FM) aos 120 dias após o transplântio: (A) Ausência de fertilizante; (B) FOM 50%; (C) FOM 100%; (D) FOM 150%; (E) FOM 200%; (F) Fertilizante mineral 100% ..... 35

<b>Figura 9</b> Diâmetro na altura do colo (mm) de plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio.....	36
<b>Figura 10.</b> Diâmetro na altura do colo (mm) de plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> em Latossolo Vermelho aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura.....	36
<b>Figura 11. (A e B)</b> pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5) e <b>(C e D)</b> pH em CaCl <sub>2</sub> (1:2,5) em Latossolo Vermelho sob cultivo de plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio.....	39
<b>Figura 12:</b> Morte de mudas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob as doses organomineral 150% e 200% aos 45 dias após o transplantio .....	39
<b>Figura 13.</b> Índices de clorofila <i>a</i> (ICF) em folhas do terço médio plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura.....	42
<b>Figura 14.</b> Índices de clorofila <i>a</i> (ICF) em folhas do terço médio plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio.....	42
<b>Figura 15.</b> Índices de clorofila <i>b</i> (ICF) em folhas do terço médio plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para	

cultura.....	43
<b>Figura 16.</b> Índices de clorofila <i>b</i> (ICF) em folhas do terço médio plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio.....	44
<b>Figura 17.</b> Valores de (A) massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca de caules (MFC), (B) massa seca de folhas (MSF) massa seca de caules (MSC), (C) massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) e (D) volume de raízes (VR) de plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante organomineral (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 120 dias após o transplântio.....	47
<b>Figura 18.</b> Volume de raízes (cm <sup>3</sup> ) de mudas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob diferentes doses de fertilizante organomineral peletizado (OM) e um tratamento com fertilizante mineral (FM) aos 120 dias após o transplântio: Test - Ausência de fertilizante; OM - Fertilizante organomineral peletizado; Min - Fertilizante mineral.....	50
<b>Figura 19.</b> Teores de macronutrientes em folhas do terço médio de plantas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 120 dias após o transplântio.....	53
<b>Figura 20:</b> (A) Fumigação, (B) extração e (C) determinação do carbono da biomassa microbiana .....	73
<b>Figura 21:</b> Preparo e incubação das amostras para determinação da respiração basal.....	74
<b>Figura 22.</b> Valores de Carbono da Biomassa Microbiana em Latossolo Vermelho: (A) sob cultivo de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> em diferentes épocas sob diferentes doses do fertilizante organomineral; (B) - sob diferentes doses do fertilizante organomineral	

em diferentes épocas de avaliação ..... 77

**Figura 23.** Valores de respiração basal (RB) em Latossolo Vermelho: (A) sob cultivo de *E. urophyla* x *E. grandis* em diferentes épocas sob diferentes doses do fertilizante organomineral; (B) sob com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura em diferentes épocas de avaliação..... 79

**Figura 24.** Valores de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em Latossolo Vermelho: (A) sob cultivo de *E. urophyla* x *E. grandis* em diferentes épocas sob diferentes doses do fertilizante organomineral; (B) sob diferentes doses do fertilizante organomineral em diferentes épocas de avaliação ..... 81

**Figura 25.** Valores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. urophyla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante organomineral (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 120 dias após o transplantio..... 84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área Foliar
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CBM	Carbono da Biomassa Microbiana
C-CO <sub>2</sub>	Carbono Evoluído na Forma de CO <sub>2</sub>
<i>Chl a</i>	Clorofila <i>a</i>
<i>Chl b</i>	Clorofila <i>b</i>
COT	Carbono Orgânico Total
CRA	Capacidade de Retenção de Água
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de Variação
DAT	Dias após o transplântio
DC	Diâmetro na Altura do Colo
FOM	Fertilizante Organomineral
H	Altura
ICF	Índice de Clorofila Falker
ICIAG	Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
K	Potássio
Kc	Coefficiente de Conversão
KS	Kolmogorov-Smirnov
MFC	Massa Fresca de Caule
MFF	Massa Fresca de Folhas
MFR	Massa Fresca de Raízes
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MO	Matéria Orgânica
MSC	Massa Seca de Caule
MSF	Massa Seca de Folhas
MSPA	Massa Seca de Parte Aérea

MSR	Massa Seca de Raízes
MST	Massa Seca Total
N	Nitrogênio
P	Fósforo
qCO <sub>2</sub>	Quociente Metabólico
RB	Respiração Basal
S	Enxofre
SW	Shapiro-Wilk
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa
VR	Volume de Raízes
Zn	Zinco

## RESUMO GERAL

DELVAUX, JULIO CESAR. **Bioindicadores de qualidade do solo no crescimento inicial de eucalipto sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar**. 2019. 95f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia<sup>1</sup>.

O aporte de fertilizantes minerais proporciona ganhos de produção podendo ter efeitos adversos sobre a qualidade do solo. Nesse contexto, fertilizantes organominerais (FOMs) peletizados à base de torta de filtro de cana-de-açúcar figuram como alternativa promissora e sustentável para a fertilização dos cultivos florestais, contudo pouco se conhece sobre o efeito dos FOMs no crescimento inicial do eucalipto e na qualidade do solo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta morfofisiológica de plantas de eucalipto, o pH do solo, a biomassa microbiana do solo e sua atividade decorrentes do aporte de FOMs. Um experimento foi conduzido em casa de vegetação em vasos com Latossolo Vermelho e mudas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Clone I144) utilizando o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo avaliados nas parcelas os efeitos das diferentes doses do FOM (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) e um tratamento mineral (100%) em relação à dose de fertilizante recomendada para a cultura e nas subparcelas os efeitos do tempo (30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio – DAT). Verificou-se que a adição do FOM leva ao aumento inicial do pH do solo com posterior redução dos valores da variável. Os maiores incrementos de altura, diâmetro do caule, massa fresca e seca de folhas, caules e raízes foram observados para a dose 50%. Os maiores valores de clorofila *a* foram estimados para as doses 159%, 153% e 118% aos 30, 90 e 120 DAT. Os valores de carbono da biomassa foram inversamente proporcionais às doses do FOM e os valores de respiração basal e quociente metabólico observados nos tratamentos 50% e 100% iguais ou melhores àqueles observados no tratamento com fertilizante mineral. Fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro não propiciam prejuízos ao carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em crescimento inicial de *E. urophylla* x *E. grandis*, apresentando-se como possíveis substitutos da fertilização mineral para implantação de florestas de eucalipto.

**Palavras-chave:** Organomineral peletizado, biomassa microbiana, atividade microbiana.

---

<sup>1</sup>Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – ICIAG/UFU.

## GENERAL ABSTRACT

DELVAUX, JULIO CESAR. **Soil quality bioindicators in initial eucalyptus growth under organomineral fertilization based on sugarcane filter cake.** 2019. 95f. Thesis (Ph. D. in Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia<sup>1</sup>.

The supply of mineral fertilizers provides production gains that can be adverse on soil quality. In this context, biofertilizer peletizados fertilizers (FOMs) to the base of filter cake of sugar cane compete as a promising alternative and sustainable for the fertilization of plantations, however little is known about the effect of the FOMs in the initial growth of eucalyptus and on soil quality. The objective of this work was to evaluate the morphophysiological response of eucalyptus plants, soil pH, the soil microbial biomass and activity resulting from the inflow of FOMs. An experiment was conducted in a greenhouse in vases with Red Latosol and seedlings of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Clone I144) using the randomized blocks design in a subdivided plot scheme, and the effects of the different doses of FOM (0%, 50%, 100%, 150% and 200%) and a mineral treatment (100%) in relation to the dose of fertilizers recommended for the crop and in the subplots, the effects of the time (30, 60, 90 and 120 days after transplanting - DAT). It was found that the addition of the FOM leads to an initial increase of soil pH with subsequent reduction of the variable values. The highest increments of height, stem diameter, fresh and dry mass of leaves, stems and roots were observed for the dose 50%. The highest values of chlorophyll a were estimated for the doses 159%, 153% and 118% at 30, 90 and 120 DAT. The carbon values of biomass were inversely proportional to the doses of FOM and the values of basal respiration and metabolic quotient observed in the treatments 50% and 100% equal or better to those observed in the treatment with mineral fertilizer. Pelletized organomineral fertilizers based on filter cake do not provide damage to carbon and microbial biomass activity of the growing soil of *E. urophylla* x *E. grandis*, presenting itself as possible substitutes of mineral fertilization for the implantation of eucalyptus forests.

**Keywords:** Organomineral pelletized, microbial biomass, microbial activity.

---

<sup>1</sup> Advisor: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – ICIAG/UFU.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A madeira destaca-se, ao longo do curso da história humana, como uma das principais matérias-primas que sustentam a vida no planeta, tendo a demanda crescente e a escassez da oferta natural, feito com que esse recurso deixasse, em muitos países, de ser obtida de forma extrativista para ser cultivada em larga escala (PERLIN, 1992).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de florestas plantadas com cerca de 7,83 milhões de hectares cultivados, sendo a produção destinada à indústria de papel e celulose, carvão vegetal, madeira serrada, produtos de madeira sólida e de madeira processada. O setor é responsável pela geração de 3,8 milhões de empregos diretos e indiretos e pela contribuição anual de R\$ 86,6 bilhões para a economia nacional (IBÁ, 2019).

As florestas de eucalipto compõem 72% dos cultivos florestais do país onde a planta destaca-se em virtude das excelentes propriedades de sua celulose, adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, alta taxa de crescimento, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com excelentes propriedades tecnológicas (MIGUEL et al., 2018).

Nos cultivos de interesse agrícola e industrial o aporte de fertilizantes é, normalmente, dimensionado em função dos ganhos de produção sendo a qualidade do solo por diversas vezes desprezada. Ainda que proporcione ganhos de produção, o aporte de nutrientes pode ter efeitos diversos sobre a comunidade microbiana do solo, podendo, quando realizada de forma incorreta, levar à elevação das emissões de carbono e desnaturação das comunidades microbianas do solo (ZHAO et al., 2013).

Com aumento constante no uso de fertilizantes minerais o Brasil ainda importa 79% da matéria prima utilizada, cenário onde o setor florestal é responsável pelo consumo de aproximadamente 900 mil toneladas anuais (ANDA, 2016).

Nesse contexto, a produção de fertilizantes organominerais, compostos da mistura física de fertilizantes orgânicos e minerais, concorre como alternativa promissora para o fornecimento de nutrientes aos cultivos florestais de forma ecologicamente sustentável e economicamente viável. Estima-se que apenas a reutilização dos resíduos dos setores agrícolas com menor desafio logístico, tais como a

suinocultura, avicultura e sucroalcooleiro, proporcione a produção de 5,3 bilhões de toneladas de fertilizantes NPK (CRUZ et al., 2017) quantidade capaz de suportar todo setor florestal brasileiro.

Mesmo que representem alternativa promissora com resultados já comprovados sobre a produtividade de culturas anuais como o sorgo (OLIVEIRA et al., 2017) e semi-perenes como a cana-de-açúcar (TEIXEIRA et al., 2014; RAMOS et al., 2017), pouco se conhece sobre o efeito dos fertilizantes organominerais sobre os aspectos morfofisiológicos de plantas de eucalipto e sobre a qualidade do solo.

A qualidade do solo, definida como a propensão de determinado tipo de solo funcionar para sustentar a produtividade de plantas e animais (KARLEN et al., 1997), pode ser mensurada por meio de “indicadores”, conjunto de parâmetros facilmente determináveis e sensíveis às perturbações ambientais (DALE et al., 2008). Dentre os diversos indicadores disponíveis para a avaliação da qualidade do solo destacam-se a determinação da biomassa microbiana e da respiração basal, sendo esses indicadores utilizados em um quarto dos trabalhos realizados em solos florestais (BÜNEMANN et al., 2018).

Diversos trabalhos avaliaram o efeito do aporte de fertilizantes minerais sobre os indicadores microbianos de qualidade do solo (SMOLANDER et al., 1994; SPOHN et al., 2016). Contudo, pouco se conhece sobre o efeito de fertilizantes organominerais sobre a biomassa microbiana do solo.

Diante do exposto, propõe-se que fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro de cana-de-açúcar têm potencial para substituir a fertilização mineral na implantação de cultivos de *E. urophylla* x *E. grandis*, elevar o pH do solo e contribuir para manutenção da qualidade microbiológica do solo.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta morfofisiológica na fase de crescimento inicial de plantas de eucalipto, o pH do solo, a biomassa microbiana do solo e sua atividade decorrentes do aporte de diferentes doses de fertilizante organomineral peletizado à base de torta de filtro de cana-de-açúcar.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**: 2016. São Paulo: ANDA, 2016.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G., DE GOEDE, R.; FLESKENS, F.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality: a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 120, p. 105-125, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial** **45**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 45, p. 137-187, mar. 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11734>. Acesso em: 9 dez. 2019.

DALE, V. H.; PEACOCK, A. D.; GARTEN JR, C. T.; SOBEK, E.; WOLFE, A. K. Selecting indicators of soil, microbial, and plant conditions to understand ecological changes in Georgia pine forests. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 6, p. 818-827, nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.08.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X07000799?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

IBÁ. **Sumário executivo da indústria brasileira de árvores**: relatório 2019. Brasília, DF: IBA, 2019. 80 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 1, p. 4-10, jan. 1997. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/61/1/SS0610010004>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MIGUEL, P. S. B.; MIGUEL, F. B.; MOREIRA, B. C.; DE OLIVEIRA, M. N. V.; DELVAUX, J. C.; FREITAS, F. S.; BORGES, A. C.; COSTA, M. D. Diversity of the endophytic filamentous fungal leaf community at different development stages of eucalyptus. **Journal of Forestry Research**, v. 30, n. 3, p. 1093-1103, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0610-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11676-018-0610-0>. Acesso em: 17 dez. 2019.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural**

**Research**, v. 12, n. 32, p. 2574-2581, ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/ACDC03D65521>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PERLIN, J. **História das florestas**: a importância da madeira no desenvolvimento da civilização. Tradução Marija Mendes Bezerra. Rio de Janeiro: Imago, 1992. 490 p.

RAMOS, L. A.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Effect of organo-mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 1, p. 20-27, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11024>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/73BA66F62253>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SMOLANDER, A.; KURKA, A.; KITUNEN, V.; MÄLKÖNEN, E. Microbial biomass C and N, and respiratory activity in soil of repeatedly limed and N-and P-fertilized Norway spruce stands. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 8, p. 957-962, ago. 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90109-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90109-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038071794901090?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SPOHN, M.; PÖTSCH, E. M.; EICHORST, S. A.; WOEBKEN, D.; WANEK, W.; RICHTER, A. Soil microbial carbon use efficiency and biomass turnover in a long-term fertilization experiment in a temperate grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 97, p. 168-175, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071716300165?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, nov./dez. 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22156>. Acesso em: 11 dez. 2019.

ZHAO, J.; WAN, S.; FU, S.; WANG, X.; WANG, M.; LIANG, C.; CHEN, Y.; ZHU, X. Effects of understory removal and nitrogen fertilization on soil microbial communities in Eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 310, p. 80-86, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112713005409>. Acesso em: 17 dez. 2019.

## 1.2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.2.1 Eucaliptocultura no Brasil

A grande diversidade, rápido crescimento e adaptabilidade às mais diversas condições edafoclimáticas fizeram do gênero *Eucalyptus* um recurso global de energia e biomassa, sendo hoje o grupo de árvores folhosas mais cultivada no mundo, com aproximadamente 20 milhões de hectares plantados em mais de 100 países nos seis continentes (MYBURG et al., 2014).

O gênero *Eucalyptus* destaca-se como o mais cultivado no Brasil, com área plantada de 5,7 milhões de hectares em 2018, onde 24% dos plantios estão localizados no estado de Minas Gerais (IBÁ, 2019).

Originário do continente australiano, o gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e apresenta aproximadamente 700 espécies, quase todas originárias da Austrália. Apresentam elevada taxa de crescimento, forma retilínea do fuste, desrama natural e produção de madeira como variações nas propriedades tecnológicas adaptadas aos mais diversos usos industriais (VENTURIN, et al., 2014; MIGUEL, et al., 2018).

Dentre as principais espécies de eucalipto utilizadas no Brasil, estão o *E. grandis*, *E. urophylla* e o *E. saligna*, sendo recorrente a utilização de híbridos interespecíficos como o *E. urophylla* x *E. grandis* o que permite maior plasticidade quanto à adaptação aos diferentes ambientes e a obtenção de madeira com melhor qualidade (SILVEIRA et al., 2001).

Desenvolvido no Brasil, inicialmente como uma alternativa à susceptibilidade do eucalipto ao cancro causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*, o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (*E. "urograndis"*) apresenta o rápido e bom crescimento do *Eucalyptus grandis* e a elevada densidade da madeira, rusticidade e resistência ao déficit hídrico do *E. urophylla* (FOWLER, 2014).

O aumento dos investimentos em ciência e tecnologia aplicados ao setor florestal nas últimas cinco décadas levaram a um expressivo aumento na produtividade dos povoamentos de eucalipto no país, permitindo que a produtividade média progredisse dos 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> obtidos na década de 60 para produtividades médias de 36,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

ano<sup>-1</sup>, levando o Brasil ao topo do ranking mundial de produtividade florestal (GONÇALVES et al., 2008; SANTANA et al., 2014; LOPES et al., 2015; IBÁ, 2019).

### **1.2.2 Nutrição mineral do eucalipto**

Via de regra, nos cultivos de interesse agrícola e industrial grandes quantidades de nutrientes são aportadas por meio de fertilizantes minerais (XU et al., 2012).

Na eucaliptocultura, a magnitude do ganho em produção é dependente da fertilidade do solo, material genético, capacidade produtiva do sítio, sendo a obtenção de elevadas produtividades associada a um grande aporte de nutrientes ao solo, principalmente no período entre o plantio e o tocar das copas das árvores, fase em que se observa maior competição por luz e nutrientes em razão do rápido aumento do número de galhos e folhas. Assim, a adubação de implantação é fundamental para o desenvolvimento da planta (BARROS & CAMERFORD, 2002).

Contudo, em razão dos grandes avanços dos programas de melhoramento genético conduzidos no Brasil, as florestas de eucalipto têm apresentado elevadas produtividades, mesmo com a utilização de doses de fertilizantes abaixo das recomendações para as demais culturas agrícolas (GONÇALVES, 1995; BARROS & NOVAIS, 1999).

Normalmente, os solos destinados ao cultivo do eucalipto no Brasil são de baixa fertilidade natural, ricos em sesquióxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), com elevada capacidade de adsorção de fósforo (P) e altos teores de manganês (Mn) e Al, sendo portanto, a adição de corretivos e fertilizantes naturais necessária para que se obtenham produções elevadas de forma sustentável (SILVEIRA et al., 2001; BARROS et al., 2014).

A fase inicial de crescimento do eucalipto é marcada pela elevada absorção de nitrogênio com conseqüente aumento da área foliar e maior expressão do sistema fotossintético, fazendo com que ocorra rápida expansão da parte aérea (CROMER et al., 1993; SANTANA et al., 2014).

Na implantação de cultivos de eucalipto a adubação tem como principal objetivo o fornecimento de fósforo, cobre (Cu) e zinco (Zn) podendo ainda conter pequenas

quantidades de nitrogênio (N) e potássio (K), sendo para o fósforo indicadas as fontes de maior solubilidade (SILVEIRA et al., 2001).

Nitrogênio e fósforo são nutrientes essenciais para o crescimento das plantas uma vez que estão envolvidos em diversas funções celulares e no metabolismo sendo requeridos em grandes quantidades pelas plantas. Contudo, em ecossistemas naturais esses nutrientes normalmente são encontrados em quantidades menores àquelas demandadas pelas plantas cultivadas, tornando-se limitantes ao seu desenvolvimento (TAIZ et al.; 2017).

Em florestas de eucalipto a maior parte das operações de aporte de nutrientes é realizada nas fases de formação da muda e transplântio para os sítios florestais em razão da necessidade de rápido desenvolvimento inicial e da facilidade de avaliação dos efeitos da fertilização (CROUS et al., 2015).

No decorrer do desenvolvimento da planta, a determinação do conteúdo de nutrientes disponíveis no tecido vegetal pode fornecer informações relevantes para o manejo sustentável de florestas de eucalipto, havendo boa correlação entre a taxa de crescimento e o acúmulo de nutrientes (SANTANA et al., 1999).

Essa determinação pode ser realizada de forma direta, pela extração e quantificação dos nutrientes, entretanto, esses processos têm se mostrado onerosos, lentos e de difícil execução, o que impede a obtenção de dados de forma rápida e com repetibilidade adequadas para os processos de tomada de decisão. Dessa forma, a utilização de parâmetros indiretos que reflitam o status nutricional da planta têm sido cada vez mais utilizados na agricultura (CHANG & ROBISON, 2003).

A mensuração indireta da clorofila, diretamente associada à taxa fotossintética das plantas, tem ganhado destaque pela simplicidade e portabilidade dos equipamentos utilizados, baixo custo, viabilidade de obtenção de várias observações num curto espaço de tempo e repetibilidade dos protocolos. Normalmente, a mensuração do teor de clorofila é realizada pela quantificação da absorvância de feixes de luz em comprimentos de onda próximos aos picos de absorção da clorofila *a* e da clorofila *b* (BARBIERI JUNIOR et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2017).

### 1.2.3 Fertilizantes organominerais à base de torta de filtro

Apesar da produção nacional de fertilizantes minerais ser historicamente inferior ao consumo, a demanda por fertilizantes cresceu 87% no período entre 2000 e 2015, fazendo com que o país tenha de importar em média 79% do fertilizante utilizado. Nesse cenário estima-se que o setor florestal brasileiro seja responsável pelo consumo de 962 mil toneladas de fertilizantes anuais (ANDA, 2016).

Diante do déficit de produção de fertilizantes minerais, os fertilizantes organominerais surgem como alternativa promissora, de baixo custo e ecologicamente sustentáveis para o fornecimento de nutrientes aos cultivos agrícolas.

Definido como produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos, o fertilizante organomineral constitui-se de tecnologia inovadora que permite o aproveitamento de resíduos oriundos de atividades urbanas e/ou agrícolas para o suprimento de nutrientes às plantas. A utilização de resíduos vem de encontro com o disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que determina a correta destinação aos resíduos gerados ao longo das cadeias produtivas (BRASIL, 2010; MORAES et al., 2017).

A Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, estabelece as garantias mínimas para produção e comercialização dos fertilizantes organominerais, quais sejam: 8% de carbono orgânico; CTC de 80 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; 10% de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% de macronutrientes secundários e umidade máxima de 30% (BRASIL, 2009).

De baixa complexidade operacional, a produção dos fertilizantes organominerais é semelhante às misturas de compostos orgânicos e fertilizantes minerais já tradicionalmente adotadas em alguns sistemas agrícolas. Entretanto a utilização de resíduos orgânicos apresenta grande potencial para economia de nutrientes.

Considerando apenas a utilização de resíduos de setores agrícolas com menor desafio logístico, como a suinocultura, a avicultura e o setor sucroalcooleiro, estima-se que a quantidade de macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) contidos nesses resíduos somem 5,3 milhões de toneladas, podendo suprir 38% do consumo nacional desses nutrientes o que representa um mercado potencial de US\$ 1,1 bilhão (CRUZ et al., 2017). Assim, apenas o setor de fertilizantes organominerais seria suficiente para suprir toda demanda de macronutrientes do setor florestal nacional.

Contudo, aliado aos benefícios dessa tecnologia, desafios logísticos têm dificultado a expansão da produção de organominerais, entre eles o tempo e o espaço demandado para a compostagem dos resíduos, a dificuldade de transporte desse material por longas distâncias a baixo custo e a escassez de informações técnicas sobre o benefício de sua utilização (CRUZ et al., 2017).

Dentre os setores citados, o setor sucroalcooleiro é o que apresenta hoje os menores desafios logísticos, em função das elevadas quantidades de resíduos orgânicos produzidos nas unidades de fabricação de açúcar e álcool. Considerando apenas a torta de filtro, resíduo proveniente do processo industrial de clarificação do caldo é possível a obtenção de 100 a 400 kg de torta por tonelada de cana-de-açúcar moída (SPADOTTO & RIBEIRO, 2006; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011). Dessa forma, como a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) estimada para a safra 2018/2019 é de 635,51 milhões de toneladas seria possível a geração de até 254,2 milhões de toneladas de torta (IPEA, 2012; CONAB, 2018).

A composição química da torta de filtro pode apresentar ampla variação no teor de nutrientes encontrado no material antes da compostagem (Tabela 1), sendo esses teores função de vários fatores, tais como tipo de solo, manejo do cultivo, variedade e tempo de maturação da cana-de-açúcar e, do processo industrial de clarificação do caldo (MEUNCHANG et al., 2005; LIMA et al., 2009; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011; CHACÓN et al., 2011; PRADO et al., 2013).

Dentre os tratamentos que interferem na composição química da torta de filtro, destaca-se a etapa de floculação dos colóides orgânicos presentes no caldo onde ao caldo ainda aquecido é adicionada uma suspensão de hidróxido de cálcio que promove a elevação do pH e conseqüente precipitação dos colóides orgânicos, sais de cálcio e fosfato, resultando em um material ligeiramente alcalino (NUNES JÚNIOR, 2005).

Para utilização da torta de filtro, o processo de compostagem torna-se necessário em virtude das conseqüências negativas advindas da adição do material fresco ao solo que é seguida pela rápida mineralização do composto pela microbiota indígena do solo com geração de elevadas quantidades de CO<sub>2</sub> e conseqüente depleção dos níveis de oxigênio na rizosfera. Ademais, a rápida mineralização leva à imobilização do nitrogênio pela biomassa microbiana tornando-o indisponível para a planta (MEUNCHANG et al., 2005; FIALHO et al., 2010).

Reconhecido como um dos processos mais viáveis para a conversão de resíduos orgânicos em fertilizantes para as plantas, o processo de compostagem consiste na decomposição aeróbia e termofílica dos resíduos realizada por populações microbianas quimiorganotróficas e tem como principal função a produção de material com pH adequado para uso agrícola, com relação carbono/nitrogênio (C/N) próxima a 8:1, estável em relação à atividade microbiana e livre de substâncias fitotóxicas (MEUNCHANG et al., 2005; SYLVIA et al., 2005).

**Tabela 1.** Características químicas da torta de filtro de cana de açúcar antes do processo de compostagem.

<b>Parâmetros</b>	<b>Meunchang et al., 2005</b>	<b>Lima et al., 2009</b>	<b>Chacón et al., 2011</b>	<b>Prado et al., 2013</b>
M. orgânica (%)	48	( - )	71	29,6
pH	7,7	( - )	( - )	8,2
C (%)	( - )	47,5	35,8	( - )
N (%)	1,80	2,19	1,73	1,4
Relação C/N	14	21	24	12
P (%)	0,96	0,9	1,91	1,2
K (%)	0,39	1,17	0,16	0,2
S	( - )	0,019	0,34	0,2
Ca (%)	7,10	1,18	0,88	2,7
Mg (%)	0,40	0,46	0,10	1,1
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1,9	( - )	27,2	( - )
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	51	( - )	81	( - )
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	257	43,6	400	( - )
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	803	171,7	11858	( - )

( - ): parâmetro não determinado no trabalho referenciado.

A torta de filtro já é utilizada em substituição parcial da fertilização mineral em vários países, entre eles Brasil, Índia, Cuba, Paquistão, Austrália (SANTOS et al., 2010; DOTANIYA et al., 2016; GONZÁLEZ et al., 2016; SEHAR et al., 2018; LIU et al., 2018). Entretanto, os principais entraves à utilização direta da torta de filtro na agricultura são o elevado custo de transporte e a dificuldade no armazenamento e

gerenciamento do resíduo, sendo sua aplicação economicamente inviável em áreas localizadas a mais de 12 km da usina (BASANTA et al., 2007; GEORGE et al., 2010).

Já bem estabelecida, a tecnologia de produção de fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro associa os bons rendimentos advindos da fertilização mineral à viabilidade econômica, sustentabilidade e vantagens da presença da matéria orgânica agregada ao produto tais como, liberação lenta e controlada dos nutrientes, aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), aumento da superfície específica do solo, complexação de substâncias tóxicas, melhoria da estrutura e efeito benéfico sobre as comunidades microbianas do solo (TEIXEIRA et al., 2014; CRUZ et al., 2017).

Nesse contexto, estudos realizados no Brasil confirmam a viabilidade agrônômica da utilização de fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro em cultivos de cana-de-açúcar (TEIXEIRA et al., 2014; RAMOS et al., 2017) e sorgo (OLIVEIRA et al., 2017).

#### **1.2.4 Bioindicadores de qualidade microbiana do solo**

Apesar do aumento do número de estudos sobre a eficiência dos fertilizantes organominerais e sua dinâmica no sistema solo-planta, poucos são os trabalhos que relacionam a eficiência desses fertilizantes aos indicadores biológicos de qualidade do solo.

O constante aumento da demanda por alimentos, fibras e combustíveis é acompanhado pelo proporcional aumento da produção de fertilizantes, setor que tem sido cada vez mais desafiado a produzir fertilizantes com tecnologias que permitam a melhoria das condições ambientais, principalmente no desenvolvimento de produtos que levem à redução da emissão de gases do efeito estufa e elevação dos estoques de carbono na biomassa microbiana do solo (SNYDER et al., 2009).

Ainda que levem ao ganho de produção, o aporte de nutrientes realizado com base apenas em aspectos morfofisiológicos da planta pode levar à desnaturação das comunidades microbianas do solo, elevar a atividade microbiana, com consequentemente elevação da emissão de gases do efeito estufa, e redução dos estoques de carbono no solo. Entretanto, poucos são os estudos que correlacionam a

fertilização aos seus efeitos sobre as comunidades microbianas do solo (ZHAO et al., 2013).

Assim, estudos que têm por objetivo entender o efeito do aporte de fertilizantes organominerais sobre a qualidade do solo são de grande importância para a recomendação dessa tecnologia em substituição parcial ou total dos fertilizantes minerais nos cultivos de eucalipto.

Entende-se por qualidade do solo a capacidade de determinado tipo de solo funcionar, dentro dos seus limites naturais ou controlados dos ecossistemas, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou melhorar a qualidade ambiental e dar suporte à saúde humana e habitação (KARLEN et al., 1997). Mensurada por meio de indicadores, atributos capazes de refletir a situação ou a condição ambiental de um ecossistema (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007), a qualidade do solo é fundamental para o manejo sustentável dos sistemas de produção agrícola, principalmente daqueles manejados de forma intensiva (PAZ-FERREIRO & FU, 2016).

Indicadores de qualidade do solo podem ser físicos, químicos e biológicos, perfazendo uma ampla gama de fatores tais como, matéria orgânica do solo, estrutura, infiltração e densidade, capacidade de retenção da umidade, pH, condutividade elétrica, mineralização de nutrientes, respiração, fixação biológica de nitrogênio e atividade enzimática (WIENHOLD et al., 2004). Para ser considerado um bom indicador da qualidade do solo o parâmetro ou conjunto de parâmetros avaliados deve ser facilmente mensurado, ser sensível ao estresse no sistema, responder de forma previsível à perturbação, ser capaz de prever o estresse ou mudança na iminência de sua ocorrência, ser integrativo, ter resposta conhecida a distúrbios naturais e ações antropogênicas, ter padrão de variabilidade de resposta conhecido devendo considerar o contexto espacial e temporal da unidade mensurada (DALE et al., 2008). Portanto, torna-se necessária que as avaliações desses indicadores sejam dinâmicas de forma a determinar se a prática de manejo utilizada está levando à manutenção, melhoria ou degradação do solo (WIENHOLD et al., 2004).

A atividade microbiana é concentrada nas camadas superficiais do solo, região onde ocorrem a maior quantidade de intervenções antrópicas, incluindo os cultivos agrícolas. Nesse habitat, as comunidades microbianas são parte de uma ampla gama de funções que vão desde a ciclagem de materiais até a associação com plantas superiores (KASCHUK et al., 2010). Ademais, a microbiota do solo é sensível às mudanças no

ecossistema apresentando na maior parte das vezes respostas rápidas às mudanças na qualidade do solo característica pouco observável nos indicadores químicos e físicos (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007).

Diversos parâmetros microbianos podem ser utilizados na determinação do status de qualidade do solo, contudo um conjunto mínimo de indicadores deve ser utilizado para realizar uma avaliação significativa da qualidade do solo (ARSHAD & MARTIN, 2002), sendo os mais comumente utilizados a biomassa microbiana e sua atividade (PAZ-FERREIRO & FU, 2016).

Araújo & Monteiro (2007), ao destacarem o número mínimo de indicadores (MDS) utilizados nos programas de monitoramento de qualidade do solo dos países da comunidade europeia, revelam que a biomassa microbiana e respiração basal integram os programas de vários países. Esses indicadores são citados em aproximadamente 25% dos trabalhos realizados em solos florestais (BÜNEMANN et al., 2018).

O carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) corresponde ao componente vivo da matéria orgânica, constituído por bactérias, arqueas e eucariotos, excetuando-se a biomassa de raízes e a macrofauna (KASCHUK et al., 2010). A biomassa microbiana está diretamente relacionada a diversas funções do solo, entre elas a decomposição de resíduos orgânicos, a ciclagem e disponibilização de nutrientes, solubilização de nutrientes, estruturação do solo e manutenção dos estoques de carbono do solo, constituindo-se de um atributo de rápida resposta em situações de estresse ambiental (NOGUEIRA et al., 2006). A biomassa microbiana representa ainda o compartimento do solo onde a ciclagem de carbono ocorre de forma mais rápida, permitindo o estudo do fluxo desse nutriente no solo (GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

O estoque de carbono da biomassa microbiana no solo pode ser mensurado de forma direta, onde a observação microscópica constitui-se como principal técnica, ou por métodos indiretos, onde são determinadas as quantidades de um ou mais metabólitos celulares, sendo o resultado correlacionado à composição celular (SYLVIA et al., 2005). Os métodos indiretos incluem o método da fumigação incubação, fumigação extração, respiração induzida por substrato e a quantificação de adenosina trifosfato (HORWATH & PAUL, 1994).

Na determinação da biomassa microbiana é estimada, coletivamente, toda a massa de fungos, bactérias e arqueas sendo as atividades metabólicas de todas as espécies expressa pela capacidade metabólica total de todos os indivíduos da

comunidade, portanto, espera-se uma menor respiração da comunidade microbiana à medida que aumenta a diversidade de espécies. De forma oposta, comunidades microbianas submetidas a distúrbios ou redução da diversidade tendem a apresentar aumento na respiração em decorrência da necessidade de reparação dos danos causados por meio do desvio de energia do crescimento e reprodução para a manutenção celular (ODUM, 1969; ANDERSON, 2003).

A respiração basal do solo reflete todos os processos de oxidação da matéria orgânica onde o dióxido de carbono é produzido ao final (KUZYAKOV, 2006), sendo a técnica mais utilizada com maior frequência para determinar a atividade microbiana (BÜNEMANN et al., 2018). A partir dos dados de carbono da biomassa microbiana e respiração basal é possível estimar os valores do quociente metabólico ( $qCO_2$ ), correspondente à respiração basal por unidade de biomassa microbiana. O  $qCO_2$  constitui-se de uma medida de eficiência da biomassa microbiana na utilização dos substratos (ANDERSON, 2003). Ambas as variáveis, respiração basal e quociente metabólico permitem avaliar o nível de estresse a que um ecossistema está sendo submetido, sendo possível avaliar a quão benéfica ou danosa é a prática de manejo utilizada.

Vários são os estudos que correlacionam o efeito do aporte de fertilizantes minerais sobre a biomassa e a atividade microbiana do solo (SMOLANDER et al., 1994; DHULL et al., 2004; LUO et al., 2015; SPOHN et al., 2016). Entretanto, poucos são os relatos encontrados na literatura sobre efeito do de fertilizantes organominerais peletizados sobre a biomassa e a atividade da comunidade microbiana no solo em cultivos de eucalipto.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B., GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000003>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662011001000003&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011001000003&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.
- ANDERSON, T.-H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 98, n. 1-3, p. 285-293, set. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00088-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00088-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880903000884?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**: 2016. São Paulo, ANDA, 2016.
- ARAÚJO, A. S.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, jul./set. 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684>. Acesso em: 16 dez. 2019.
- ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 88, n. 2, p. 153-160, fev. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00252-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00252-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880901002523?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- BARBIERI JUNIOR, E.; ROSSIELLO, R. O. P.; SILVA, R. V. M. M.; RIBEIRO, R. C.; MORENZ, M. J. F. A new chlorophyll meter to estimate chlorophyll contents in leaves of Tifton 85 bermudagrass. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2242-2245, out. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000109>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782012001200022&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012001200022&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.
- BARROS, N. F.; CAMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 2, p. 487-592, 2002.
- BASANTA, R.; DELGADO, G.; MARTÍNEZ, J. E. C.; VÁZQUEZ, H. M.; VÁZQUEZ, G. B. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, [s. l.], v. 5, n. 4, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/11358120709487704>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11358120709487704>. Acesso em: 17 dez. 2019.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação mineral do eucalipto. *In*: VALE, A. B.; MACHADO, C.; PIRES, J.; VILAR, M.; COSTA, C.; NACIF, A. P. (ed.). **Eucaliptocultura no Brasil**: silvicultura, manejo e ambiência. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2014. p. 87-102.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalipto. *In*: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, ano 146, n. 142, p. 20-24, 28 jul. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, ano 122, n. 147, p. 3-7, 3 ago. 2010.

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G., DE GOEDE, R.; FLESKENS, F.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality: a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 120, p. 105-125, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

CHANG, S. X.; ROBISON, D. J. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 181, n. 3, p. 331-338, ago. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00004-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00004-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112703000045?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

CHACÓN, E. A. V.; SÁ MENDONÇA, E.; SILVA, R. R.; LIMA, P. C.; SILVA, I. R.; CANTARUTTI, R. B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 3, maio/jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000300019>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2011000300019&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2011000300019&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: CANA-DE-AÇÚCAR: SAFRA 2018/2019. Brasília, DF, **CONAB**, v. 5. n. 2, ago. 2018. 76 p. ISSN: 2318-7921. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/22956\\_506e8f00170422c62a452d3e319a6d6f](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/22956_506e8f00170422c62a452d3e319a6d6f). Acesso em: 13 dez. 2019.

CROMER, R. N.; CAMERON, D. M.; RANCE, S. J.; RYAN, P. A.; BROWN, M. Response to nutrients in eucalyptus grandis. 2. Nitrogen accumulation. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 62, n. 1-4, p. 231-243, dez. 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(93\)90052-O](https://doi.org/10.1016/0378-1127(93)90052-O). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037811279390052O?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

CROUS, K. Y.; OSVALDSSON, A.; ELLSWORTH, D. S. Is phosphorus limiting in a mature Eucalyptus woodland? Phosphorus fertilisation stimulates stem growth. **Plant and soil**, [s. l.], v. 391, n. 1-2, p. 293-305, jun. 2015. DOI: 10.1007/s11104-015-2426-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-015-2426-4>. Acesso em: 11 dez. 2019.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial** 45. Rio de Janeiro, v. 1, n. 45, p. 137-187, mar. 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11734>. Acesso em: 9 dez. 2019.

DALE, V. H.; PEACOCK, A. D.; GARTEN JR, C. T.; SOBEK, E.; WOLFE, A. K. Selecting indicators of soil, microbial, and plant conditions to understand ecological changes in Georgia pine forests. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 818-827, nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.08.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X07000799?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DHULL, S.; GOYAL, S.; KAPOOR, K.; MUNDRA, M. Microbial biomass carbon and microbial activities of soils receiving chemical fertilizers and organic amendments. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [s. l.], v. 50, n. 6, p. 641-647, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/08927010400011294>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08927010400011294>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DOTANIYA, M. L.; DATTA, S. C.; BISWAS, D. R.; DOTANIYA, C. K.; MEENA, B. L.; RAJENDIRAN, S.; REGAR, K. L.; LATA, M. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 185-194, set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0132-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-016-0132-8>. Acesso em: 17 dez. 2019.

FIALHO, L. L.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L. Characterization of organic matter from composting of different residues by physicochemical and spectroscopic methods. **Bioresource technology**, [s. l.], v. 101, n. 6, p. 1927-1934, mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852409014151?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

FOWLER, J. A. P. Produção, armazenamento e comercialização de sementes de eucalipto no Brasil. *In*: VALE, A. B.; MACHADO, C.; PIRES, J.; VILAR, M.; COSTA, C.; NACIF, A. P. (ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2014. p. 87-102.

GAMA-RODRIGUES, E. F. D.; BARROS, N. F. D.; VIANA, A. P.; SANTOS, G. D. A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, jul./ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400013>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000400013&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000400013&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

GEORGE, P. A. O.; ERAS, J. J. C.; GUTIERREZ, A. S.; HENS, L.; VANDECASTEELE, C. Residue from sugarcane juice filtration (filter cake): energy use at the sugar factory. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 407-413, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-010-9046-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12649-010-9046-2>. Acesso em: 17 dez. 2019.

GONÇALVES, J. D. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [s. l.], v. 70, n. 2, p. 105-118, nov. 2009. DOI: <https://doi.org/10.2989/SOUTH.FOR.2008.70.2.6.534>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2989/SOUTH.FOR.2008.70.2.6.534>. Acesso em: 17 dez. 2019.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para eucalyptus, pinus e espécies típicas da mata atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 15, p. 1-23, 1995. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/edicoes.asp>. Acesso em: 12 dez. 2019.

GONZÁLEZ, L. C.; JIMÉNEZ, M. A.; CAMPOS, C. N. S.; ESPINOSA, R. R.; ROMERO, I. F.; SELVA, E. P.; PRADO, R. M.; ROMERO, M. Efecto de la adición de cachaza, roca fosfórica y biofertilizantes en el suelo sobre el contenido de fósforo y el desarrollo de plántulas de caña de azúcar=Effect of the filter cake, phosphoric rock and biofertilizer addition to the soil on the phosphorous content and sugar cane seedlings. **Cultivos Tropicales**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 145-151, out./dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.17308.08324>. Disponível em: <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/issue/view/142>. Acesso em: 12 dez. 2019.

HORWATH, W. R.; PAUL, E. A. Microbial biomass. *In*: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (ed.). **Methods of soil analysis: Part 2: Microbiological and biochemical properties**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, 1994. p. 753-774.

IBÁ. **Sumário executivo da indústria brasileira de árvores**: relatório 2019. Brasília, DF: IBA, 2019. 80 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil). **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas**: relatório de pesquisa. Brasília, DF: IPEA, 2012. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917\\_relatorio\\_residuos\\_organicos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf). Acesso em: 28 out. 2018.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 4-10, jan. 1997. DOI: doi:10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/61/1/SS0610010004>. Acesso em: 17 dez. 2019.

KASCHUK, G; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 1-13, jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071709003095?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

KUZYAKOV, Y. Sources of CO<sub>2</sub> efflux from soil and review of partitioning methods. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 425-448, mar. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.08.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071705003469?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

LIU, X.; RASHTI, M. R.; DOUGALL, A.; ESFANDBOD, M.; VAN ZWIETEN, L.; CHEN, C. Subsoil application of compost improved sugarcane yield through enhanced supply and cycling of soil labile organic carbon and nitrogen in an acidic soil at tropical Australia. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 180, p. 73-81, ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.02.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198718301260?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

LOPES, A. V.; SOUZA, B. R.; MOURA, D. R.; DA SILVA, D. Z.; SILVEIRA, P. S.; MATOS, F. S. Initial growth of eucalyptus plants treated with gibberellin. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. 1251-1255, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9527>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-references/D58DFBA51438>. Acesso em: 17 dez. 2019.

LUO, P.; HAN, X.; WANG, Y.; HAN, M.; SHI, H.; LIU, N.; BAI, H. Influence of long-term fertilization on soil microbial biomass, dehydrogenase activity, and bacterial and fungal community structure in a brown soil of northeast China. **Annals of**

**Microbiology**, [s. l.], v. 65, n. 1, p. 533-542, mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0889-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13213-014-0889-9>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MEUNCHANG, S.; PANICHSAKPATANA, S.; WEAVER, R. W. Co-composting of filter cake and bagasse; by-products from a sugar mill. **Bioresource technology**, [s. l.], v. 96, n. 4, p. 437-442, mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852404002032?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MIGUEL, P. S. B.; MIGUEL, F. B.; MOREIRA, B. C.; DE OLIVEIRA, M. N. V.; DELVAUX, J. C.; FREITAS, F. S.; BORGES, A. C.; COSTA, M. D. Diversity of the endophytic filamentous fungal leaf community at different development stages of eucalyptus. **Journal of Forestry Research**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 1093-1103, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0610-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11676-018-0610-0>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MORAES, E. R.; MAGESTE, J. G.; LANA, R. M. Q.; SILVA, R. V.; CAMARGO, R. Sugarcane: Organo-Mineral Fertilizers and Biostimulants. **Sugarcane: Technology and Research. IntechOpen**, [s. l.], dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.71493>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/sugarcane-technology-and-research/sugarcane-organo-mineral-fertilizers-and-biostimulants>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MYBURG, A. A. *et al.* The genome of eucalyptus grandis. **Nature**, [s. l.], v. 510, p. 356-362, jun. 2014. <https://doi.org/10.1038/nature13308>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature13308>. Acesso em: 17 dez. 2019.

NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO-JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; DUARTE, R. T. D.; GIOPPO, N. M. R.; MENNA, P.; ORLANDI, J. M.; RAIMAM, M. P.; RAMPAZO, L. G. L.; SANTOS, M. A.; SILVA, M. E. Z.; VIEIRA, F. P.; TOREZAN, J. M. D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, M. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agriculture, ecosystems & environment**, [s. l.], v. 115, n. 1-4, p. 237-247, jul. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.01.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880906000375?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

NUNES JÚNIOR, D. **O insumo torta de filtro**. Ribeirão Preto: IDEA News, 2005.

ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Science**, [s. l.], v. 164, n. 3877, p. 262-270, abr. 1969. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.164.3877.262>. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/164/3877/262>. Acesso em: 17 dez. 2019.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 12, n. 32, p. 2574-2581, ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/ACDC03D65521>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PAZ-FERREIRO, J.; FU, S. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. **Land Degradation & Development**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 14-25, jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2262>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ldr.2262>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PRADO, R. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, Jaboticabal, SP, v. 2013, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/581984>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2013/581984/>. Acesso em: 17 dez. 2019.

RAMOS, L. A.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Effect of organo-mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 20-27, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11024>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/73BA66F62253>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de eucalyptus grandis e eucalyptus saligna em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, [s. l.], n. 56, p. 155-169, dez. 1999. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr56.asp>. Acesso em: 11 dez. 2019.

SANTANA, R. C.; FONTAN, I. C. I.; OLIVEIRA, S. L. Implantação, manutenção e produtividade dos povoamentos. In: VALE, A. B.; MACHADO, C.; PIRES, J.; VILAR, M.; COSTA, C.; NACIF, A. P. (ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2014. p. 161-186.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, out./dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632010000400002>.

SEHAR, A.; AZIZ, R.; RAFIQ, M. T.; HUSSAIN, M. M.; RIZWAN, M.; SEHRISH, A. K.; RAFIQ, M. K.; DIN, J.; HUSSAIN, J.; AL-WABEL, M.; ALI, S. Synthesis of biochar from sugarcane filter-cake and its impacts on physiological performance of lettuce (*Lettuce sativa*) grown on cadmium contaminated soil. **Arabian Journal of Geosciences**, [s. l.], v. 11, n. 20, p. 634, out. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4006-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12517-018-4006-4>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E.; SGARB, F.; MUNIZ, M. Seja o doutor do seu eucalipto. Piracicaba, SP: Potafos, 2001. 32 p. (Potafos. **Arquivo do Agrônomo**, n. 12).

SMOLANDER, A.; KURKA, A.; KITUNEN, V.; MÄLKÖNEN, E. Microbial biomass C and N, and respiratory activity in soil of repeatedly limed and N-and P-fertilized Norway spruce stands. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 26, n. 8, p. 957-962, ago. 1994. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90109-0](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90109-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038071794901090?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L.; FIXEN, P. E. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 133, n. 3-4, p. 247-266, out. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909001297?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J. J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D. A. (ed.). **Principles and applications of soil microbiology**. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.

SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. São Paulo: FEFAP, 2006.

SPOHN, M.; PÖTSCH, E. M.; EICHORST, S. A.; WOEBKEN, D.; WANEK, W.; RICHTER, A. Soil microbial carbon use efficiency and biomass turnover in a long-term fertilization experiment in a temperate grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 97, p. 168-175, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.03.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071716300165?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, nov./dez. 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22156>. Acesso em: 11 dez. 2019.

VENTURIN, N.; CAMPINHOS JÚNIOR, E.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P. Histórico. Origem do gênero *Eucalyptus*. In: VALE, A. B.; MACHADO, C.; PIRES, J.; VILAR, M.; COSTA, C.; NACIF, A. P. (ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2014. p. 17-38.

WIENHOLD, B. J.; ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L. Soil quality: a review of the science and experiences in the USA. **Environmental Geochemistry and Health**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 89-95, jun. 2004. <https://doi.org/10.1023/B:EGAH.0000039571.59640.3c>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3AEGAH.0000039571.59640.3c>. Acesso em: 17 dez. 2019.

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, [s. l.], v. 63, p. 153-182, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105532>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-arplant-042811-105532>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ZHAO, J.; WAN, S.; FU, S.; WANG, X.; WANG, M.; LIANG, C; CHEN, Y; ZHU, X. Effects of understory removal and nitrogen fertilization on soil microbial communities in Eucalyptus plantations. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 310, p. 80-86, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112713005409?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

## CAPÍTULO 2

### CRESCIMENTO INICIAL DE *E. urophylla* x *E. grandis* SOB DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL PELETIZADO FORMULADO COM TORTA DE FILTRO DE CANA-DE-AÇUCAR

#### RESUMO

DELVAUX, JULIO CESAR. **Crescimento inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral peletizado formulado com torta de filtro de cana-de-açúcar.**

Os fertilizantes organominerais peletizados apresentam-se como alternativa promissora e ecologicamente sustentável na agricultura moderna. Entretanto, o efeito dessa classe de fertilizantes sobre o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus spp.*, espécie arbórea mais cultivada nos trópicos, ainda é pouco conhecida. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito de diferentes doses de fertilizante organomineral peletizado à base de torta de filtro de cana-de-açúcar sobre o crescimento inicial de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* (*Eucalyptus* “urograndis”) e sobre o pH do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada em Ituiutaba-MG no período entre março e julho de 2018 utilizando o delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, sendo avaliados nas parcelas os efeitos das diferentes doses do fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação dose de fertilizante recomendada para a cultura e na subparcela o efeito do tempo (30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio - DAT). Verificou-se que a adição do fertilizante organomineral leva inicialmente ao aumento do pH do solo com posterior redução dos valores da variável a partir dos 30 DAT. Os maiores incrementos de altura e diâmetro do caule foram observados para a dose 50%, resultado similar ao encontrado para as variáveis massa fresca e seca de folhas, caules e raízes. Os maiores valores de clorofila *a* foram estimados para doses 159%, 153% e 118% aos 30, 90 e 120 DAT. Os valores de massa e volume de raízes decresceu linearmente em função do aumento das doses do fertilizante, quando aplicado em doses elevadas. Os fertilizantes organominerais apresentam-se como potenciais substitutos da fertilização mineral convencional no crescimento inicial de mudas e *E. “urograndis”* e contribuem para a elevação do pH no ambiente rizosférico.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus* “urograndis”, clorofila, acidez do solo, clone I144.

## ABSTRACT

**DELVAUX, JULIO CESAR. Initial growth of *E. urophylla* x *E. grandis* under different doses of fertilizer organomineral pelletized formulated with filter of cane sugar**

The biofertilizer peletizados fertilizers present themselves as promising alternative and ecologically sustainable in modern agriculture. However, the effect of this class of fertilizers on the initial growth of seedlings of *Eucalyptus spp.*, more arboreal species cultivated in the tropics, is still poorly known. Therefore, the objective of this work was to determine the effect of different doses of fertilizer organomineral pelletized based on filter of sugar cane on the initial growth of plants of *E. urophylla* x *E. grandis* (*Eucalyptus* “urograndis”) and on the soil pH. The experiment was conducted in a greenhouse located in Ituiutaba-MG in the period between March and July 2018 using the randomized blocks in subdivided plot scheme, the plots were evaluated the effects of different doses of fertilizer (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) in relation to the recommended fertilizer dose for the crop and plot the effect of time (30, 60, 90 and 120 days after transplanting - DAT). It was found that the addition of fertilizer organomineral initially leads to increased soil pH, with subsequent reduction of the variable values from 30 DAT. The highest increments of height and stem diameter were observed for the dose 50%, a result similar to that found for the variables of fresh and dry mass of leaves, stems and roots. The highest values of chlorophyll *a* were estimated for doses 159%, 153% and 118% at 30, 90 and 120 DAT. The values of mass and volume of roots decreased linearly as a function of increasing doses of fertilizer when applied in high doses. Organomineral fertilizers present themselves as potential substitutes of conventional mineral fertilization in the initial growth of seedlings and *E. “urograndis”* and contribute to the increase of pH in the rhizospheric environment.

**Keywords:** *Eucalyptus* “urograndis”, chlorophyll, soil acidity, clone I144.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo é essencial para o sustento da produção agrícola sendo sua manutenção dependente do aporte de grandes quantidades de nutrientes normalmente veiculados na forma de fertilizantes minerais.

No Brasil, ainda que a demanda por fertilizantes tenha crescido 87% nos últimos 15 anos, o país ainda importa 79% dos insumos utilizados na fertilização (ANDA, 2016).

Em função do seu rápido crescimento, produção de madeira e celulose com excelentes propriedades industriais e adaptabilidade à diversas condições edafoclimáticas, o *Eucalyptus* é o gênero de árvores mais cultivado no mundo (FORRESTER, 2013), ocupando posição de destaque na economia brasileira com 5,7 milhões de hectares plantados em 2018 (IBÁ, 2019).

Na eucaliptocultura, a amplitude dos rendimentos dos cultivos é associada à qualidade do material genético e à disponibilidade de nutrientes sendo, a fertilização de implantação essencial para o bom desenvolvimento dos sítios (BARROS & CAMERFORD, 2002). Estima-se que o setor consuma anualmente cerca de 962 milhões de toneladas de fertilizantes minerais (ANDA, 2016).

Nesse cenário, a utilização de resíduos concorre como alternativa promissora para fertilização de cultivos florestais, proporcionando a redução a minimização dos riscos ambientais (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011). Estima-se que o aproveitamento dos resíduos dos setores agrícolas com menor desafio logístico como a avicultura, suinocultura e sucroalcooleiro, pode suprir 38% do consumo nacional de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos (CRUZ et al., 2017).

Entre esses resíduos, a torta de filtro de cana-de-açúcar destaca-se em razão da elevada produção nacional de cana, capaz de gerar anualmente 254,2 milhões de toneladas de torta (IPEA, 2012; CONAB, 2018). Contudo, a utilização direta da torta de filtro nos cultivos agrícolas apresenta entraves logísticos de transporte e armazenamento, sendo pouco viável sua utilização em áreas distantes da usina (GEORGE et al., 2010), havendo muitas vezes o descarte inadequado e a perda dos nutrientes contidos nesses resíduos (OLIVERIO et al., 2011).

Nesse contexto, os processos de compostagem e pelletização permitem a uniformização das características físicas do produto (ROMANO et al., 2014) viabilizando ainda a veiculação de fertilizantes minerais na estrutura do pellet.

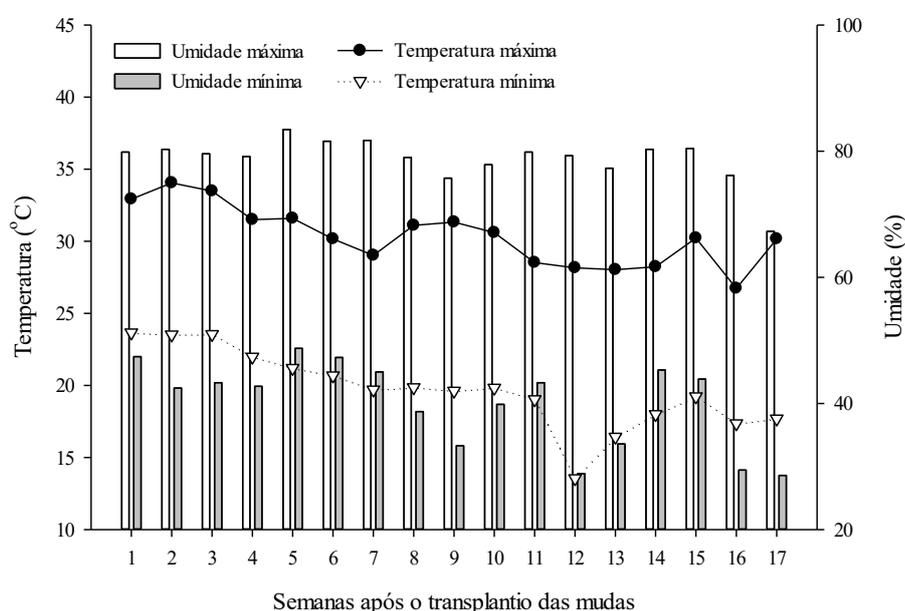
A tecnologia de produção de fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro apresenta-se como importante alternativa para fertilização dos cultivos unindo os bons rendimentos proporcionados pela fertilização mineral à viabilidade econômica, ambiental da reutilização dos resíduos, compondo-se de um produto com elevado teor de matéria orgânica, liberação lenta dos nutrientes e possível efeito benéfico sobre as comunidades microbianas do solo (CRUZ et al., 2017), sendo sua viabilidade já comprovada em cultivos de cana-de-açúcar (TEIXEIRA et al., 2014; RAMOS et al., 2017; MOTA et al., 2019), batata (AGUILAR et al., 2019), milho (MAGELA et al., 2019), feijão (SILVA et al., 2019) e sorgo (OLIVEIRA et al., 2017; BARCELOS et al., 2019).

Entretanto, são escassos na literatura científica relatos do efeito da utilização de fertilizantes organominerais à base de torta de filtro de cana-de-açúcar sobre o crescimento inicial de mudas de eucalipto. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta morfofisiológica de plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e o pH do solo decorrentes do aporte de diferentes doses de fertilizante organomineral peletizado à base de torta de filtro de cana-de-açúcar.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Ituiutaba-MG (18°58'18.98" Sul e 49°26'54.128" Oeste) a 573 m de altitude, no período entre 05/03/18 a 03/07/18. A região apresenta clima tropical Aw, definido por verões quentes e chuvosos e invernos secos.

Durante a realização do estudo a temperatura média no interior da casa de vegetação foi 25 °C (Máxima: 36,3 °C e Mínima: 10,6 °C) e a umidade média 59 % (Máxima: 86% Mínima: 21%) (Figura 1).



**Figura 1.** Condições meteorológicas durante condução do experimento.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições sendo cada unidade experimental composta por três vasos, cada um contendo uma muda, totalizando 06 tratamentos (Figura 2). Nas parcelas foram avaliados os efeitos das diferentes doses de fertilizante e nas subparcelas o efeito do tempo avaliado aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante das mudas (DAT).

As doses de fertilizante organomineral foram definidas em função da dose de fósforo recomendada para implantação de mudas de eucalipto em acordo com a 5ª Aproximação: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais

(RIBEIRO et al., 1999), sendo utilizado o fertilizante organomineral 06-24-08 + 8% de Carbono Orgânico Total (COT) formulado a partir de torta de filtro de cana-de-açúcar, ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio (Tabela 2).



**Figura 2.** Implantação do ensaio em casa de vegetação composta de estrutura metálica do tipo teto em arco com pé direito de 4,0 m, comprimento de 30,0 m e largura de 9,0 m coberta com filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade com 150  $\mu\text{m}$  de espessura e tela termorefletora aluminizada (Aluminet<sup>®</sup>) e laterais fechadas com tela de sombreamento de fios de rafia na cor preta, malha para 50% de sombra.

**Tabela 2.** Características químicas e físicas do fertilizante organomineral.

Parâmetro	Fertilizante
N total ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	7,80
$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	25,26
$\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	8,52
Carbono orgânico ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	10,48
Relação C/N	1,34
Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	1,90
CTC ( $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	113,05
Dureza média (kgf)	9,60
Dureza média mínima (kgf)	6,80
Comprimento médio (mm)	9,10
Diâmetro médio (mm)	3,90

Foram utilizadas as doses 50%, 100%, 150% e 200% de fertilizante organomineral, considerando como referência a dose de fósforo ( $P_2O_5$ ) recomendada para a cultura, um tratamento com fertilizante mineral, na dose equivalente a 100% da recomendada para a cultura e uma testemunha sem adição de fertilizante (Tabela 3). O tratamento com fertilizante mineral utilizou as mesmas fontes utilizadas na produção do fertilizante organomineral.

**Tabela 3.** Identificação dos tratamentos e respectivos teores de nitrogênio (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) em cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis*.

Tratamento	N	$P_2O_5$	$K_2O$
	g vaso <sup>-1</sup>		
T1: Testemunha	(-)	(-)	(-)
T2: Fertilizante organomineral (50%) *	2,81	11,25	3,74
T3: Fertilizante organomineral (100%)	5,62	22,50	7,50
T4: Fertilizante organomineral (150%)	8,43	33,75	11,25
T5: Fertilizante organomineral (200%)	11,25	45,00	15,00
T6: Fertilizante mineral (100%)	5,62	22,50	7,50

(-): ausência do nutriente. \* Nível de adubação em relação ao recomendado pela 5ª Aproximação: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

O solo utilizado como substrato foi o Latossolo Vermelho, com as seguintes propriedades iniciais:  $pH_{H_2O}$  – 5,1,  $pH_{CaCl_2}$  – 4,5,  $P_{meh}$  – 2,2 mg  $dm^{-3}$ , P-resina – 3,0 mg  $dm^{-3}$ ,  $K^+$  - 34 mg  $dm^{-3}$ , S- $SO_4^{2-}$  - 5,0 mg  $dm^{-3}$ ,  $Ca^{2+}$  - 0,8  $cmol_c dm^{-3}$ ,  $Mg^{2+}$  - 0,2  $cmol_c dm^{-3}$ ,  $Al^{3+}$  - 0,6  $cmol_c dm^{-3}$ , H+Al – 3,0  $cmol_c dm^{-3}$ , M.O. – 1,0 dag  $kg^{-1}$ , C.O. – 0,55 dag  $kg^{-1}$ , B – 0,17 mg  $dm^{-3}$ , Cu – 0,4 mg  $dm^{-3}$ , Fe - 28 mg  $dm^{-3}$ , Mn – 1,6 mg  $dm^{-3}$ , Zn – 0,8 mg  $dm^{-3}$ , areia total – 650 g  $kg^{-1}$ , silte – 75 g  $kg^{-1}$  e argila – 275 g  $kg^{-1}$ .

Após coletado na camada de 0-20 cm em área de produção de eucalipto com sete anos de crescimento (sem fertilização no período de cultivo) no município de Ituiutaba, MG, o solo foi tamisado em peneira de 5,64 mm, corrigido com calcário dolomítico, em acordo com as exigências da cultura, quais sejam, disponibilidade mínima de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (X) igual a 1,5  $cmol_c dm^{-3}$  e, máxima saturação por alumínio tolerada pela cultura (mt) igual a 30%, sendo o solo incubado com umidade correspondente à 70% da capacidade de campo durante 30 dias em sacos plásticos. Ao final desse período os

valores de pH em H<sub>2</sub>O e pH em cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) eram respectivamente 5,2 e 5,15.

O substrato foi acondicionado em potes com capacidade para 11 litros nos quais foram colocados sequencialmente 2,0 Kg de pedra brita (6,4 mm), manta geotêxtil e 10 kg de solo seco, que após compactado manualmente apresentou valores de densidade entre 1,7 e 1,8 g cm<sup>-3</sup>, sendo a capacidade de retenção de água dos vasos (CRA) estimada por método gravimétrico direto (SOUZA et al., 2002), onde quatro vasos contendo 10 kg de solo seco foram umedecidos por capilaridade durante 12 horas e, seguidamente, submetidos à drenagem livre por 20 horas, estabelecendo-se assim o volume de água retido.

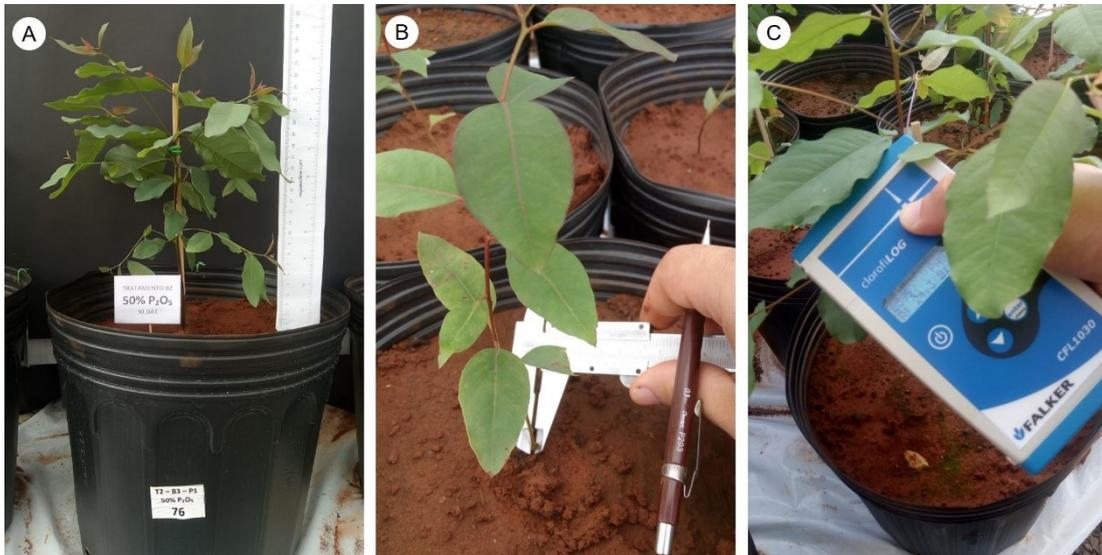
O fertilizante foi aplicado e homogeneizado manualmente sendo o conteúdo de água dos vasos ajustado para 70% da capacidade de retenção de água (CRA) e mudas sadias do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Clone I144) com 30 dias, uniformes quanto ao tamanho e diâmetro do caule, foram transplantadas para as parcelas experimentais. As plantas foram irrigadas diariamente de forma a manter o conteúdo de água próximo à 70% da CRA.

A fertilização com enxofre e micronutrientes foi realizada via água de irrigação em acordo com a recomendação para adubação de base para formação de mudas de eucalipto (GONÇALVES, 1995). Desta forma, foram aplicadas por vaso 52,6 mg de S, 24,3 mg de B, 11,47 mg de Cu, 27,0 mg de Mn, 121,5 mg de Zn e 627 mg de Mo. Para evitar possíveis efeitos deletérios decorrentes de fitotoxidez a aplicação foi realizada de forma parcela em dez dias alternados.

Aos 30, 60, 90 e 120 DAT foram realizadas a determinação do diâmetro na altura do colo (mm) com paquímetro e altura das plantas (cm) com régua milimetrada considerando a distância entre o colo e a inserção do último par de folhas completamente abertas (Figura 3A e 3B). Nesses intervalos também foram coletadas amostras de solo na camada superficial (Figura 4) para avaliação dos valores de pH do solo em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub> (DONAGEMA et al., 2011).

A determinação do índice de clorofila *a* e *b* foi realizada aos 30, 60, 90 e 120 DAT por método indireto utilizando clorofilômetro (ClorofiLog CFL 1030 Falker Agricultural Automation, 2008) seguindo as instruções da fabricante (Figura 3C). Em cada unidade experimental foram avaliadas nove folhas sadias e totalmente expandidas do terço médio sendo o resultado expresso em unidade adimensional denominada Índice

de Clorofila Falker (ICF). A avaliação foi realizada na região entre as nervuras da parte central de cada uma das folhas. Os resultados foram utilizados para compor o valor médio de clorofila da unidade experimental.



**Figura 3.** (A) Determinação da altura (cm), (B) diâmetro na altura do colo (cm) e (C) clorofila (Índice de Clorofila Flaker) aos 30 dias após o transplante das mudas.



**Figura 4.** Coleta e acondicionamento das amostras de solo.

Aos 120 DAT as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea (folhas, caule e galhos) e sistemas radicular. Para a avaliação da área foliar foram coletadas todas as folhas de uma planta de cada unidade experimental. As folhas foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos para transporte em caixa com gelo até o Laboratório de Mecanização da Universidade Federal de Uberlândia, onde determinou-se a área foliar em integrador da marca LI-COR® modelo LI 3100 seguindo-se as instruções do fabricante.

A determinação do volume de raízes (cm<sup>3</sup>) foi realizada em proveta graduada (500 mL) onde as raízes, após lavadas, foram imersas em volume de água conhecido, sendo o volume das raízes determinado pelo deslocamento da coluna de água.

Para determinação da massa seca de folhas (g) MSF, massa seca de caule (g) MSC e massa seca de raízes (g) MSR o material, após acondicionado em sacos de papel, foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante.

A partir dos valores de massa seca total (MST), altura (H), diâmetro na altura do colo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR) foram estimados os valores de Índice de Qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960) por meio da fórmula:

$$IQD = \frac{MST (g)}{\left(\frac{H (cm)}{DC (mm)}\right) + \left(\frac{MSPA (g)}{MSR (g)}\right)}$$

O índice de qualidade de Dickson constitui-se de importante indicador da qualidade das mudas, considerando a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa da planta (ELOY et al., 2013).

Aos 120 dias após o transplântio (DAT) foram coletadas 18 folhas recém-maduras completas (limbo e pecíolo) do terço médio de cada uma das parcelas experimentais. As folhas foram lavadas, secas em estufa a 65 °C, moídas e submetidas à avaliação dos teores foliares de macronutrientes (cálcio, magnésio, fósforo, nitrogênio e enxofre) e micronutrientes (boro, cobre, ferro, zinco e manganês) (SILVA, 2009).

Os dados foram verificados quanto às pressuposições de normalidade, teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e homogeneidade das variâncias, teste de Levene, utilizando-se o pacote de software SPSS 11.5. A análise de variância foi realizada para todas as variáveis analisadas e a menor diferença significativa (P<0,05) foi utilizada para separar as variáveis quando as diferenças foram significativas utilizando-se o software Sisvar Versão 5.6 (FERREIRA, 2014) e os gráficos utilizando-se o software Systat 11.0.

## 2.3. RESULTADOS

No crescimento inicial das plantas as diferentes doses do fertilizante organomineral e o número de dias após o transplante proporcionaram diferenças significativas nas médias de altura e diâmetro na altura do colo (Tabela 4).

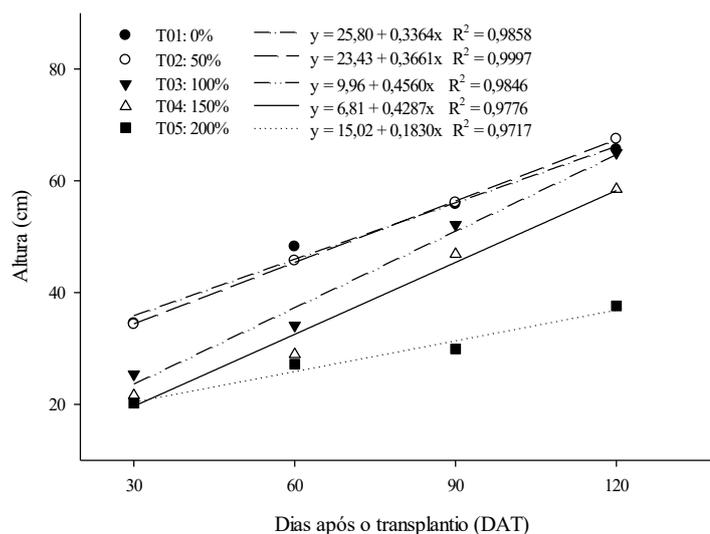
**Tabela 4.** Resumo dos resultados das análises de variância para altura (cm), diâmetro na altura do colo (cm), clorofila *a* e clorofila *b* no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>
<b>Dose (D)</b>	4	1389,87*	0,33*	146,88*	51,18*
<b>Resíduo – 1</b>	12	90,63	0,01	0,57	0,75
<b>Tempo (T)</b>	3	3764,94*	0,77*	56,89*	14,40*
<b>D x T</b>	12	82,73*	0,02*	10,01*	4,93*
<b>Resíduo – 2</b>	45	27,41	0,01	2,63	1,47
<b>CV1 (%)</b>		22,26	21,46	2,29	8,71
<b>CV2 (%)</b>		12,25	12,39	4,91	12,14

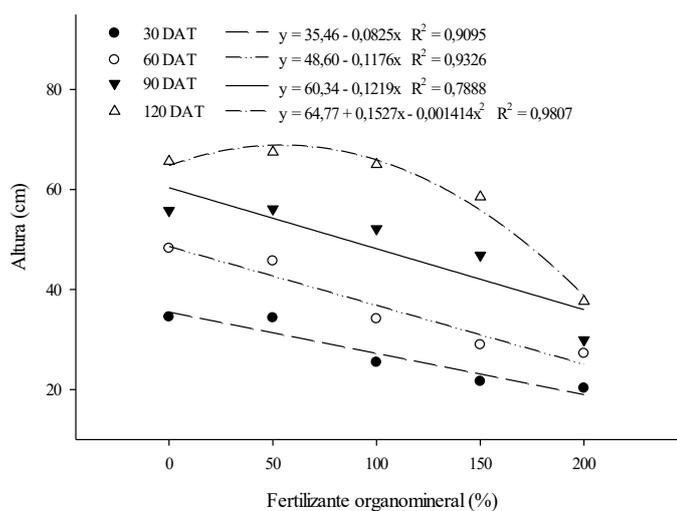
\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

Menores incrementos nas médias de altura (cm) foram observados aos 30 e 60 DAT para as doses 100%, 150% e 200% do fertilizante organomineral quando comparados aos observados para a dose 50% do fertilizante organomineral e para a testemunha. Entretanto, nota-se que, exceto para a dose 200%, houve rápido crescimento das plantas a partir dos 90 DAT (Figura 5). Em todos os tempos avaliados o aumento da dose do fertilizante organomineral, a valores superiores à 50% da dose recomendada, levou à redução dos valores de altura (Figura 6).

O maior crescimento das plantas das parcelas com doses mais altas (100% e 150%) próximo aos 90 DAT coincide com a redução observada nos valores de pH e provável redução do estresse salino no mesmo período (Figuras 11A e 11C).



**Figura 5.** Altura de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho sob fertilização orgânica à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante.



**Figura 6.** Altura de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante em função da fertilização orgânica à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura.

Aos 30 DAT e 60 DAT as doses 100%, 150% e 200% do fertilizante orgânico apresentaram menores médias de altura quando comparadas à testemunha e ao tratamento com fertilizante mineral (100% da dose recomendada). Contudo, aos 90 DAT e 120 apenas a dose 200% apresentou valores de altura inferiores

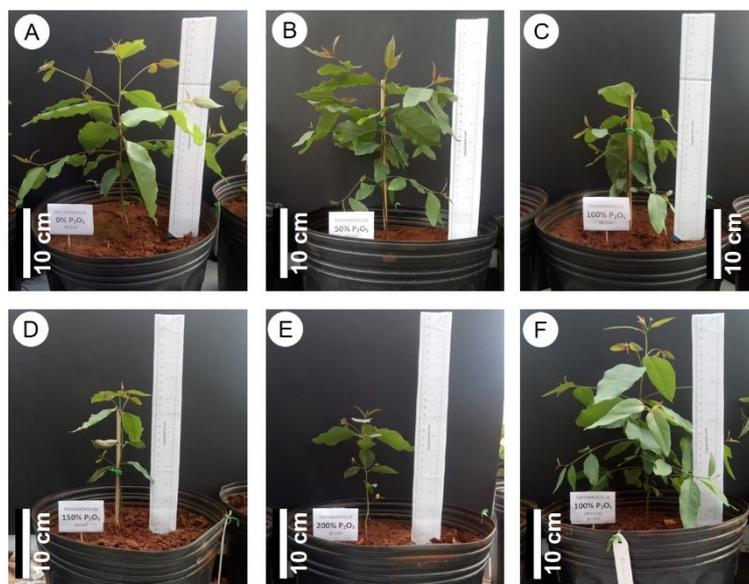
aos observados para o tratamento com fertilizante mineral e testemunha (Tabela 5) (Figuras 7 e 8).

**Tabela 5.** Médias dos valores de altura (cm) de plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	Altura (cm)			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
Testemunha	34,5 a	48,2 a	55,8 a	65,6 a
Mineral	32,8 a	49,4 a	57,2 a	64,8 a
Organomineral 50%	34,3 a	45,7 a	56,1 a	67,5 a
Organomineral 100%	25,4 b	34,1 b	52,1 a	65,0 a
Organomineral 150%	21,6 b	28,9 b	46,9 a	58,5 a
Organomineral 200%	20,2 b	27,2 b	29,9 b	37,6 b
F (Levene)	3,8			
KS	0,2			
	CV1 (%) <sup>3</sup> = 19,8		CV2 (%) <sup>3</sup> = 11,0	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup>KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup>CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

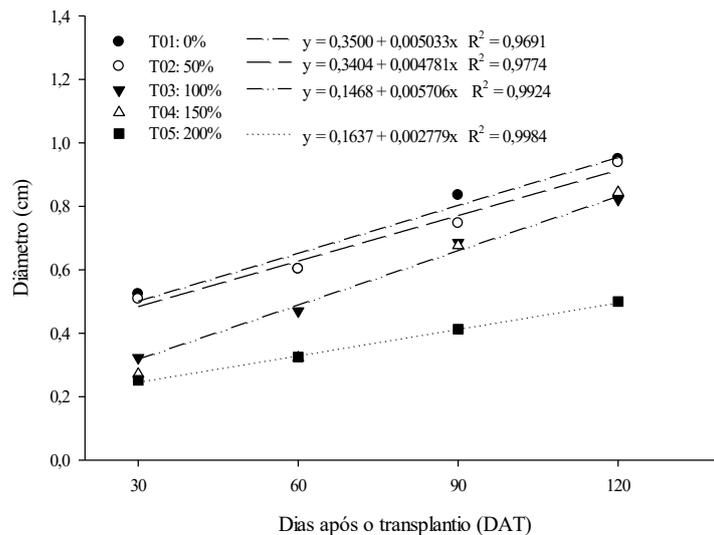
Para a variável diâmetro na altura do colo foi observado padrão semelhante aquele verificado para altura de plantas (Figuras 9 e 10), havendo, aos 120 DAT, redução diâmetro apenas para o tratamento organomineral 200% quando comparado às demais tratamentos com fertilizante organomineral, testemunha e fertilizante mineral (Tabela 6). Verificou-se ainda que a partir dos 90 DAT, período onde foram observados os menores valores de pH (Figuras 11A e 11C) e possivelmente a redução do estresse salino, houve elevação gradual do diâmetro para os tratamentos com fertilizante organomineral (Figura 9).



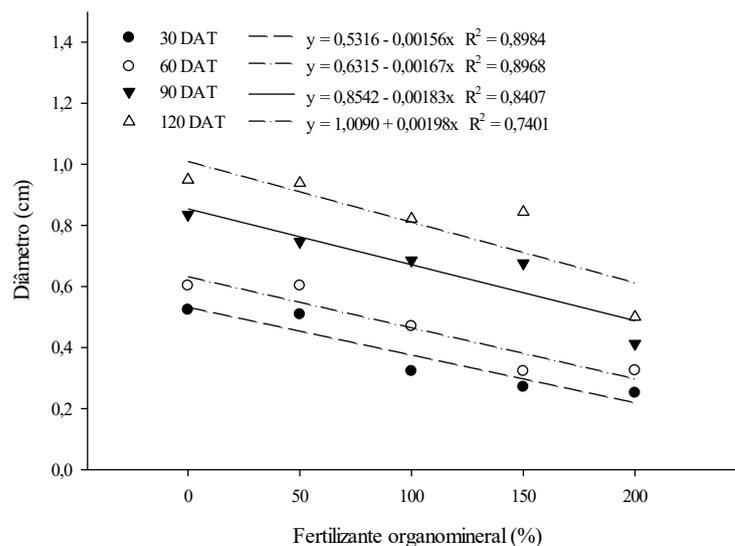
**Figura 7.** Mudanças de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar (FOM) com cinco níveis de fósforo em relação ao recomendado para a cultura e um tratamento com fertilizante mineral (FM) aos 30 dias após o transplante: (A) Ausência de fertilizante; (B) FOM 50%; (C) FOM 100%; (D) FOM 150%; (E) FOM 200%; (F) Fertilizante mineral 100%.



**Figura 8.** Mudanças de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar (FOM) com cinco níveis de fósforo em relação ao recomendado para a cultura e um tratamento com fertilizante mineral (FM) aos 120 dias após o transplante: (A) Ausência de fertilizante; (B) FOM 50%; (C) FOM 100%; (D) FOM 150%; (E) FOM 200%; (F) Fertilizante mineral 100%.



**Figura 9** Diâmetro na altura do colo (mm) de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio.



**Figura 10.** Diâmetro na altura do colo (mm) de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura.

**Tabela 6.** Médias dos valores de diâmetro na altura do colo (cm) de plantas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	Diâmetro (cm)			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
Testemunha	0,52 a	0,60 a	0,84 a	0,95 a
Mineral	0,46 a	0,55 a	0,72 b	0,88 a
Organomineral 50%	0,51 a	0,60 a	0,75 b	0,94 a
Organomineral 100%	0,32 b	0,47 a	0,69 b	0,82 a
Organomineral 150%	0,27 b	0,32 b	0,68 b	0,84 a
Organomineral 200%	0,25 b	0,33 b	0,41 c	0,50 b
F (Levene)	5,50			
KS	0,20			
	CV1 (%) <sup>3</sup> = 18,89		CV2 (%) <sup>3</sup> = 11,36	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup>KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup>CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

Verificou-se efeito significativo das diferentes doses do fertilizante organomineral e do tempo após o transplântio sobre os valores de pH em H<sub>2</sub>O e pH em CaCl<sub>2</sub> (Tabela 7).

Os valores iniciais de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 5,2 e pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> = 5,2 apresentaram elevação nos primeiros 30 DAT em função da dose de fertilizante organomineral aplicada, tendo a média de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> atingido o valor 6,4 para o tratamento Organomineral – 150% e a média do pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> o valor de 6,0 para o tratamento Organomineral – 100% (Figuras 11A e 11C).

Nos tratamentos com fertilizante organomineral nas doses 150% e 200% foram verificadas morte de plantas dentro das parcelas experimentais (Figura 12) possivelmente em decorrência do aumento da salinidade em razão da elevada dose e

pequeno volume de solo utilizado. Destaca-se ainda que os vasos foram irrigados diariamente, favorecendo o aumento da salinidade da solução do solo.

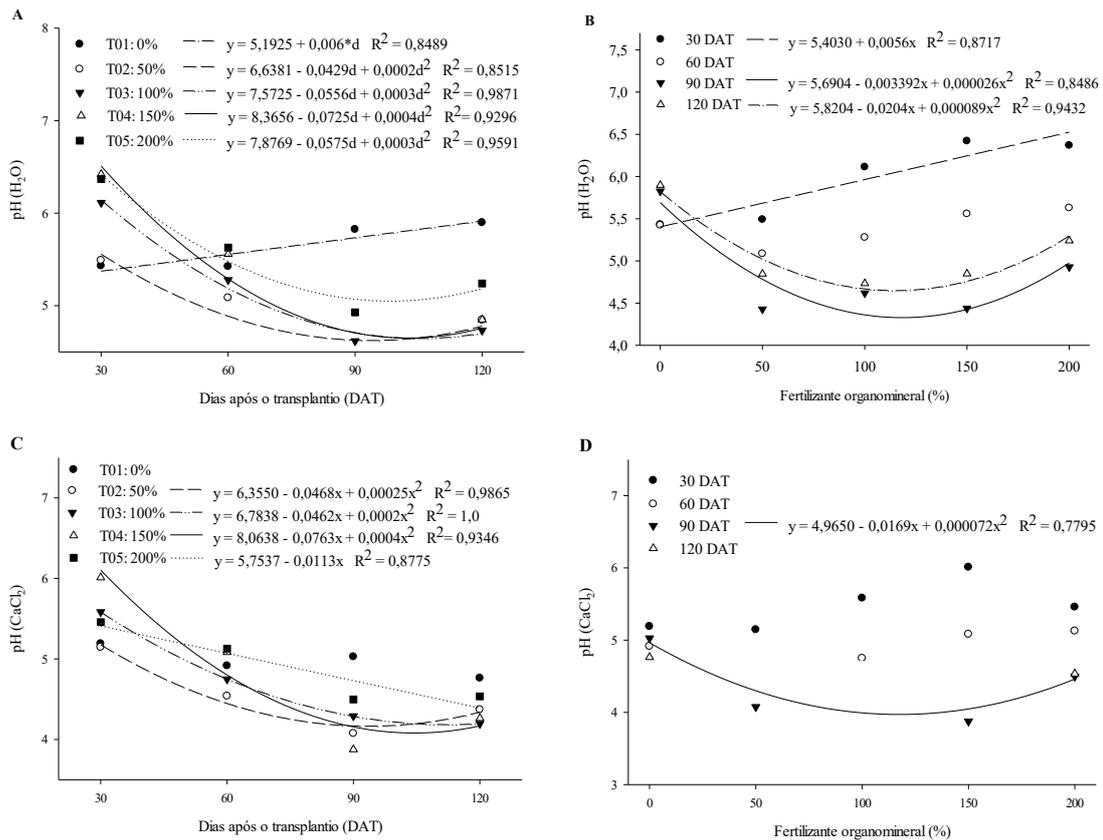
**Tabela 7.** Resumo dos resultados das análises de variância para pH (H<sub>2</sub>O) e pH (CaCl<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. urophylla* x *E. grandis* com diferentes doses de fertilizante organomineral.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )
<b>Dose (D)</b>	4	0,09*	0,42*
<b>Resíduo – 1</b>	12	0,08	0,05
<b>Tempo (T)</b>	3	5,41*	6,81*
<b>D x T</b>	12	0,59*	0,34*
<b>Resíduo – 2</b>	45	0,07	0,04
<b>CV1 (%)</b>		5,49	4,84
<b>CV2 (%)</b>		5,00	4,23

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

A partir dos 30 DAT houve redução dos valores de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>, exceto para a testemunha, sendo os menores valores de verificados aos 107, 92, 90 e 95 dias para as doses 50%, 100%, 150% e 200% respectivamente, sendo a menor redução observada para a dose 200% (Figura 11A). Para o tratamento com ausência de fertilizante houve aumento linear dos valores de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>. Padrão semelhante foi observado para o pH mensurado em solução de CaCl<sub>2</sub> (Figura 11C).

Os valores de pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> (Tabela 8) do tratamento Organomineral – 50% não diferiram dos valores observados quando da aplicação do fertilizante mineral na dose 100%, exceto para o tempo 120 dias onde foi verificada elevação do pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> no tratamento mineral, não sendo, entretanto, verificada diferença na média de pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> aos 120 DAT entre os dois tratamentos (Tabela 9).



**Figura 11.** (A e B) pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5) e (C e D) pH em CaCl<sub>2</sub> (1:2,5) em Latossolo Vermelho sob cultivo de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio.



**Figura 12:** Morte de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob as doses organomineral 150% e 200% aos 45 dias após o transplântio.

**Tabela 8.** Médias dos valores de pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	pH (H <sub>2</sub> O)			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
Testemunha	5,43 a	5,42 b	5,83 b	5,90 c
Mineral	5,81 a	5,19 a	4,65 a	5,21 b
<b>Organomineral 50%</b>	5,49 a	5,09 a	4,43 a	4,85 a
<b>Organomineral 100%</b>	6,11 b	5,28 a	4,62 a	4,73 a
<b>Organomineral 150%</b>	6,42 b	5,56 b	4,44 a	4,85 a
<b>Organomineral 200%</b>	6,37 b	5,63 b	4,93 a	5,24 b
F (Levene)	4,96			
KS	<b>0,14</b>			
	CV1 (%) <sup>3</sup> = 5,49		CV2 (%) <sup>3</sup> = 5,00	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup>KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

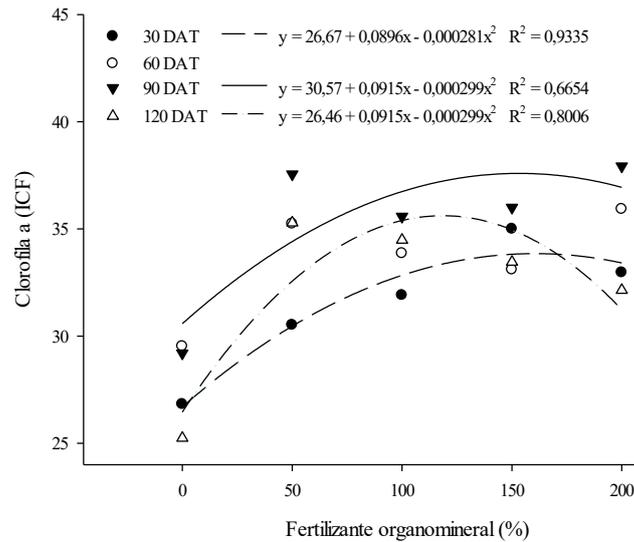
**Tabela 9.** Médias dos valores de pH em CaCl<sub>2</sub> (1:2,5) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	pH (CaCl <sub>2</sub> )			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
<b>Testemunha</b>	5,19 a	4,92 b	5,03 c	4,76 b
<b>Mineral</b>	5,50 b	4,75 a	4,20 b	4,23 a
<b>Organomineral 50%</b>	5,15 a	4,54 a	4,08 a	4,37 a
<b>Organomineral 100%</b>	5,58 b	4,75 a	4,29 b	4,20 a
<b>Organomineral 150%</b>	6,01 c	5,08 b	3,88 a	4,26 a
<b>Organomineral 200%</b>	5,46 b	5,13 b	4,50 b	4,54 b
F (Levene)				
KS				
CV1 (%) <sup>3</sup> = 4,84			CV2 (%) <sup>3</sup> = 4,23	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup>KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

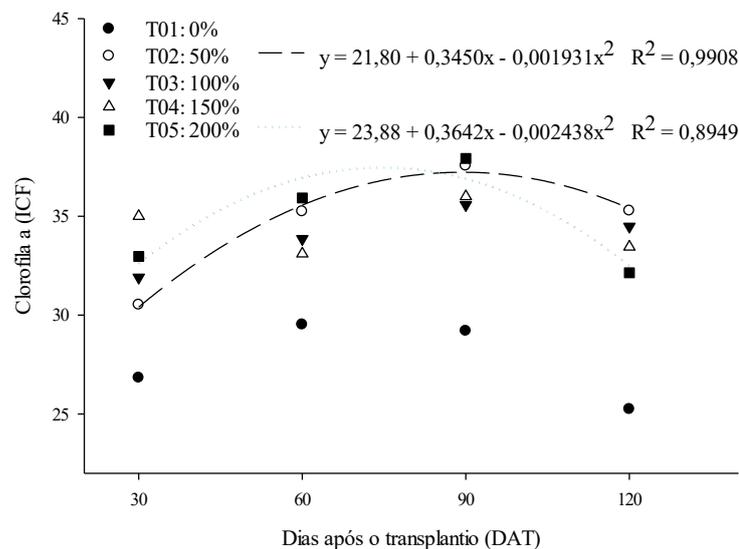
Houve efeito significativo das diferentes doses do fertilizante organomineral e do tempo de crescimento sobre os teores de clorofila *a* e *b* determinados indiretamente por meio do Índice de Clorofila Falker (Tabela 4).

O aumento da dose de fertilizante organomineral levou à elevação dos valores dos índices de clorofila *a* com redução para doses elevadas, sendo os valores máximos da variável estimados para as doses 159,59%, 153,03% e 118,31% aos 30, 90 e 120 DAT respectivamente, não havendo modelo ajustado aos 60 DAT (Figura 13).



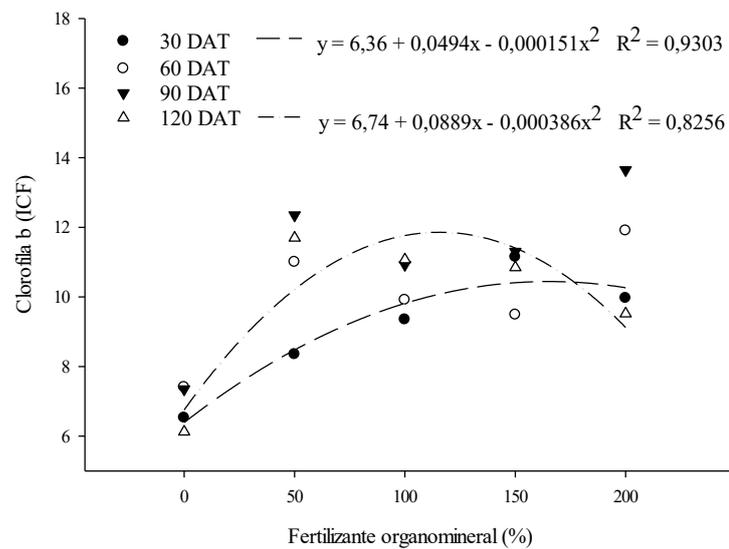
**Figura 13.** Índices de clorofila *a* (ICF) em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura.

Foi verificado aumento nos índices de clorofila *a* ao longo do crescimento da planta, sendo os teores máximos estimados aos 89 e 74 dias para as doses 50% e 200% do fertilizante organomineral respectivamente, não havendo modelo ajustado para as doses 0%, 100% e 150% (Figura 14).



**Figura 14.** Índices de clorofila *a* (ICF) em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante.

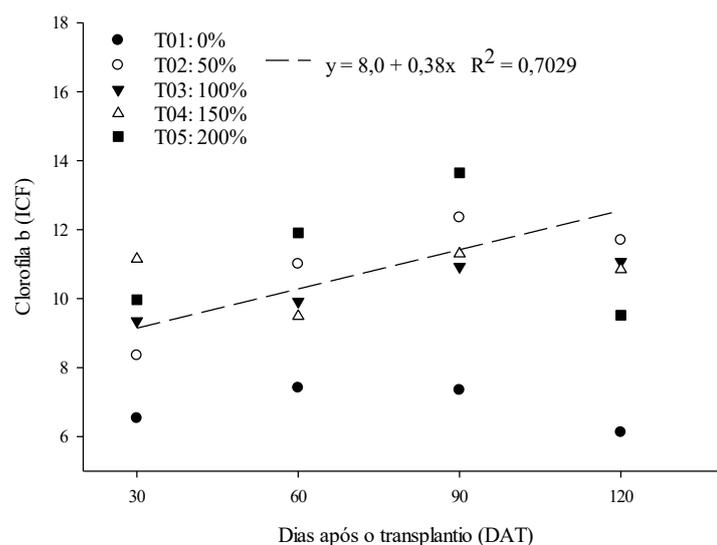
Quando avaliado o índice de clorofila *b* verificou-se que, similarmente aos teores de clorofila *a*, houve aumento nos valores da variável em função da dose com queda para doses elevadas, sendo os valores máximos estimados para as doses 163,80% e 82,56% aos 30 e 120 DAT, não havendo modelo ajustado para 60 e 90 DAT (Figura 15).



**Figura 15.** Índices de clorofila *b* (ICF) em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio em função da fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura.

Apesar do efeito significativo do tempo de crescimento da planta sobre os teores de clorofila *b*, houve ajuste de modelo apenas para o tratamento Organomineral – 50%, sendo os valores da variável diretamente proporcionais ao número de dias após o transplântio (Figura 16).

Em todos os tempos avaliados os índices de clorofila *a* (Tabela 10) e clorofila *b* (Tabela 11) dos tratamentos organomineral nas doses 50%, 100% e 150% foram iguais ou superiores aos observados no tratamento com fertilizante mineral com 100% da dose de referência.



**Figura 16.** Índices de clorofila *b* (ICF) em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio.

**Tabela 10.** Médias dos índices de clorofila *a* (*Chl\_a*) expressos em Índice de Clorofila Falker (ICF) de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio das mudas.

Tratamento	<i>Chl_a</i> (ICF)			
	Dias após o transplantio			
	30	60	90	120
Testemunha	26,8 d	29,5 c	29,2 c	25,3 b
Mineral	30,9 c	34,3 b	35,1 b	33,9 a
Organomineral 50%	30,5 c	35,2 a	37,6 a	35,3 a
Organomineral 100%	31,9 c	33,9 b	35,6 b	34,5 a
Organomineral 150%	35,0 a	33,1 b	36,0 b	33,5 a
Organomineral 200%	33,0 b	36,0 a	37,9 a	32,2 a
F (Levene)				<b>1,9</b>
KS				<b>0,2</b>
		CV1 (%) <sup>3</sup> = 2,2	CV2 (%) <sup>3</sup> = 4,7	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

**Tabela 11.** Médias dos índices de clorofila *b* (*Chl<sub>b</sub>*) expressos em Índice de Clorofila Falker (ICF) de plantas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e uma dose de fertilizante mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	<i>Chl<sub>b</sub></i> (ICF)			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
Testemunha	6,5 b	7,4 c	7,4 c	6,1 c
Mineral	8,5 a	10,5 b	10,7 b	11,6 a
<b>Organomineral 50%</b>	8,4 a	11,0 a	12,4 a	11,7 a
<b>Organomineral 100%</b>	9,4 a	9,9 b	10,9 b	11,1 a
<b>Organomineral 150%</b>	11,1 a	9,5 b	11,3 b	10,9 a
<b>Organomineral 200%</b>	10,0 a	11,9 a	13,7 a	9,5 b
F (Levene)	<b>1,677</b>			
KS	<b>0,200</b>			
	CV1 (%) <sup>3</sup> = 9,41		CV2 (%) <sup>3</sup> = 11,63	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

Aos 120 DAT houve efeito significativo das diferentes doses do fertilizante organomineral sobre às variáveis massa fresca do caule (MFC), massa seca caule (MSC), massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR), não sendo, entretanto, observado efeito significativo sobre a área foliar (AF) (Tabelas 12 e 13).

**Tabela 12.** Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis área foliar (AF), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC) e massa fresca de folhas (MFF), no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		AF	MFC	MSC	MFF
<b>Dose (D)</b>	4	5063358,30	811,50*	79,45*	1456,10*
<b>Resíduo – 1</b>	12	464038,10	79,56	1,53	80,67
<b>CV1 (%)</b>		27,30	28,09	12,35	20,55

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

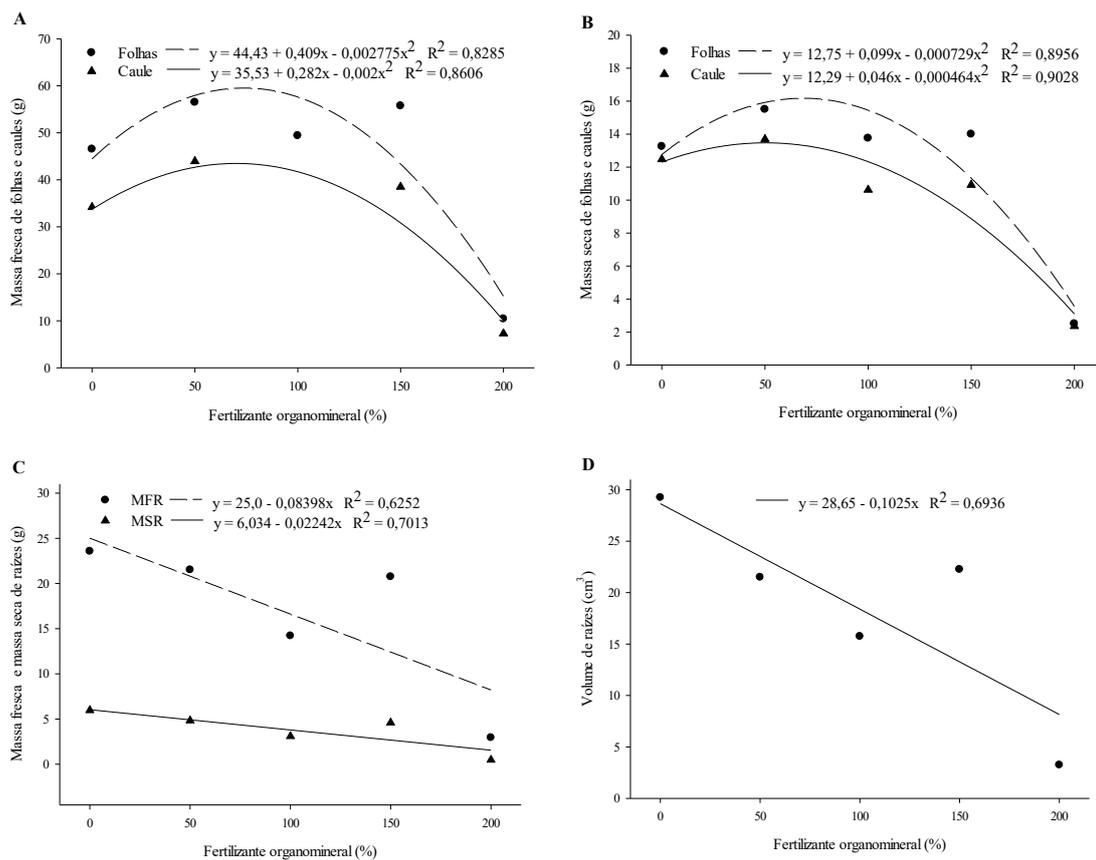
**Tabela 13.** Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas (MSF), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR), no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MSF	MFR	MSR	VR
<b>Dose (D)</b>	4	110,92*	282,00*	17,91*	378,70*
<b>Resíduo – 1</b>	12	4,92	5,44	0,38	3,46
<b>CV1 (%)</b>		18,81	14,05	16,38	10,12

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

O aumento da dose do fertilizante organomineral levou à elevação das médias dos valores de MFC e MFF com posterior redução em doses elevadas, sendo os maiores valores de MFC (53,29 g) e MFF (74,37 g) estimados nas doses 70,5% e 73,7% respectivamente (Figura 17A). Mesmo padrão foi verificado para massa seca de caule e massa seca de folhas, sendo os maiores valores de MSC (14,60 g) e MSF (68,39 g) estimados nas doses 48,8% e 68,3% respectivamente (Figura 17B).

Para MFF, MSF e AF, exceto para o tratamento Organomineral – 200%, não houve redução nas médias dessas variáveis quando comparadas à observadas na testemunha e no tratamento mineral (Tabela 14).



**Figura 17.** Valores de (A) massa fresca de folhas (MFF) e massa fresca de caules (MFC), (B) massa seca de folhas (MSF) massa seca de caules (MSC), (C) massa fresca de raízes (MFR) e massa seca de raízes (MSR) e (D) volume de raízes (VR) de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante organomineral (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 120 dias após o transplantio.

**Tabela 14.** Médias dos valores de área foliar (AF), massa fresca de folhas (MFF) e massa seca de folhas (MSF) de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	AF	MFF	MSF
	(cm <sup>2</sup> )	----- g -----	
<b>Testemunha</b>	2900,00 a	46,53 a	13,53 a
<b>Mineral</b>	3750,50 a	65,45 a	16,50 a
<b>Organomineral 50%</b>	2841,80 a	56,50 a	15,61 a
<b>Organomineral 100%</b>	2648,30 a	49,40 a	13,89 a
<b>Organomineral 150%</b>	3518,80 a	55,73 a	13,94 a
<b>Organomineral 200%</b>	569,50 b	10,43 b	2,30 b
F (Levene)	<b>0,59</b>	<b>1,23</b>	<b>1,52</b>
SW	<b>0,91</b>	<b>0,69</b>	<b>0,80</b>
CV (%)	25,12	19,62	16,89

<sup>1</sup> Dentro de cada variável analisada, médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> F, SW: estatísticas dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV = coeficiente de variação.

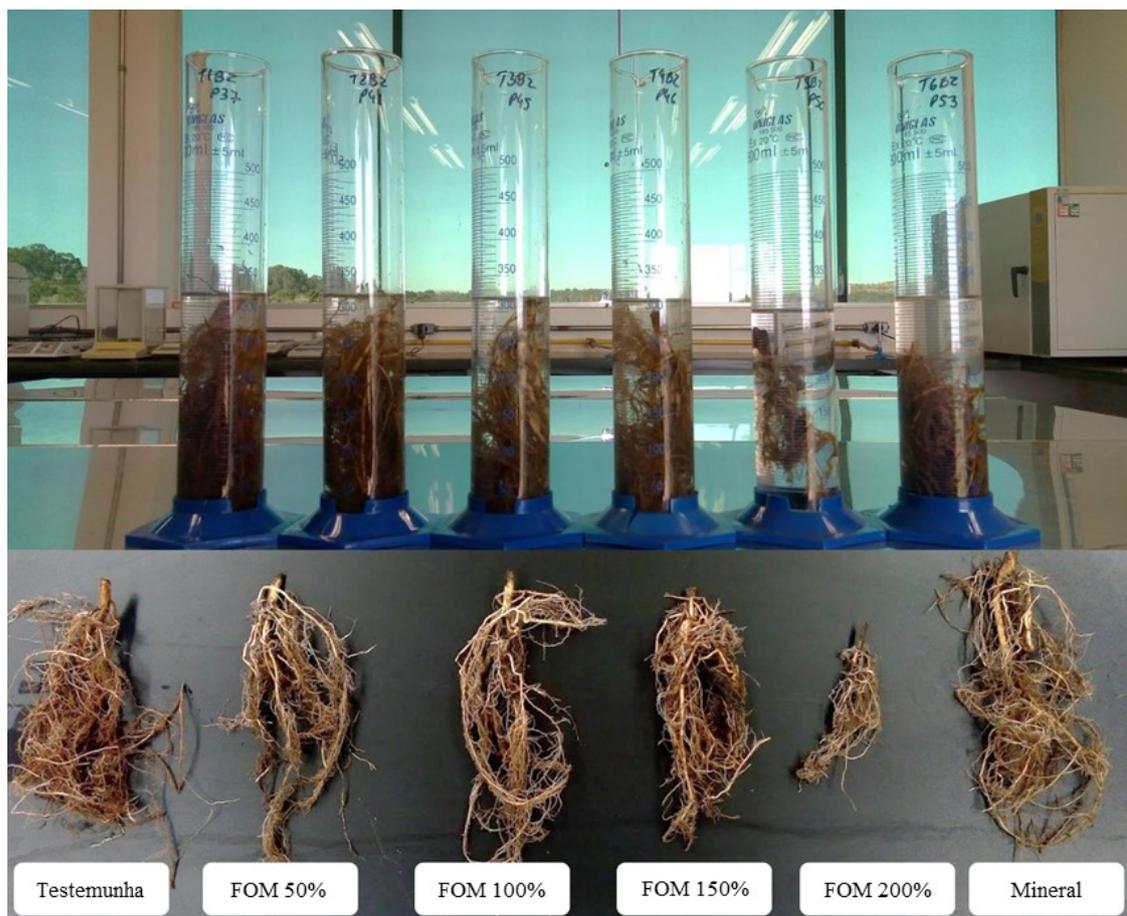
Os valores das médias de MFR, MSR e VR decresceram linearmente em função do aumento da dose do fertilizante organomineral (Figura 17C e 17D). Para o tratamento com fertilizante organomineral na dose 50% os valores dessas variáveis não apresentaram diferença quando comparados ao tratamento com fertilizante mineral na dose de referência (Tabela 15).

Aos 120 DAT verificou-se efeito negativo do aumento da dose do fertilizante organomineral, acima da dose 50%, sobre o volume de raízes (Figura 18). Para MFC e MSC foi observado melhor desempenho das plantas sob fertilização mineral quando comparadas àquelas sob fertilização organomineral ou omissão de fertilizantes (Tabela 15).

**Tabela 15.** Médias dos valores de massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR) de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplante das mudas.

Tratamento	MFC	MSC	MFR	MSR	VR
	----- g -----				(cm <sup>3</sup> )
Testemunha	34,18 b	12,47 b	23,57 a	5,96 a	29,3 a
Mineral	53,95 a	16,87 a	21,18 a	4,59 b	24,5 b
Organomineral 50%	43,93 b	13,69 b	21,52 a	4,83 b	21,5 b
Organomineral 100%	35,00 b	10,62 c	14,22 b	3,09 c	15,8 c
Organomineral 150%	38,50 b	10,92 c	20,76 a	4,59 b	22,3 b
Organomineral 200%	7,30 c	2,35 d	2,95 c	0,47 d	3,3 d
F (Levene)	4,807	<b>0,827</b>	<b>1,443</b>	<b>1,868</b>	<b>0,884</b>
SW	<b>0,610</b>	<b>0,872</b>	<b>0,624</b>	<b>0,591</b>	<b>0,372</b>
CV (%)	22,95	10,84	15,95	15,68	11,14

<sup>1</sup> Dentro de cada variável analisada, médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> F, SW: estatísticas dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV = coeficiente de variação.



**Figura 18.** Volume de raízes ( $\text{cm}^3$ ) de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral peletizado (OM) e um tratamento com fertilizante mineral (FM) aos 120 dias após o transplantio: Test - Ausência de fertilizante; OM - Fertilizante organomineral peletizado; Min - Fertilizante mineral.

Verificou-se, aos 120 DAT, efeito significativo dos diferentes tratamentos sobre os valores de Índice de Qualidade de Dickson (Tabela 16).

**Tabela 16.** Resumo do quadro da análise de variância para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Dose (D)	5	3,59*
Resíduo – 1	15	0,07
CV (%)		13,34

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

Exceto para os tratamentos com fertilizante organomineral nas doses 100% e 200%, não foram verificadas diferenças nas médias de IQD quando comparadas àquelas

observadas na testemunha e no tratamento com fertilizante mineral na dose recomendada para cultura (Tabela 17), indicando menor equilíbrio na distribuição da fitomassa das plantas em razão da elevação da dose do fertilizante.

**Tabela 17.** Médias dos valores de Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas.

<b>Tratamento</b>	<b>IQD</b>
<b>Testemunha</b>	2,84 a
<b>Mineral</b>	2,60 a
<b>Organomineral 50%</b>	2,56 a
<b>Organomineral 100%</b>	1,74 b
<b>Organomineral 150%</b>	2,38 a
<b>Organomineral 200%</b>	0,29 c
F (Levene)	<b>0,78</b>
SW	<b>0,52</b>
CV (%)	13,34

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> F, SW: estatísticas dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV = coeficiente de variação.

Aos 120 DAT foi observado efeito significativo das diferentes doses do fertilizante organomineral sobre os teores foliares de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), não sendo significativo o efeito das doses sobre os teores foliares de nitrogênio (N), enxofre (S), boro (B) e ferro (Fe) (Tabelas 18 e 20).

**Tabela 18.** Resumo do quadro da análise de variância para teores de macronutrientes em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral aos 120 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Dose (D)</b>	4	76,92	2,62*	110,64*	10,44*	0,14*	0,12
<b>Resíduo – 1</b>	12	43,38	0,10	5,67	0,76	0,03	0,07
<b>CV1 (%)</b>		20,25	12,69	12,13	11,17	5,44	14,02

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

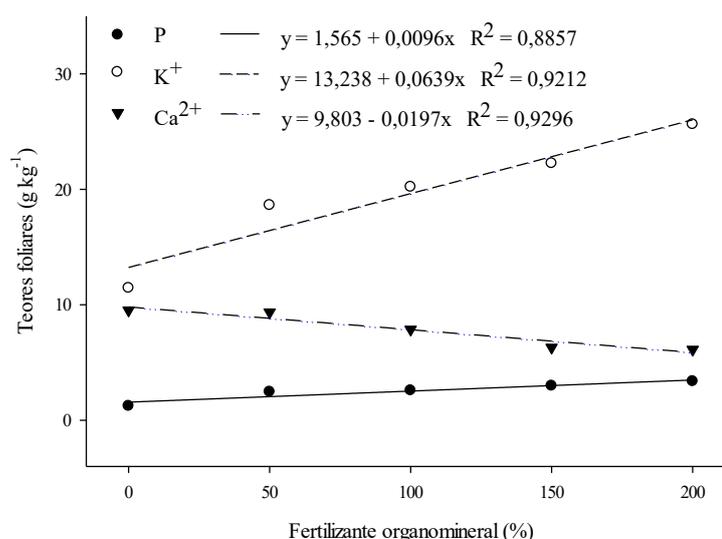
O aumento da dose do fertilizante organomineral levou à elevação linear dos teores de P no tecido foliar (Figura 19). Contudo, quando comparados aos valores observados no tratamento com fertilizante mineral (Tabela 19) verificou-se ausência de diferença entre os teores do nutriente nos tratamentos com o fertilizante organomineral e o tratamento com fertilizante mineral na dose de referência.

**Tabela 19.** Médias dos teores de macronutrientes em folhas do terço médio plantas de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
<b>Testemunha</b>	25,2 <sup>(ns)</sup>	1,2 b	11,5 c	9,5 a	3,5 a	1,8 <sup>(ns)</sup>
<b>Mineral</b>	35,9	3,1 a	21,3 b	7,3 b	3,2 b	1,9
<b>Organomineral 50%</b>	32,6	2,5 a	18,6 b	9,4 a	3,5 a	1,8
<b>Organomineral 100%</b>	35,4	2,6 a	20,2 b	7,9 b	3,3 b	2,0
<b>Organomineral 150%</b>	33,0	3,0 a	22,3 b	6,3 c	3,0 b	2,0
<b>Organomineral 200%</b>	36,5	3,4 a	25,6 a	6,1 c	3,2 b	2,2
F (Levene)	<b>2,787</b>	<b>2,801</b>	<b>2.262</b>	3,655	0,945	<b>1,936</b>
SW	<b>0,401</b>	0,003	<b>0,802</b>	<b>0,856</b>	<b>0,780</b>	<b>0,719</b>
CV (%)	17,99	17,46	11,41	10,76	5,57	12,73

<sup>1</sup> Dentro de cada variável analisada, médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> F, SW: estatísticas dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV = coeficiente de variação. <sup>ns</sup>: não-significativo

Quando avaliados os teores foliares de potássio, observou-se aumento linear dos teores do nutriente em função do aumento da dose do fertilizante organomineral (Figura 19). Os tratamentos com as doses 50%, 100% e 150% do fertilizante organomineral apresentaram médias dos teores de potássio iguais às verificadas no tratamento com fertilizante mineral na dose de referência e superiores àquelas observadas no tratamento com ausência de fertilizante. Apenas o tratamento com fertilizante organomineral 200% apresentou média superior à verificada no tratamento mineral de referência (Tabela 19).



**Figura 19.** Teores de macronutrientes em folhas do terço médio de plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis de fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 120 dias após o transplantio.

**Tabela 20.** Resumo do quadro da análise de variância para teores de micronutrientes em folhas do terço médio plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral aos 120 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Dose (D)</b>	4	187,21	24,99*	5652,50	378041,20*	305,50*
<b>Resíduo – 1</b>	12	185,52	6,91	2129,50	54914,06	56,60
<b>CV1 (%)</b>		39,43	34,30	37,14	23,87	16,18

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

O aumento da dose do fertilizante organomineral levou à redução linear dos teores foliares de cálcio (Figura 19). Quando comparados aos valores observados no tratamento com fertilizante mineral observa-se que o tratamento com fertilizante organomineral na dose 50% apresentou média superior à verificada no tratamento com

fertilizante mineral na dose de referência (Tabela 19). Mesmo resultado foi observado para os teores foliares de magnésio (Tabela 19).

Não houve ajuste de modelo de regressão para as médias dos teores foliares de cobre, manganês e zinco em função das diferentes doses do fertilizante organomineral.

Maiores valores dos teores foliares de zinco foram encontrados nos tratamentos com fertilizante organomineral 50% e 200% quando comparados àqueles observados no tratamento com fertilizante mineral na dose de referência e na testemunha (Tabela 21). Para cobre e manganês não foram observadas diferenças nos teores foliares dos nutrientes nos tratamentos com fertilizante organomineral quando comparados aos observados no tratamento com fertilizante mineral na dose de referência (Tabela 21).

**Tabela 21.** Médias dos teores de micronutrientes em folhas do terço médio plantas de plantas de *E. grandis* x *E. urophylla* em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplantio das mudas.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	26,3 <sup>(ns)</sup>	9,7 a	93,8 <sup>(ns)</sup>	471,5 b	35,8 b
Mineral	29,0	7,7 a	158,8	1331,5 a	40,5 b
Organomineral 50%	32,7	8,3 a	115,3	1297,5 a	52,0 a
Organomineral 100%	30,5	8,0 a	104,8	1105,0 a	43,8 b
Organomineral 150%	25,7	5,0 a	118,3	1004,5 a	42,8 b
Organomineral 200%	43,5	7,5 a	189,3	1029,5 a	58,3 a
F (Levene)	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	4,2
SW	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>
CV (%)	36,5	34,0	39,3	21,5	15,6

<sup>1</sup> Dentro de cada variável analisada, médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> F, SW: estatísticas dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV = coeficiente de variação. <sup>ns</sup>: não-significativo.

## 2.4. DISCUSSÃO

A redução dos incrementos de altura e diâmetro na altura do colo em função do aumento das doses do fertilizante organomineral nos primeiros 90 dias após o transplântio das mudas (Figuras 6 e 9) podem ser resultado do aumento da salinidade do solo em decorrência do uso de doses elevadas do fertilizante em um pequeno volume do solo com elevada quantidade de água. O aumento excessivo da concentração de sais solúveis na solução do solo pode prejudicar a absorção de água, desencadear processos de fitotoxicidade por íons específicos, podendo ainda interferir indiretamente em outros processos fisiológicos reduzindo assim o crescimento das plantas (DIAS et al., 2007).

Destaca-se ainda que o acúmulo de sais nos tecidos vegetais pode promover a redução da síntese de adenosina trifosfato (ATP) acoplada à fotoquímica do processo fotossintético podendo, ainda, levar a alterações nos processos de respiração, assimilação do nitrogênio e metabolismo de proteínas (FREIRE et al., 2013).

A elevação inicial dos valores de pH do solo nos primeiros 30 DAT pode ser atribuída à natureza alcalina da torta de filtro utilizada no processo de fabricação do fertilizante.

Muitos são os mecanismos propostos para o efeito alcalino dos resíduos orgânicos quando aplicados no solo, sendo elencado como principais o consumo de prótons em decorrência da descarboxilação de ânions de ácidos orgânicos durante o processo de mineralização da matéria orgânica, a associação de prótons aos grupos funcionais da matéria orgânica e a adsorção específica por moléculas orgânicas com a liberação do ânion hidroxila (NARAMABUYE et al., 2006).

Contudo, propôs-se que o principal mecanismo responsável pela elevação do pH do solo nesse ensaio tenha ocorrido em decorrência do processo de obtenção da torta de filtro. O processo industrial de fabricação do açúcar e etanol envolve diversos passos de clarificação do caldo e precipitação dos colóides, etapa onde é gerada a torta de filtro. Nesses, o óxido de cálcio é adicionado ao caldo ainda quente, fazendo com que o resíduo apresente valores de pH próximos ao neutro, podendo, entretanto, chegar a valores como 8,2 (MEUNCHANG et al., 2005; PRADO et al., 2013). Assim, o elevado valor de pH da torta de filtro, em função dos tratamentos com óxido de cálcio concorre como causa mais provável para elevação inicial do pH do solo após aplicação do produto nas doses mais altas.

Além da elevação do pH, a adição de óxidos de cálcio leva ao aumento dos teores de cálcio na torta de filtro podendo ocasionar o desbalanço da relação Ca:Mg e consequente maior absorção de cálcio, sendo o magnésio absorvido em menores quantidades (MARSCHNER, 1999).

A elevação dos valores de pH é indiretamente proporcional à disponibilidade de micronutrientes como o cobre e, em valores elevados, pode reduzir a disponibilidade de fósforo e aumentar a predisposição da raiz a danos físicos (HAYNES & NAIDU, 1998; SOUSA et al., 2007).

A adição de torta de filtro ao solo, em doses próximas a 20 t ha<sup>-1</sup>, pode elevar o pH do solo em até uma unidade e reduzir o teor de Al<sup>3+</sup> disponível (NARAMABUYE et al., 2006), sendo verificados efeitos lineares de sua aplicação sobre os valores de pH (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011), resultado semelhante ao verificado para as doses 100%, 150% e 200% do fertilizante organomineral. A determinação dos teores de carbonato de cálcio no resíduo utilizado constitui-se de boa referência para determinação do potencial alcalino do material (HAYNES & MOKOLOBATE, 2001).

Cabe ressaltar que o presente estudo utilizou solo com pH inicial 5,2 e altas doses do fertilizante organomineral, podendo a elevação dos valores de pH prejudicial ao crescimento da planta. Entretanto, em solos ácidos, a adição da torta de filtro pode levar à elevação do pH a valores ideais para o cultivo (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011), fazendo com que os fertilizantes organominerais à base desse resíduo possam agir de forma semelhante. A adição de resíduos alcalinos, como o lodo de esgoto, em solos de florestas de eucalipto pode favorecer o crescimento da planta por meio da redução de acidez e aumento da disponibilização de nutrientes (GUEDES et al., 2006).

A ausência de diferença nos valores de altura, diâmetro na altura do colo e pH do solo entre o tratamento com fertilizante organomineral na dose 50%, o tratamento mineral e a testemunha em todos os tempos avaliados (Tabelas 5 e 6), permite propor que, quando aplicado na dose equivalente a 50% da recomendada, o fertilizante organomineral à base de torta de filtro não leva à elevação do pH e, também, não leva à prejuízos decorrentes da salinização do solo, permitindo o mesmo incremento de altura e diâmetro que o tratamento mineral, não diferindo entretanto dos valores observados para testemunha, nesse experimento. O eucalipto pode apresentar baixa resposta à adição de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, indicando que o solo é capaz de suprir boa parte da demanda de nutrientes da planta por meio da disponibilização de

nutrientes decorrente dos processos de mineralização da matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Em florestas de eucalipto, as melhores respostas à adubação são obtidas em solos onde os teores de nutrientes são baixos ou muito baixos, sendo as respostas em solos de fertilidade média e alta, pequenas ou inexistentes (GONÇALVES, 2011).

O aumento inicial dos valores dos índices de clorofila *a* e *b* em função da elevação das doses de nitrogênio (Figuras 13 e 15) confirmam a estreita relação entre a disponibilidade do nutriente, a síntese de clorofila e a eficiência fotossintética da planta. As clorofilas são componentes chave no processo de conversão da radiação luminosa em ATP e NADPH sendo sua produção proporcional aos níveis de nitrogênio nos tecidos foliares (NEVES et al., 2005).

O comportamento quadrático dos índices de clorofila *a* e *b* em função da dose de fertilizante organomineral indica efeito deletério de doses elevadas sobre a síntese desse componente. Doses elevadas de fertilizantes podem apresentar efeitos prejudiciais ao crescimento de mudas, efeito atribuído à fitotoxidez e inibição da absorção de outros nutrientes (BISSANI et al., 2008; PIAS et al., 2013).

A relação positiva entre os valores de clorofila e os teores de nitrogênio nas folhas evidenciam a importância do nutriente na síntese do pigmento, sendo a relação observada até o ponto máximo de assimilação do nitrogênio (VIANA & KIEHL, 2010) e confirmam o potencial dos medidores portáteis de clorofila para avaliação dos teores de nitrogênio foliar. Em cultivo de *Eucalyptus globulus* são constatadas boas relações entre os valores de clorofila determinados por medidores portáteis e o estado nutricional da planta (PINKARD et al., 2006; RIBEIRO et al., 2009).

A relação quadrática entre os valores de massa fresca e seca de folhas e caules e o aumento das doses de fertilizante (Figuras 17A e 17B) demonstra que os melhores resultados são estimados para doses próximas à 70% da recomendada indicando a viabilidade da redução da aplicação de fertilizantes quando da utilização dos organominerais à base de torta de filtro. Estudos com cultivo de cana-de-açúcar (TEIXEIRA et al., 2014; VAZQUEZ et al., 2015; RAMOS et al., 2017), sorgo (OLIVEIRA et al., 2016) demonstram o potencial dos organominerais para substituição e redução da quantidade de fertilizante aportada aos cultivos.

A obtenção de valores semelhantes de Índice de Qualidade de Dickson (IQD) quando comparados os tratamentos com fertilizante organomineral na dose 50% e

tratamento com fertilizante mineral na dose recomendada para a cultura permite propor que a utilização do fertilizante organomineral não prejudica o crescimento inicial da muda (Tabela 17). Ressalta-se que o IQD constitui-se de um índice com alta variação, principalmente em razão da espécie cultivada, manejo das mudas, volume do recipiente e substrato, o que dificulta a comparação com outros trabalhos (CALDEIRA et al., 2013).

Ainda que não tenha sido observado efeito significativo das diferentes doses do fertilizante organomineral sobre os teores foliares de nitrogênio, observa-se o claro aumento desse nos tratamentos com fertilizante organomineral quando comparados à testemunha (Tabela 18). A elevada variação (CV = 20,25%) pode ter contribuído para ausência de diferença. A utilização da fertilização orgânica, tais como o lodo de esgoto pode contribuir para a elevação dos teores de nitrogênio foliar em plantas de eucalipto, sendo o aporte de resíduos orgânicos ferramenta de extrema valia para a redução dos aportes minerais de nitrogênio e fósforo (ABREU-JÚNIOR et al., 2017).

Ademais, destaca-se que o aumento no aporte de nitrogênio está diretamente correlacionado ao acúmulo desse nutriente nos tecidos foliares (DU TOIT et al., 2001; ASSIS et al., 2017; ROS et al., 2018) sendo a resposta à adição desse nutriente determinada principalmente pela dose total aplicada quando comparada à frequência de aplicação (ALBAUGH et al., 2015). Entretanto, destaca-se que em razão da mineralização do nitrogênio contido na matéria orgânica e na serapilheira os efeitos do aporte de nitrogênio podem não ser detectados (BASSACO et al., 2018). Este mecanismo pode ter favorecido o crescimento das mudas quando da ausência de fertilizante neste ensaio.

A ausência de diferença entre os teores foliares de fósforo nos tratamentos com fertilizantes organominerais e o tratamento com fertilizante mineral na dose recomendada para cultura (Tabela 19) demonstram a viabilidade agrônômica de utilização dos organominerais peletizados à base de torta de filtro de cana-de-açúcar no fornecimento desse nutriente às plantas de eucalipto. As respostas à aplicação de fósforo são as mais notáveis nos cultivos de eucalipto no Brasil em razão de sua baixa disponibilidade no solo e alta adsorção (BASSACO et al., 2018).

O aumento linear dos teores de potássio no tecido foliar, em razão do aumento das doses do fertilizante organomineral (Figura 19), refletem a estreita relação entre os teores desse nutriente na solução do solo e sua concentração no tecido foliar (SILVA et

al., 2002). Destaca-se que o potássio é o nutriente mais acumulado nos tecidos de plantas eucalipto, sendo o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* reconhecido pela sua grande eficiência na absorção e utilização desse nutriente (GAZOLA et al., 2019).

Os valores semelhantes entre os teores de cálcio e magnésio encontrados nos tecidos foliares quando dos tratamentos com fertilizante organomineral na dose 50% e o fertilizante mineral na dose recomendada para cultura indicam o potencial de substituição da fertilização mineral pela fertilização organomineral para fornecimento desses nutrientes. Vaz & Gonçalves (2002) ressaltam que o uso de biossólidos juntamente aos fertilizantes minerais na implantação de povoamentos de eucalipto pode elevar os teores de cálcio no solo, favorecendo o crescimento inicial das plantas.

## 2.5. CONCLUSÃO

Fertilizantes minerais à base de torta de filtro de cana-de-açúcar apresentam potencial para substituir a fertilização mineral no cultivo inicial de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, podendo ainda contribuir para elevação dos valores de pH do solo.

## REFERÊNCIAS

ABREU-JUNIOR, C. H.; FIRME, L. P.; MALDONADO, C. A. B.; MORAES NETO, S. P.; ALVES, M. C.; MURAOKA, T.; BOARETTOA, A. E.; GAVA, J. L.; HE, Z.; NOGUEIRA, T. A. R.; CAPRA, G. F. Fertilization using sewage sludge in unfertile tropical soils increased wood production in Eucalyptus plantations. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 203, p. 51-58, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.074>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717307661?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

AGUILAR, A. S.; CARDOSO, A. F.; LIMA, L. C.; LUZ, J. M. Q.; RODRIGUES, T.; LANA, R. M. Q. Influence of organomineral fertilization in the development of the potato crop CV. Cupid. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 1, jan./fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n1a2019-41740>. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/41740/25406>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ALBAUGH, T. J.; RUBILAR, R. A.; FOX, T. R.; ALLEN, H. L.; URREGO, J. B.; ZAPATA, M.; STAPE, J. L. Response of Eucalyptus grandis in Colombia to mid-rotation fertilization is dependent on site and rate but not frequency of application. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 350, p. 30-39, ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715002522?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B., GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000003>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662011001000003&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011001000003&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**: 2016. São Paulo: ANDA, 2016.

ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, M. R.; BIANCHI, M. L. Efeito da Aplicação de Nitrogênio na Produção e Qualidade da Madeira e Carvão Vegetal de um Híbrido de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, e00117914, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.117914>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2179-80872018000100109&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872018000100109&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

BARCELOS, M. N.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; AMARAL, U.; ARAUJO, L. C.; FILHO, M. C. M. T.; VERDE, C. V. Use of organo-mineral fertilizers in grain sorghum as reverse logistics of organic residues. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 11, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p435>. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/0/38118>. Acesso em: 17 dez. 2019.

BARROS, N. F.; CAMERFORD, N. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 2, p. 487-592, 2002.

BASSACO, M. V. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; PRIOR, S. A.; NISGOSKI, S.; FERREIRA, C. F. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements for eucalyptus urograndis plantations in southern Brazil. **New Forests**, [s. l.], v. 49, n. 5, p. 681-697, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9658-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11056-018-9658-0>. Acesso em: 17 dez. 2019.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. D. O.; TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

CALDEIRA, M. V.; DELARMELINA, W. M.; PERONI, L.; GONÇALVES, E. O.; SILVA, A. G. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43 n. 2, p. 155-163, abr./jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200002>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-40632013000200002&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-40632013000200002&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: CANA-DE-AÇÚCAR: SAFRA 2018/2019. Brasília, DF, **CONAB**, v. 5. n. 2, ago. 2018. 76 p. ISSN: 2318-7921. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/22956\\_506e8f00170422c62a452d3e319a6d6f](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/22956_506e8f00170422c62a452d3e319a6d6f). Acesso em: 13 dez. 2019.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial** 45, Rio de Janeiro, v. 1, n. 45, p. 137-187, mar. 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11734>. Acesso em: 9 dez. 2019.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; FILHO, J. F. T.; YOSHINAGA, R. T. Salinização do solo por aplicação de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, [s. l.], v. 12, n. 1, 2007. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n1p135-143>. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3293>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>. Disponível em: <https://pubs.cif-ifc.org/doi/10.5558/tfc36010-1>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtdosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2019.

DU TOIT, B.; ARBUTHNOT, A.; OSCROFT, D.; JOB, R. A. The effects of remedial fertilizer treatments on growth and pulp properties of *Eucalyptus grandis* stands established on infertile soils of the Zululand coastal plain. **The Southern African Forestry Journal**, [s. l.], v. 192, n. 1, p. 9-18, maio 2001. DOI: <https://doi.org/10.1080/20702620.2001.10434129>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20702620.2001.10434129>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, [s. l.], v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/RF.V43I3.26809>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/26809/21095>. Acesso em: 17 dez. 2019.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila**: clorofilog cfl 1030. [s. l.], 2008. Disponível em: [http://www.falker.com.br/produto\\_download.php?id=4](http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4). Acesso em: 13 dez. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542014000200001&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542014000200001&lng=en&tlng=en). Acesso em: 17 dez. 2019.

FORRESTER, D. I. Growth responses to thinning, pruning and fertiliser application in eucalyptus plantations: a review of their production ecology and interactions. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 310, p. 336-347, dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.047>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112713005744?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

FREIRE, J. L. D. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R. D.; REBEQUI, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 57-70, jan. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2013000100009&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2013000100009&lng=pt&nrm=iso). Acesso: em 13 dez. 2019.

GAMA-RODRIGUES, E. D.; BARROS, N. D.; GAMA-RODRIGUES, A. D.; SANTOS, G. D. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, nov./dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000600007>. Disponível

em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832005000600007&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000600007&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

GAZOLA, R. D. N.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M., GAZOLA, R. P. D.; CELESTRINO, T. D. S.; SILVA, A. C. D.; SILVA, P. H. M. D. Potassium fertilization of eucalyptus in an entisol in low-elevation cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 43, fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20180085>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832019000100505&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832019000100505&tlng=en). Acesso em: 17 dez. 2019.

GEORGE, P. A. O.; ERAS, J. J. C.; GUTIERREZ, A. S.; HENS, L.; VANDECASTEELE, C. Residue from sugarcane juice filtration (filter cake): energy use at the sugar factory. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 407-413, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-010-9046-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12649-010-9046-2>. Acesso em: 17 dez. 2019.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para eucalyptus, pinus e espécies típicas da mata atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 15, p. 1-23, 1995. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/edicoes.asp>. Acesso em: 12 dez. 2019.

GONÇALVES, J. L. M. Fertilização de plantação de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2. 1994, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: [s. n.], 2011, p. 342.

GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F. A.; MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 267-280, mar./abr. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000200008>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832006000200008&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000200008&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

HAYNES, R. J.; NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 123-137, jun. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009738307837>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1009738307837>. Acesso em: 17 dez. 2019.

HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 47-63, jan. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009823600950>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1009823600950>. Acesso em: 17 dez. 2019.

IBÁ. **Sumário executivo da indústria brasileira de árvores**: relatório 2019. Brasília, DF: IBA, 2019. 80 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil). **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas**: relatório de pesquisa. Brasília, DF: IPEA, 2012. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917\\_relatorio\\_residuos\\_organicos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf). Acesso em: 28 out. 2018.

MAGELA, M. L. M.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; MIRANDA, M. C. C.; MOTA, R. P. Efficacy of organomineral fertilizers derived from biosolid or filter cake on early maize development. **Australian Journal of Crop Science**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 662-670, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.05.p1132>. Disponível em: [https://www.cropj.com/magela\\_13\\_5\\_2019\\_662\\_670.pdf](https://www.cropj.com/magela_13_5_2019_662_670.pdf). Acesso em: 17 dez. 2019.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic, 2012.

MEUNCHANG, S.; PANICHSAKPATANA, S.; WEAVER, R. W. Co-composting of filter cake and bagasse; by-products from a sugar mill. **Bioresource technology**, [s. l.], v. 96, n. 4, p. 437-442, mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852404002032?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MOTA, R. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 131-137, jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-018-0237-3>. Acesso em: 17 dez. 2019.

NARAMABUYE, F. X.; HAYNES, R. J. Effect of organic amendments on soil pH and Al solubility and use of laboratory indices to predict their liming effect. **Soil Science**, [s. l.], v. 171, n. 10, p. 754-763, out. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000228366.17459.19>. Disponível em: [https://journals.lww.com/soilsci/Abstract/2006/10000/EFFECT\\_OF\\_ORGANIC\\_AMENDMENTS\\_ON\\_SOIL\\_pH\\_AND\\_Al.3.aspx#pdf-link](https://journals.lww.com/soilsci/Abstract/2006/10000/EFFECT_OF_ORGANIC_AMENDMENTS_ON_SOIL_pH_AND_Al.3.aspx#pdf-link). Acesso em: 17 dez. 2019.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P.; PINHO, P. J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 517-521, maio 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500014>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2005000500014&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005000500014&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 12, n. 32, p. 2574-2581, ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/ACDC03D65521>. Acesso em: 17 dez. 2019.

OLIVÉRIO, J. L.; BOSCARIOL, F. C.; MANTELATTO, P. E.; CÉSAR, A. R. P.; CIAMBELLI, J. R. P.; GURGEL, M. N. A.; SOUZA, R. T. G. Integrated production of organomineral biofertiliser (biofom®) using by-products from the sugar and ethanol agro-industry, associated with the cogeneration of energy. **Sugar Tech**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 17-22, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-011-0069-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12355-011-0069-1>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PIAS, O. H. C.; CANTARELLI, E. B.; BERGHETTI, J.; LESCHEWITZ, R.; KLUGE, E. R.; SOMAVILLA, L. Doses de fertilizante de liberação controlada no índice de clorofila e na produção de mudas de grábia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 19-25, jan./mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.419>. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/419/302>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PINKARD, E. A.; PATEL, V.; MOHAMMED, C. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown eucalyptus nitens and e. globulus using a non-destructive meter. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 223, n. 1-3, p. 211-217, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112705007103?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PRADO, R. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, [s. l.], v. 2013, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/581984>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2013/581984/>. Acesso em: 17 dez. 2019.

RAMOS, L. A.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Effect of organo-mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 20-27, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11024>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/73BA66F62253>. Acesso em: 17 dez. 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

RIBEIRO, H. M.; VASCONCELOS, E.; RAMOS, A.; COUTINHO, J. Avaliação do estado nutricional azotado de pés-mãe de eucalyptus globulus labill. ssp. globulus com

recurso a um medidor portátil de clorofila. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 32, n. 1, p. 40-49, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2009000100004&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2009000100004&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 13 dez. 2019.

ROMANO, E.; BRAMBILLA, M.; BISAGLIA, C.; PAMPURO, N.; PEDRETTI, E. F.; CAVALLO, E. Pelletization of composted swine manure solid fraction with different organic co-formulates: effect of pellet physical properties on rotating spreader distribution patterns. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 101-111, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0070-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-014-0070-2>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ROS, C. O.; PERRANDO, E. R.; SOMAVILLA, L.; ENGEL, K.; TORCHELSEN, M.; SILVA, R. F. Contribution of nitrogen and phosphate fertilizer in the initial growth of toona ciliata and eucalyptus grandis. **Floresta**, Curitiba, v. 49, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/ufv.v49i1.51174>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/51174>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; PEREIRA, P. R. G. Eficiência nutricional de potássio e crescimento de eucalipto influenciados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1001-1010, out./dez. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400018>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832002000400018&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000400018&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

SILVA, H. C.; LIMA, L. C.; CAMARGO, R.; LANA, R. M. Q.; LEMES, E. M.; CARDOSO, A. F. Effects of organomineral fertilizers formulated with biosolids and filter cake on common bean yield crop (*phaseolus vulgaris* l.). **Australian Journal of Crop Science**, [s. l.], v. 13, n. 10, p. 1566 - 1571, 2019. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.10.p1316>. Disponível em: [https://www.cropj.com/silva\\_13\\_10\\_2019\\_1566\\_1571.pdf](https://www.cropj.com/silva_13_10_2019_1566_1571.pdf). Acesso em: 17 dez. 2019.

SILVA, F. C. (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. ACIDEZ DO SOLO E SUA CORREÇÃO. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. D. F.; NETO, M. D. S. A. Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 337-341, mar. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300015>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2002000300015&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000300015&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDORFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22156>. Acesso em: 13 dez. 2019.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 747-758, jul./set. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000300020>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832002000300020&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000300020&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

VAZQUEZ, G. H.; BORTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; BONINI, C. S. B.; BONINI NETO, A. Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta/use of organophosphated fertilizer and filtercake in plant-cane. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, SP, v. 9, n. 1, p. 53-64, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2015v9n1p53-64>. Disponível em: <http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/241>. Acesso em: 17 dez. 2019.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000400024>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000400024&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000400024&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

### CAPÍTULO 3

## EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE ORGANOMINERAL PELETIZADO FORMULADO COM TORTA DE FILTRO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE O CARBONO E ATIVIDADE DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO EM CULTIVO DE EUCALIPTO

### RESUMO

DELVAUX, JULIO CESAR. **Efeitos da aplicação de fertilizante organomineral peletizado formulado com torta de filtro de cana-de-açúcar sobre o carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em cultivo de eucalipto.**

A adição de fertilizantes minerais aos cultivos florestais pode ocasionar alterações nos estoques de carbono da biomassa microbiana do solo. No entanto, o efeito da adição de fertilizantes organominerais (FOM) peletizados ao solo sobre a biomassa microbiana e sua atividade ainda não é clara. Para mensurar os efeitos de diferentes doses de FOM à base de torta de filtro de cana-de-açúcar (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para a cultura, um ensaio em vasos contendo mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, cultivado durante 120 dias em Latossolo Vermelho, foi conduzido em casa de vegetação sendo verificados aos 30, 60, 90 e 120 DAT os valores de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e pH do solo. Os valores de CBM foram inversamente proporcionais à dose de FOM sendo os menores valores da variável observados aos 85, 58 e 65 dias após o transplantio (DAT) para as doses 50%, 150% e 200% do FOM. Os valores de RB nos tratamentos com FOM 50% e 100% foram melhores ou iguais aos observados para o tratamento com fertilizante mineral. Houve aumento dos valores de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) aos 30, 60 e 90 DAT em função da elevação das doses do FOM, sendo lineares os efeitos aos 30 e 90 DAT e quadráticos aos 60 DAT onde os maiores valores de  $qCO_2$  ( $6,01 \mu g C-CO_2 \mu g^{-1} CBM h^{-1} \times 1000$ ) foram estimados para a dose 174,07% do FOM. Contudo, os tratamentos FOM 50% e 100% apresentaram valores iguais ou melhores que aqueles verificados no tratamento com fertilizante mineral em todos os tempos avaliados. Os resultados permitem concluir que FOM à base de torta de filtro de cana-de-açúcar apresentam potencial para substituir, sem prejuízos para a biomassa microbiana e sua atividade, a fertilização mineral no crescimento inicial de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis*.

**Palavras-chave:** atividade da biomassa microbiana, indicadores de qualidade do solo.

## ABSTRACT

DELVAUX, JULIO CESAR. **Effects of application of pelletized organomineral fertilizer formulated with sugarcane filter cake on carbon and soil microbial biomass activity in eucalyptus cultivation.**

The addition of mineral fertilizers to forestry crops can cause changes in carbon stocks in the soil microbial biomass. However, the effect of the addition of fertilizers biofertilizer (FOM) peletizados the soil on microbial biomass and its activity is not yet clear. To measure the effects of different doses of FOM based on sugarcane filter cake (0%, 50%, 100%, 150% and 200%) compared to recommended for culture a test in pots containing seedlings of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, cultivated during 120 days in Red Latosol, was conducted in a greenhouse being checked for 30, 60, 90 and 120 DAT the values of microbial biomass carbon (MBC), basal respiration (RB), metabolic quotient ( $qCO_2$ ) and soil pH. The MBC values were inversely proportional to the dose of FOM being the lowest values of the variable observed at 85, 58 and 65 days after transplanting (DAT) to the doses 50%, 150% and 200% of the FOM. The values of RB in the treatments with FOM 50% and 100% were better or equal to those observed in the treatment with mineral fertilizer. There was an increase of the values of metabolic quotient ( $qCO_2$ ) at 30, 60 and 90 DAT in function of elevation of the doses of FOM, being linear, the effects on 30 and 90 DAT and quadratic to 60 DAT where the highest values of  $qCO_2$  ( $6.01 \text{ mg C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ CBM h}^{-1} \times 1000$ ) were estimated for the dose 174.07% of FOM. However, the treatments FOM 50% and 100% presented values equal to or better than those observed in the treatment with mineral fertilizer in all times assessed. The results allow us to conclude that fom the base of filter of sugar cane have the potential to replace, without harming the microbial biomass and its activity, mineral fertilization in the initial growth of *E. urophylla* x *E. grandis*.

**Keywords:** microbial activity, soil quality indicators.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O eucalipto é a espécie de madeira industrial mais cultivada nos trópicos, sendo explorada principalmente pelas excelentes propriedades de sua celulose e por apresentar rápido crescimento e adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas, representando a principal fonte para a produção de papel e celulose de fibra curta no Brasil (MIGUEL et al., 2018; IBÁ, 2019).

As práticas agrícolas utilizadas para elevar a produtividade das culturas ocasionam efeitos adversos sobre a fertilidade e a qualidade do solo (SELIVANOVSKAYA et al., 2001), sendo os indicadores ecológicos ferramentas úteis para mensurar esses efeitos (DALE et al., 2008).

A qualidade do solo, definida como a capacidade de determinado tipo de solo funcionar para sustentar a produtividade de plantas e animais, dar suporte às atividades antrópicas, bem como, manter as funções ecológicas de decomposição e formação da matéria orgânica do solo (KARLEN et al., 1997; ARAÚJO et al., 2008) pode ser mensurada por meio de indicadores capazes de refletir a condição ambiental do ecossistema (ARAÚJO & MONTEIRO, 2007) sendo mais comumente utilizados a biomassa microbiana e sua atividade (PAZ-FERREIRO & FU, 2016). Esses indicadores são citados em aproximadamente 25% dos trabalhos realizados em solos florestais (BÜNEMANN et al., 2018).

Nesse contexto, a utilização de fertilizantes organominerais peletizados apresenta-se como tecnologia promissora e sustentável para a fertilização, pois, além de permitir o aproveitamento dos nutrientes contidos nos resíduos agrícolas e urbanos, traz consigo o benefício ambiental da destinação apropriada desses resíduos (TEIXEIRA et al.; 2014; OLIVEIRA et al., 2017).

No Brasil, a utilização dos resíduos apenas dos setores com menor desafio logístico, como a suinocultura, avicultura, bovinocultura e sucroalcooleiro, tem potencial de reaproveitamento de 5,3 milhões de toneladas de NPK, 38% da demanda nacional desses nutrientes, podendo proporcionar economia de US\$ 1,0 bilhão anuais (CRUZ et al., 2017).

A liderança do Brasil na produção mundial de cana-de-açúcar permite a geração de aproximadamente 254,2 milhões de kg torta de filtro, resíduo proveniente do processo industrial de clarificação do caldo da cana que contém elevadas quantidades de

N, P e K (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011; IPEA, 2012; CONAB, 2018; LISBOA et al., 2019). Contudo, o entrave logístico de transporte e armazenamento da torta de filtro faz com que, muitas vezes, esse resíduo seja destinado continuamente em áreas próximas à unidade de produção levando à elevação das emissões de gases do efeito estufa, fazendo com que haja pressão crescente para destinação desse resíduo (GEORGE et al., 2010).

Considerando o potencial sustentável dos organominerais, propõem-se que fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro têm potencial para substituir parcial ou integralmente a fertilização mineral na implantação de cultivos de *E. urophylla* x *E. grandis* sem prejuízos à biomassa microbiana do solo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a biomassa, a atividade da comunidade microbiana e o pH do solo em cultivo inicial de eucalipto sobre diferentes doses de fertilizante organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar.

## 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Descrição do experimento

Um ensaio em vasos plásticos de 11 L foi implantado em casa de vegetação localizada no município de Ituiutaba-MG (18°58'18.98" Sul e 49°26'54.128" Oeste), clima Tropical Awh, no período entre 05/03/18 e 05/07/18. No decorrer do ensaio a temperatura média no interior da casa de vegetação foi 25 °C (Máxima: 36,3 °C e Mínima: 10,6 °C) e a umidade média 59 % (Máxima: 86% Mínima: 21%) (Figura 1 – Capítulo 2).

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo cada parcela composta por três vasos totalizando seis tratamentos. Nas parcelas foram avaliados os efeitos das diferentes doses de fertilizante organomineral (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) calculadas em razão da dose fósforo recomendada para cultura) e nas subparcelas os efeitos do tempo avaliado aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas (DAT).

Foi utilizado como substrato o Latossolo Vermelho (Tabela 22) coletado na camada de 0-20 cm em área de cultivo de eucalipto onde não foram realizados aportes de fertilizantes nos últimos sete anos. Após coletado o solo foi tamisado em peneira de 5,64 mm, corrigido com calcário dolomítico em acordo com as exigências da cultura e incubado com umidade próxima a 70% da capacidade de campo durante 30 dias em sacos plásticos na ausência de luz. Após incubação do solo os valores de pH em H<sub>2</sub>O e CaCl<sub>2</sub> eram respectivamente 5,2 e 5,15.

**Tabela 22.** Atributos químicos e físicos, antes da incubação com calcário, do Latossolo Vermelho utilizado no cultivo de mudas do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*.

<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	<b>Pres</b>	<b>K</b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>H + Al</b>	<b>MO</b>
	--- mg dm <sup>-3</sup> ---		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				dag kg <sup>-1</sup>
5,1	3,0	34,0	0,8	0,2	0,6	3,0	1,0
<b>SB</b>	<b>CTC (pH 7)</b>		<b>V</b>	<b>m</b>	<b>Areia</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		----- % -----				
1,1	4,1		27,0	35,0	65,0	7,5	27,5

MO – Matéria orgânica; V – Saturação por bases; m – Saturação por Alumínio.

O fertilizante organomineral 06-24-8 + 8% de carbono orgânico total (COT) formulado a partir de torta de filtro de cana-de-açúcar, ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio (Tabela 2 – Capítulo 2) foi utilizado em diferentes doses definidas utilizando como referência a Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). Um tratamento com fertilizante mineral na dose recomendada para a cultura foi adicionado aos ensaios utilizando as mesmas fontes usadas na produção do fertilizante organomineral (Tabela 3 – Capítulo 2). A fertilização com micronutrientes foi realizada via água de irrigação.

O solo foi acondicionado nos vasos onde foram adicionados sequencialmente 2,0 Kg de pedra brita (6,4 mm), manta geotêxtil e 10 dm<sup>3</sup> de solo seco que, após receber a aplicação e homogeneização do fertilizante, foi compactado manualmente até valores de densidade próximos a 1,7 g dm<sup>-3</sup>, sendo a capacidade de retenção de água dos vasos (CRA) estimada por método gravimétrico (SOUZA et al., 2002).

Sequencialmente, mudas saudáveis do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (Clone I144), com 30 dias, uniformes quanto ao tamanho e diâmetro do caule foram transplantadas para as parcelas experimentais, sendo conteúdo de água mantido próximo a 70% da CRA durante todo o ensaio.

O híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (Clone I144) foi utilizado neste ensaio em razão do seu rápido e bom crescimento, elevada densidade da madeira, rusticidade e resistência ao déficit hídrico e resistência ao cancro causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*. Ademais, destaca-se que o clone I144 é um dos materiais mais utilizados na implantação de cultivos de eucaliptos no Brasil (FOWLER, 2014).

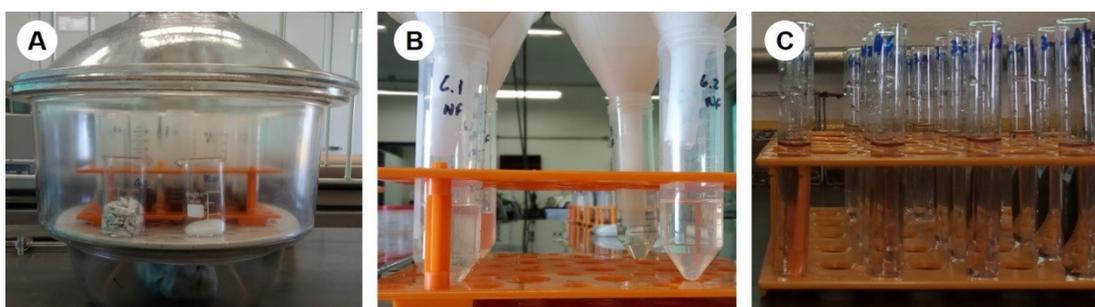
### **3.2.2 Amostragem do solo**

As amostras de solo foram coletadas aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante das mudas (DAT). As amostras (três em cada vaso da parcela) foram coletadas na camada de 0-15 cm (Figura 4 – Capítulo 2) e imediatamente transferidas para frascos vedados e transportadas em caixa com gelo até o laboratório, onde após tamisadas (<2,0 mm) foram submetidas à determinação da umidade. As amostras foram mantidas a 4 °C por no máximo uma semana antes das análises. Subamostras para a determinação do Carbono Orgânico Total (COT) foram tamisadas em peneira de 0,5 mm, retirando-se os resíduos visíveis de plantas e animais do solo.

### 3.2.3 Análises microbiológicas do solo

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi estimado utilizando-se o método da fumigação extração (VANCE et al., 1987). Para cada uma das amostras foram pesadas duas alíquotas de 10 g de solo úmido em tubos de polipropileno, constituindo-se assim as amostras destinadas à fumigação e aquelas destinadas à não fumigação. Os tubos destinados à fumigação foram mantidos em dessecador, contendo vapor de clorofórmio livre de álcool e hidróxido de sódio, a 25 °C por 48 horas (Figura 20A). Durante esse período, as amostras não-fumigadas foram armazenadas em tubos fechados mantidos sob refrigeração. Após a remoção do fumigante, das amostras incubadas, o carbono das amostras fumigadas e não-fumigadas foi extraído pela adição de 25 mL de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) 0,5M seguida de agitação horizontal a 200 rpm por 30 min e posterior filtração do extrato obtido (Figura 20B).

O carbono foi determinado pelo método colorimétrico (Figura 20C) sendo calculado a partir da curva de calibração resultante dos dados dos padrões 0, 6, 12, 18 e 24 mg L<sup>-1</sup> de carbono utilizando ácido oxálico e o carbono da biomassa microbiana (CBM) estimado pela diferença entre o carbono orgânico extraído das amostras fumigadas e não fumigadas (BARTLETT & ROSS, 1988) usando o valor de Kc igual a 0,33 (KASCHUK et al., 2010).



**Figura 20:** (A) Fumigação, (B) extração e (C) determinação do carbono da biomassa microbiana.

A respiração basal (RB) foi determinada pela incubação de 50 g de solo, com umidade corrigida para 60% da capacidade de campo, em frasco de vidro (500 mL) hermeticamente fechado contendo em seu interior um frasco com 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 M (Figura 21). As determinações do CO<sub>2</sub> evoluído foram

realizadas a cada 7 dias durante 28 dias por titulação indireta do NaOH residual com ácido clorídrico (HCl) padronizado (ANDERSON, 1982).



**Figura 21:** Preparo e incubação das amostras para determinação da respiração basal.

A partir dos valores de CBM e RB foram calculados os valores de quociente metabólico ( $qCO_2$ ), razão entre o carbono ( $C-CO_2$ ) produzido pela respiração e o carbono da biomassa microbiana, que representa a taxa de liberação da  $C-CO_2$  por unidade de carbono da biomassa microbiana por unidade de tempo (ANDERSON & DOMSCH, 1985).

### 3.3.4 Propriedades físico-químicas do solo

O pH do solo foi avaliado em suspensão aquosa e  $CaCl_2$  na proporção 1:2,5 (TEIXEIRA et al., 2017).

O carbono orgânico total (COT) foi estimado aos 120 DAT a partir dos valores obtidos na determinação da matéria orgânica (MO), avaliada pelo método da oxidação por via úmida (WALKLEY & BLACK, 1934) utilizando-se a relação  $CO = MO/1,724$ , uma vez que estima-se que o carbono orgânico do solo compõem 58% da matéria orgânica do solo (TEIXEIRA et al., 2017).

### **3.3.5 Análise dos dados**

Os dados foram verificados quanto às pressuposições de normalidade, teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e homogeneidade das variâncias, teste de Levene, utilizando-se o pacote de software SPSS 11.5. A análise de variância foi realizada para todas as variáveis analisadas e a menor diferença significativa ( $P < 0,05$ ) foi utilizada para separar as variáveis quando as diferenças foram significativas utilizando-se o software Sisvar Versão 5.6 (FERREIRA, 2014) e os gráficos utilizando-se o software Systat 11.0.

### 3.3. RESULTADOS

Verificou-se que no crescimento inicial de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* as diferentes doses do fertilizante organomineral e o número de dias após o transplântio levaram a diferenças significativas de carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) (Tabela 23).

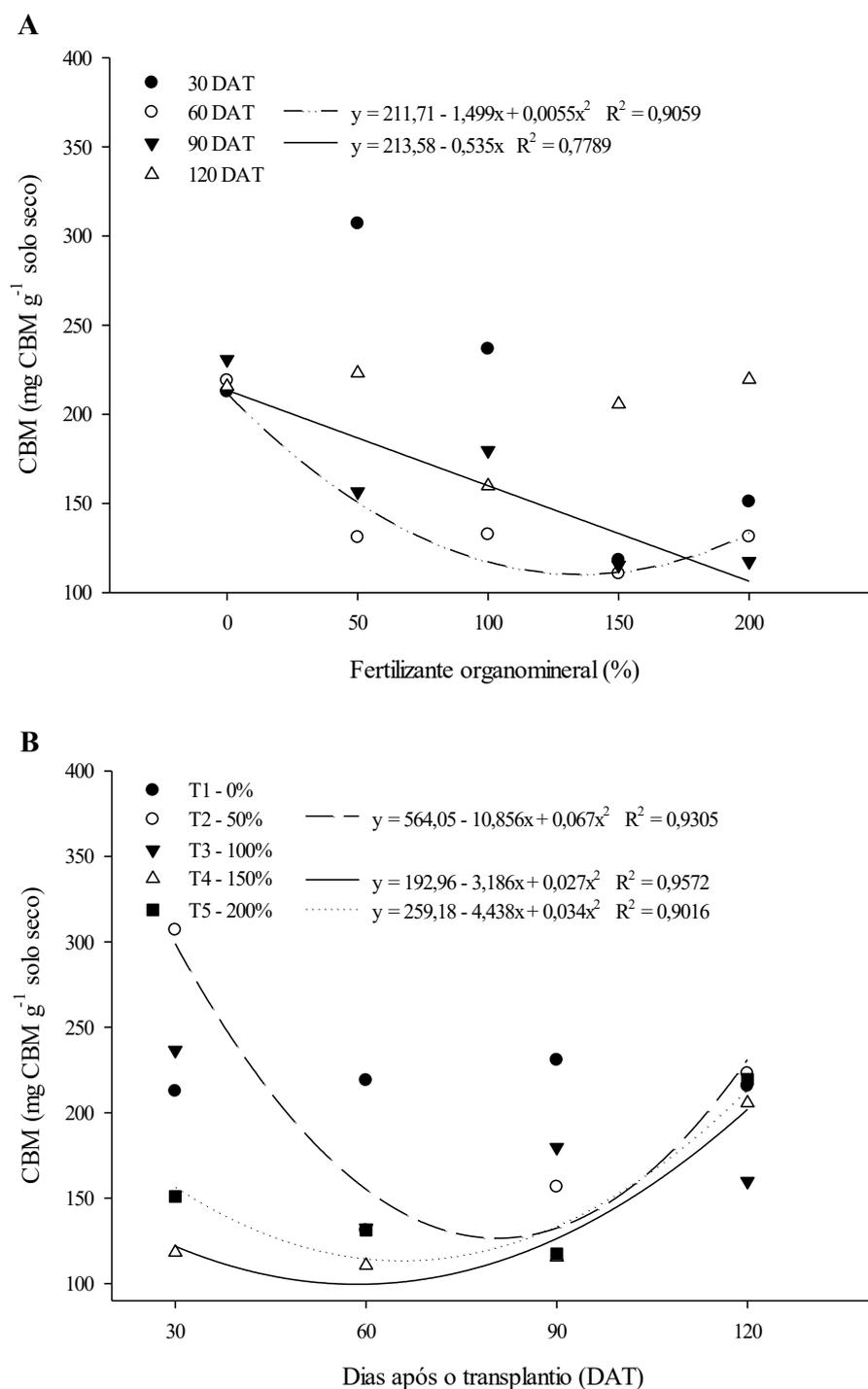
**Tabela 23.** Resumo das análises de variância para carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho sob cultivo de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* sob fertilização organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura, aos 120 dias após o transplântio em diferentes tempos de avaliação após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		CBM	RB	qCO <sub>2</sub>
<b>Dose (D)</b>	4	18389,00*	0,14*	29,73*
<b>Resíduo -1</b>	12	246,10	0,01	0,304
<b>Tempo (T)</b>	3	19117,00*	0,44*	1,12*
<b>D x T</b>	12	7538,00*	0,07*	3,89*
<b>Resíduo -2</b>	45	224,70	0,01	0,432
<b>CV1 (%)</b>		8,78	10,00	10,75
<b>CV 2 (%)</b>		8,39	9,69	12,82

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

Melhor desempenho, no que tange os indicadores biológicos de qualidade do solo, foi encontrado quando da utilização do fertilizante organomineral na dose correspondente à 50% da dose de fertilizante recomendada para a implantação da cultura.

O aumento da dose do fertilizante organomineral levou à redução dos valores de CBM aos 60 e 90 DAT, não havendo modelo ajustado para os tempos 30 e 120 DAT (Figura 22A). No decorrer do crescimento das mudas houve redução inicial de CBM com posterior aumento nos valores da variável, sendo os menores valores estimados aos 80, 58 e 65 DAT para as doses 50%, 150% e 200% do fertilizante organomineral (Figura 22B).



**Figura 22.** Valores de Carbono da Biomassa Microbiana em Latossolo Vermelho: **A** - sob cultivo de *E. urophyla* x *E. grandis* em diferentes épocas sob diferentes doses do fertilizante organomineral; **B** - sob diferentes doses do fertilizante organomineral em diferentes épocas de avaliação.

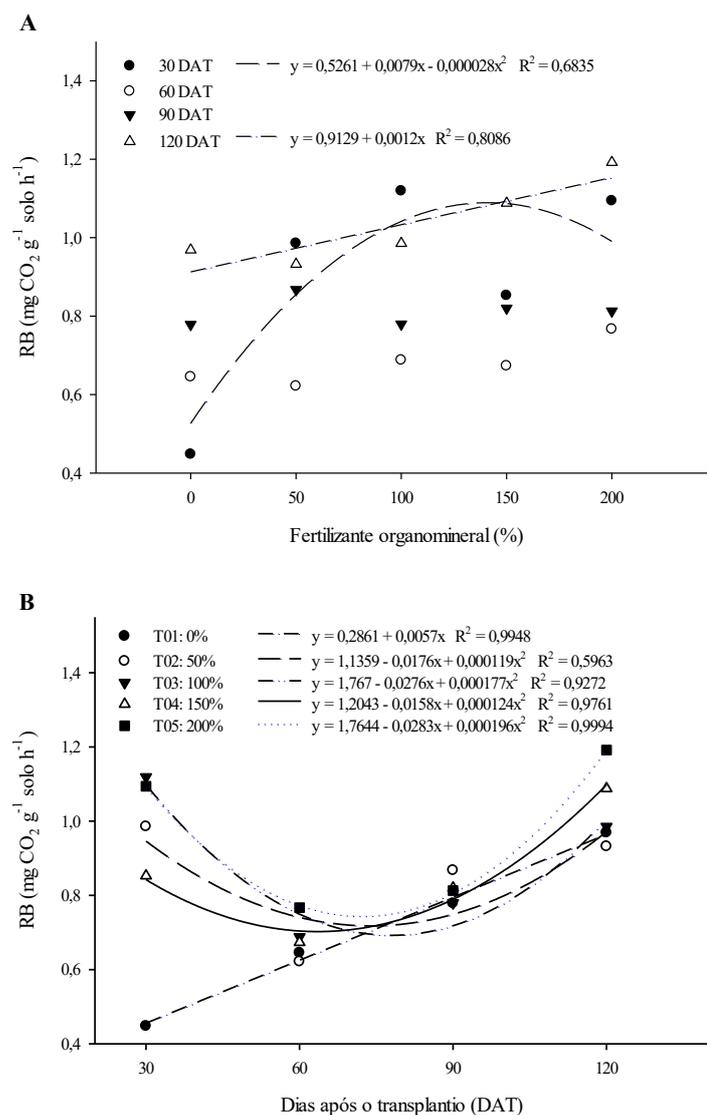
Em todos os tempos avaliados o tratamento com fertilizante organomineral 50% apresentou valores de CBM iguais ou superiores aos verificados no tratamento com fertilizante mineral na dose de referência (Tabela 24).

**Tabela 24.** Médias dos valores de carbono da biomassa microbiana (CBM) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. urophylla* x *E. grandis* e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	CBM ( $\mu\text{g g}^{-1}$ solo)			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
Testemunha	212,57 c	218,95 a	230,75 a	215,57 a
Mineral	236,25 b	126,16 b	127,69 d	236,82 a
Organomineral 50%	307,00 a	131,02 b	156,55 c	223,02 a
Organomineral 100%	236,56 b	132,53 b	179,71 b	159,81 b
Organomineral 150%	118,19 e	110,58 b	115,39 d	205,63 a
Organomineral 200%	150,99 d	131,25 b	117,41 d	219,54 a
F (Levene)	<b>1,25</b>			
KS	<b>0,15</b>			
	CV1 (%) <sup>3</sup> = 9,17		CV2 (%) <sup>3</sup> = 8,96	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

Aos 30 DAT verificou-se aumento da emissão de carbono (C-CO<sub>2</sub>) em função do aumento das doses do fertilizante organomineral com posterior redução nas doses mais elevadas, sendo os maiores valores estimados para a dose 142,7% da dose recomendada e, aos 120 DAT, aumento linear dos valores de RB em função do aumento das doses (Figura 23A).



**Figura 23.** Valores de respiração basal (RB) em Latossolo Vermelho: (A) sob cultivo de *E. urophyla* x *E. grandis* em diferentes épocas sob diferentes doses do fertilizante organomineral; (B) sob com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura em diferentes épocas de avaliação.

Exceto para o tratamento com ausência de fertilizantes que apresentou baixos valores iniciais de respiração basal (RB) com aumento linear nos valores da variável no decorrer do crescimento da planta, foi observado para todos os tratamentos com fertilizante organomineral a redução dos valores da variável nos primeiros setenta dias com posterior elevação dos valores, sendo os menores valores de respiração basal (RB) estimados aos 74, 78, 63 e 72 dias para as doses 50%, 100%, 150% e 200% respectivamente (Figura 23B).

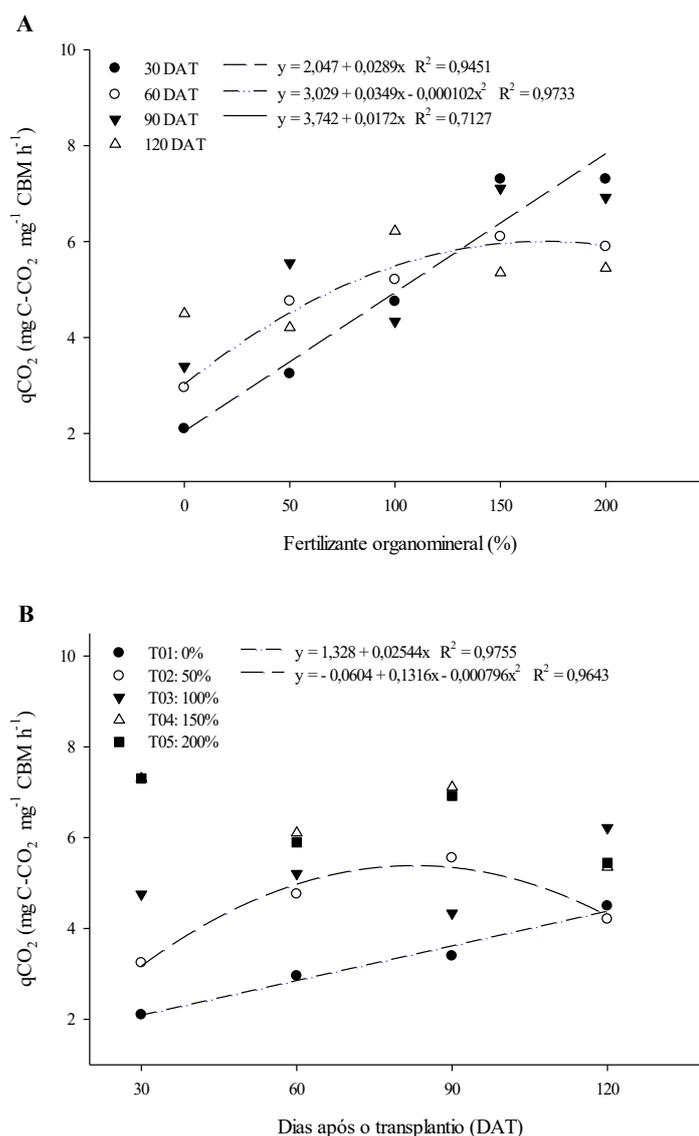
Quando avaliada a respiração basal (RB), em  $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ , verificou-se resultados iguais ou melhores nos tratamentos com fertilizante organomineral nas doses 50% e 100% quando comparados ao tratamento mineral de referência e, excetuando-se os valores observados aos 30 DAT, em todos os tempos esses tratamentos apresentaram valores iguais aos observados para a testemunha (Tabela 25).

**Tabela 25.** Médias dos valores de respiração basal (RB) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio das mudas.

Tratamento	RB ( $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ )			
	Dias após o transplantio			
	30	60	90	120
Testemunha	0,448 a	0,645 a	0,778 a	0,969 a
Mineral	1,083 d	0,673 a	0,896 a	1,206 b
Organomineral 50%	0,986 c	0,622 a	0,868 a	0,932 a
Organomineral 100%	1,119 d	0,688 a	0,780 a	0,986 a
Organomineral 150%	0,853 b	0,673 a	0,820 a	1,088 b
Organomineral 200%	1,094 d	0,767 a	0,813 a	1,192 b
F (Levene)	3,288			
KS	<b>0,151</b>			
	CV1 (%) <sup>3</sup> = 10,28		CV2 (%) <sup>3</sup> = 9,37	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

Houve aumento dos valores de emissão de C-CO<sub>2</sub> por unidade de biomassa (quociente metabólico) aos 30, 60 e 90 DAT em função da elevação das doses do fertilizante organomineral, sendo os efeitos lineares aos 30 e 90 DAT e quadráticos aos 60 DAT onde os maiores valores de qCO<sub>2</sub> foram estimados para a dose 174,07% (Figura 24A).



**Figura 24.** Valores de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em Latossolo Vermelho: (A) sob cultivo de *E. urophyla* x *E. grandis* em diferentes épocas sob diferentes doses do fertilizante organomineral; (B) - sob diferentes doses do fertilizante organomineral em diferentes épocas de avaliação.

Quando avaliados os valores de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) ao longo do crescimento da planta observou-se aumento linear dos valores da variável em função do aumento da dose no tratamento com omissão de fertilizante e aumento dos valores até os noventa dias após o transplantio com posterior redução dos valores para o tratamento com fertilizante organomineral na dose 50%, não havendo ajuste de modelo para as doses 100%, 150% e 200% (Figura 24B).

A avaliação dos valores de carbono (RB) evoluídos por unidade de carbono da biomassa microbiana ( $qCO_2$ ) evidenciam que os tratamentos com fertilizante

organomineral nas doses 50% e 100% apresentaram valores iguais ou melhores que os verificados para o tratamento com fertilizante mineral na dose de referência (Tabela 26).

**Tabela 26.** Médias dos valores de quociente metabólico ( $qCO_2$ ) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. grandis* x *E. urophylla* e sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	$qCO_2$ ( $\mu g$ C-CO <sub>2</sub> $\mu g^{-1}$ CBM h <sup>-1</sup> x 1000)			
	Dias após o transplântio			
	30	60	90	120
<b>Testemunha</b>	2,099 a	2,956 a	3,396 a	4,498 a
<b>Mineral</b>	4,664 c	5,415 b	6,999 c	5,097 b
<b>Organomineral 50%</b>	3,245 b	4,762 b	5,556 b	4,207 a
<b>Organomineral 100%</b>	4,754 c	5,208 b	4,337 b	6,219 b
<b>Organomineral 150%</b>	7,302 d	6,104 c	7,111 c	5,350 b
<b>Organomineral 200%</b>	7,304 d	5,897 c	6,922 c	5,444 b
F (Levene)	<b>0,097</b>			
KS	0,013			
	CV1 (%) = 12,40		CV1 (%) = 12,40	

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> KS, F: estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

Verificou-se elevação considerável nos valores de pH aos 30 DAT em resposta à adição do fertilizante organomineral quando comparados ao valor de pH determinado na data de instalação do ensaio (pH 5,2), tendo a média dos valores da variável atingindo o valor 6,42 para o tratamento com fertilizante organomineral na dose 150% (Figura 5A e Tabela 8 – Capítulo 2).

Exceto para a testemunha, que apresentou aumento nos valores de pH no decorrer do crescimento da planta, verificou-se a redução nos valores da variável até os 90 DAT, sendo os menores valores estimados aos 107, 92, 90 e 95 dias para as doses 50%, 100%, 150% e 200% respectivamente, havendo elevação gradual dos valores até os 120 DAT (Figura 5B – Capítulo 2).

Aos 30 DAT verificou-se elevação substancial dos valores de pH em função do aumento das doses do fertilizante organomineral. Contudo aos 90 DAT houve redução dos valores da variável (Tabela 8 – Capítulo 2).

Aos 120 DAT verificou-se efeito significativo das diferentes doses do fertilizante organomineral sobre os teores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico do solo (CO) (Tabela 27).

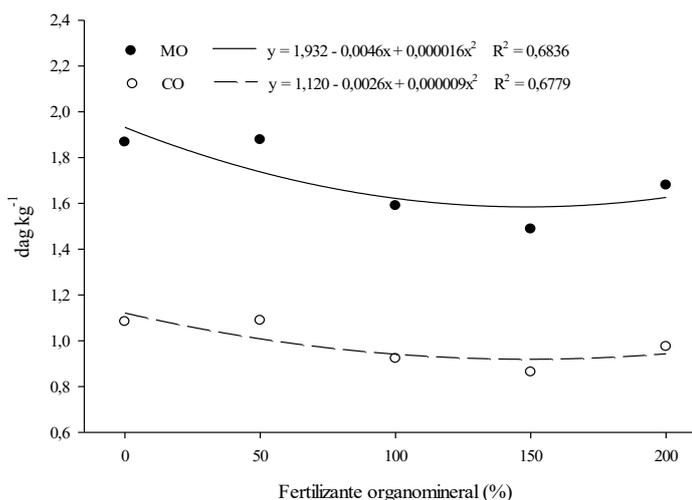
**Tabela 27.** Resumo da análise de variância para matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT) do solo no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sob diferentes doses de fertilizante organomineral aos 120 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		MO	COT
Dose (D)	4	0,117*	0,039*
Resíduo – 1	12	0,011	0,004
CV1 (%)		6,27	6,31

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

O aumento da dose do fertilizante organomineral levou à redução dos valores de matéria orgânica e carbono orgânico do solo com posterior elevação para doses maiores, sendo os menores valores de MO ( $1,60 \text{ dag kg}^{-1}$ ) e CO ( $0,93 \text{ dag kg}^{-1}$ ) estimados nas doses 143,75% e 144,44 % respectivamente (Figura 25).

Quando avaliados os teores de MO e CO, em  $\text{dag kg}^{-1}$ , verificou-se resultados iguais no tratamento com fertilizante organomineral na dose 50% quando comparado ao tratamento mineral e à testemunha (Tabela 28).



**Figura 25.** Valores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico total (COT) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante organomineral (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura aos 120 dias após o transplântio.

**Tabela 28.** Médias dos valores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) em Latossolo Vermelho sob fertilização organomineral com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio das mudas.

Tratamento	MO	CO
	----- dag kg <sup>-1</sup> -----	
Testemunha	1,87 a	1,08 a
Mineral	1,76 a	1,02 a
Organomineral 50%	1,88 a	1,09 a
Organomineral 100%	1,59 b	0,92 b
Organomineral 150%	1,49 b	0,86 b
Organomineral 200%	1,68 b	0,97 b
F (Levene)	<b>0,35</b>	<b>0,36</b>
SW	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>
CV (%)	6,49	6,54

<sup>1</sup> Dentro de cada variável analisada, médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelos testes de Skott-Knott a 5% de probabilidade; <sup>2</sup> F, SW: estatísticas dos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente; os valores em negrito indicam resíduos com distribuições normais e variância homogênea no nível de significância de 0,05; <sup>3</sup> CV = coeficiente de variação.

### 3.4. DISCUSSÃO

A salinidade, o pH e as condições nutricionais do solo são os principais determinantes da estrutura e da atividade das comunidades microbianas do solo (KAMBLE et al., 2014) sendo, a alteração da magnitude dos processos de disponibilização de nutrientes, o principal mecanismo de ação da acidez sobre as comunidades microbianas do solo (ZHALNINA et al., 2015; ANDRADE et al. 2016).

Os menores valores de CBM para as doses mais elevadas do fertilizante organomineral aos 30 DAT (Figura 22B e Tabela 24) refletem o possível desbalanço nutricional e a alterações químicas decorrentes das elevadas doses de fertilizante organomineral utilizadas neste estudo e, também a acentuada variação dos valores de pH decorrentes da adição de doses crescentes do fertilizante organomineral (Figura 5 – Capítulo 2).

A biomassa microbiana do solo e sua atividade apresentam elevada reatividade às alterações das propriedades químicas do solo, mesmo que essas ocorram em pequena escala (DIACONO & MONTEMURRO, 2015). Assim, propõem-se que a elevação das doses do fertilizante organomineral e o consequente estresse osmótico possa ter contribuído a redução do potencial de água na solução do solo e, consequente, a redução dos valores de CBM. O favorecimento do desenvolvimento de bactérias em condições de elevada concentração salina e a redução do crescimento fúngico nessas condições leva ao desbalanço do equilíbrio bactéria/fungo acarretando a redução da decomposição de fontes de carbono recalcitrantes e consequente à redução da biomassa microbiana (MIN et al., 2015). Esse efeito é relatado em cultivo de algodão (EGAMBERDIEVA et al., 2010; MIN et al., 2015).

Naturalmente, em decorrência do tratamento industrial, onde o óxido de cálcio é adicionado ao processo de precipitação da torta de filtro (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011) faz com que o resíduo apresente altos valores de pH, próximos a 8,0 (MEUNCHANG et al., 2005; PRADO et al., 2013). A adição de fertilizantes que elevam os valores de pH do solo, tais como o biochar ocasionam, em valores extremos, a redução do CBM (DEMPSTER et al., 2012).

Apesar do maior impacto sobre os valores de CBM quando comparados à ausência da fertilização, nota-se que aos 60, 90 e 120 DAT, período após a elevação

inicial abrupta do pH, os valores de CBM dos tratamentos com fertilizante organomineral apresentaram valores iguais ou maiores da variável quando comparados ao tratamento mineral, com exceção do tratamento organomineral 100% aos 120 DAT (Tabela 24). A combinação de fertilizantes químicos e minerais tende a elevar os valores de CBM do solo quando comparados à adição de fertilizantes estritamente minerais, fato atribuído à íntima relação entre a biomassa microbiana e os teores de matéria orgânica no solo (DHULL et al., 2004). Em cultivos de milho (KAUR, et al., 2005), soja (HEIDARI et al., 2016) e maçã (MALUCHE-BARETTA et al., 2007), a adição de compostos orgânicos ao solo contribui para o aumento da biomassa microbiana.

A redução do carbono da biomassa microbiana do solo em função da aplicação de doses elevadas de nitrogênio é reportada em vários ensaios com plantas do gênero *Eucalyptus* (WANG et al., 2008), e em cultivo sequencial de milho-trigo-feijão (RUDRAPPA et al., 2006) não sendo claro qual o mecanismo que governa tal relação. Apesar de diversos trabalhos indicarem a redução média de 15% da biomassa microbiana em solos sobre elevadas doses de fertilizantes minerais existe uma grande variação nos dados obtidos nesses trabalhos, o que impede o estabelecimento de uma clara relação causa efeito (TRESSEDER, 2008).

A adição de doses elevadas de nitrogênio pode levar à redução do carbono orgânico do solo e conseqüentemente à diminuição dos valores de CBM (SARATHCHANDRA et al., 2001; WANG et., 2008) o que vem de encontro com os valores de carbono orgânico verificados aos 120 DAT (Figura 25 e Tabela 28).

Ademais, os valores semelhantes de CBM encontrados aos 120 DAT para os tratamentos com fertilizante organomineral nas doses 50%, 150% e 200% e aqueles verificados para a testemunha e fertilizante mineral evidenciam que, apesar do impacto inicial sobre os valores da variável quando do uso de doses mais elevadas, no decorrer do crescimento das mudas a utilização do fertilizante organomineral não traz conseqüências negativas aos valores de CBM (Tabela 24).

O aumento dos valores de respiração basal verificado aos 30 DAT (Figura 23A) em função da elevação das doses do fertilizante organomineral também coincidem com a elevação das doses de fertilizante e, também do pH nesse período (Figuras 11B e Tabela 8 – Capítulo 2). Nota-se ainda, que similarmente ao verificado para os valores de CBM (Figura 22B) houve a retomada do aumento dos valores de RB a partir da décima

semana após o transplântio indicando o início da liberação dos nutrientes contidos no pellet (Figura 23B).

A grande diferença entre os valores de RB dos tratamentos com fertilização (organomineral e mineral) em relação à testemunha (Tabela 25) indicam desbalanço da atividade microbiana do solo quando do aporte de nutrientes. A adição de torta de filtro de cana-de-açúcar no solo eleva consideravelmente os valores de respiração basal (RASUL et al., 2006).

Em cultivo de cana-de-açúcar no Brasil a adição de resíduos do processo de fabricação, tais como a vinhaça, ao solo em substituição à fertilização mineral aumenta significativamente a emissão de C-CO<sub>2</sub> (CARMO et al., 2013). Efeitos similares são observados quando da adição de doses crescentes de fertilizantes ao solo sob cultivo de *Pinus taeda* (LEE & JOSE, 2003).

Contudo, verificou-se que os efeitos da adição de fertilizante organomineral nas doses 50% e 100% da dose de referência apresentaram valores de respiração basal iguais, ou melhores que aqueles determinados no tratamento com fertilizante mineral na dose de referência (Tabela 25), permitindo inferir a sustentabilidade do uso do produto quando comparado à fertilização estritamente mineral.

A elevação dos valores de qCO<sub>2</sub> em função das crescentes doses de fertilizante organomineral aos 30, 60 e 90 DAT (Figura 24A) indicam a redução da eficiência de assimilação do carbono pela biomassa quando da elevação das doses do fertilizante, contudo, os valores observados para as doses 50% e 100% do fertilizante organomineral são iguais ou menores às observadas quando da utilização do fertilizante mineral na dose de referência, tendo o tratamento organomineral 50% apresentado média igual à verificada para a testemunha aos 120 DAT (Tabela 26), indicando a viabilidade da substituição da fertilização mineral pela organomineral na implantação de *E. urophylla* x *E. grandis*.

A adição de compostos orgânicos ao solo, especialmente em suas camadas superficiais, pode contribuir para elevar os teores de carbono orgânico nessas camadas, o qual é base para os processos microbianos no solo, acarretando assim o aumento da atividade dessas comunidades (MALUCHE-BARETTA et al., 2007). Esse efeito é verificado também em cultivos de *Curcuma longa* L. (DINESH et al., 2010) quando da adição de fertilizante orgânico. Entretanto, mesmo efeito é observado quando fertilizantes minerais são adicionados ao solo.

O processo de fabricação do fertilizante organomineral à base de torta de filtro de cana-de-açúcar é precedido da compostagem do material orgânico processo que pode favorecer a mineralização desse material. Tejada et al. (2002) verificaram que a adição de fertilizante organomineral e mineral ao solo resulta na elevação dos valores de quociente metabólico evidenciando o estresse da fertilização sobre as comunidades microbianas. A adição de lodo de esgoto tratado em solo de floresta cultivado com *Hordeum distichum* L. também leva a elevações significativas nos valores de  $qCO_2$  (SELIVANOVSKAYA et al., 2001).

A retomada dos valores de pH a partir dos 30 DAT pode ser atribuída ao início da liberação da fração mineral do fertilizante e, também, ao potencial das plantas em alterar o pH rizosférico. Plantas do gênero *Eucalyptus* podem reduzir os valores de pH do solo pela exsudação de compostos fenólicos na região rizosférica (SOUMARE et al., 2016).

### 3.5. CONCLUSÃO

Fertilizantes organominerais à base de torta de filtro de cana-de-açúcar apresentam potencial substituir a fertilização mineral no crescimento inicial de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* sem prejuízos à biomassa microbiana e sua atividade no solo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B., GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011001000003>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662011001000003&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011001000003&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.
- ANDERSON, J. P. E. Soil Respiration. *In*: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties: part. 2.** 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, v. 2, 1982. p. 831-871.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 81-89, set. 1985. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00255134>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00255134>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- ANDRADE, L. C. D.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F. A. D. O. Atividade microbiana em solos sob doses de lodo de estação de tratamento de efluentes de um aterro industrial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 267-272, fev. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140871>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782016000200267&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000200267&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.
- ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 225-230, mar./abr. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.06.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556307000660?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- ARAÚJO, A. S.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, jul./set. 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684>. Acesso em: 16 dez. 2019.
- BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 52, n. 4, p. 1191-1192, jul. 1988. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1988.03615995005200040055x>. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/52/4/SS0520041191>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G., DE GOEDE, R.; FLESKENS, F.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.;

PULLEMAN, M.; SUKKEL, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality: a critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 120, p. 105-125, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

CARMO, J. B.; FILOSO, S.; ZOTELLI, L. C.; NETO, E. R. S.; PITOMBO, L. M.; DUARTE-NETO, P. J.; VARGAS, V. P.; ANDRADE, C. A. A.; GAVA, G. J. C.; ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; NETO, A. E.; MARTINELLI, L. A. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. **Gcb Bioenergy**, [s. l.], v. 5, p. 267-280, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2012.01199.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1757-1707.2012.01199.x>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: CANA-DE-AÇÚCAR: SAFRA 2018/2019. Brasília, DF, **CONAB**, v. 5. n. 2, ago. 2018. 76 p. ISSN: 2318-7921. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/22956\\_506e8f00170422c62a452d3e319a6d6f](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/22956_506e8f00170422c62a452d3e319a6d6f). Acesso em: 13 dez. 2019.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial** 45. Rio de Janeiro, v. 1, n. 45, p. 137-187, mar. 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11734>. Acesso em: 9 dez. 2019

DALE, V. H.; PEACOCK, A. D.; GARTEN JR, C. T.; SOBEK, E.; WOLFE, A. K. Selecting indicators of soil, microbial, and plant conditions to understand ecological changes in Georgia pine forests. **Ecological Indicators**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 818-827, nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.08.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X07000799?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DEMPSTER, D. N.; GLEESON, D. B.; SOLAIMAN, Z. I.; JONES, D. L.; MURPHY, D. V. Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with Eucalyptus biochar addition to a coarse textured soil. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 354, n. 1-2, p. 311-324, maio 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1067-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-011-1067-5>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DHULL, S.; GOYAL, S.; KAPOOR, K.; MUNDRA, M. Microbial biomass carbon and microbial activities of soils receiving chemical fertilizers and organic amendments. **Archives of Agronomy and Soil Science**, [s. l.], v. 50, n. 6, p. 641-647, set. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/08927010400011294>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08927010400011294>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Effectiveness of organic wastes as fertilizers and amendments in salt-affected soils. **Agriculture**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 221-230, abr. 2015.

DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture5020221>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/5/2/221>. Acesso em: 17 dez. 2019.

DINESH, R.; SRINIVASAN, V.; HAMZA, S.; MANJUSHA, A. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [turmeric (*curcuma longa* l.)]. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 101, n. 12, p. 4697-4702, jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.108>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241000194X?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

EGAMBERDIEVA, D.; RENELLA, G.; WIRTH, S.; ISLAM, R. Secondary salinity effects on soil microbial biomass. **Biology and Fertility of Soils**, [s. l.], v. 46, n. 5, p. 445-449, jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0452-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00374-010-0452-1>. Acesso em: 17 dez. 2019.

FOWLER, J. A. P. Produção, armazenamento e comercialização de sementes de eucalipto no Brasil. In: VALE, A. B.; MACHADO, C.; PIRES, J.; VILAR, M.; COSTA, C.; NACIF, A. P. (ed.). **Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2014. p. 87-102.

GEORGE, P. A. O.; ERAS, J. J. C.; GUTIERREZ, A. S.; HENS, L.; VANDECASTEELE, C. Residue from sugarcane juice filtration (filter cake): energy use at the sugar factory. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 407-413, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-010-9046-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12649-010-9046-2>. Acesso em: 17 dez. 2019.

HEIDARI, G.; MOHAMMADI, K.; SOHRABI, Y. Responses of soil microbial biomass and enzyme activities to tillage and fertilization systems in soybean (*glycine max* l.) production. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 7, p. 1730-1739, nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01730>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01730/full>. Acesso em: 17 dez. 2019.

IBÁ. **Sumário executivo da indústria brasileira de árvores: relatório 2019**. Brasília, DF: IBA, 2019. 80 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil). **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas: relatório de pesquisa**. Brasília, DF: IPEA, 2012. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917\\_relatori\\_residuos\\_organicos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatori_residuos_organicos.pdf). Acesso em: 28 out. 2018.

KAMBLE, P. N.; GAIKWAD, V. B.; KUCHEKAR, S. R.; BAATH. Microbial growth, biomass, community structure and nutrient limitation in high ph and salinity soils from Pravaranagar (India). **European Journal of Soil Biology**, [s. l.], v. 65, p. 87-95,

nov./dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.10.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556314001009?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 4-10, jan. 1997. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010001x>. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/61/1/SS0610010004>. Acesso em: 17 dez. 2019.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 42, n. 1, p. 1-13, jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071709003095?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

KAUR, K.; KAPOOR, K. K.; GUPTA, A. P. Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [s. l.], v. 168, n. 1, p. 117-122, fev. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.200421442>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.200421442>. Acesso em: 17 dez. 2019.

LEE, K.; JOSE, S. Soil respiration, fine root production, and microbial biomass in cottonwood and loblolly pine plantations along a nitrogen fertilization gradient. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 185, n. 3, p. 263-273, nov. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00164-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00164-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112703001646?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

LISBOA, I. P.; CHERUBIN, M. R.; SATIRO, L. S.; SIQUEIRA-NETO, M.; LIMA, R. P.; GMACH, M. R.; WIENHOLD, B. J.; JIN, V. L.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. Applying soil management assessment framework (smaf) on short-term sugarcane straw removal in Brazil. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 129, p. 175-184, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018310562?via%3Dihub>. Acesso em: 17 de dez. 2019.

MALUCHE-BARETTA, C. R. D; KLAUBERG-FILHO, O.; AMARANTE, C. V. T.; RIBEIRO, G. M.; ALMEIDA, D. Atributos microbianos e químicos do solo em sistemas de produção convencional e orgânico de maçãs no estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, jul./ago. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400006>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832007000400006&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000400006&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

MEUNCHANG, S.; PANICHSAKPATANA, S.; WEAVER, R. W. Co-composting of filter cake and bagasse; by-products from a sugar mill. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 96, n. 4, p. 437-442, mar. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.024>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852404002032?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MIGUEL, P. S. B.; MIGUEL, F. B.; MOREIRA, B. C.; DE OLIVEIRA, M. N. V.; DELVAUX, J. C.; FREITAS, F. S.; BORGES, A. C.; COSTA, M. D. Diversity of the endophytic filamentous fungal leaf community at different development stages of eucalyptus. **Journal of Forestry Research**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 1093-1103, jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0610-0>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11676-018-0610-0>. Acesso em: 17 dez. 2019.

MIN, W.; GUO, H.; ZHANG, W.; ZHOU, G.; MA, L.; YE, J.; LIANG Y.; HOU, Z. Response of soil microbial community and diversity to increasing water salinity and nitrogen fertilization rate in an arid soil. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, [s. l.], v. 66, n. 2, p. 117-126, set. 2016. DOI:

<https://doi.org/10.1080/09064710.2015.1078838>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09064710.2015.1078838>. Acesso em: 17 dez. 2019.

OLIVEIRA, D. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; MATOS, A. L. I. A.; MAGELA, M. L. M. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. **African Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 12, n. 32, p. 2574-2581, ago. 2017. DOI:

<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11476>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/ACDC03D65521>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PAZ-FERREIRO, J.; FU, S. Biological indices for soil quality evaluation: perspectives and limitations. **Land Degradation & Development**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 14-25, nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2262>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ldr.2262>. Acesso em: 17 dez. 2019.

PRADO, R. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, [s. l.], v. 2013, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/581984>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2013/581984/>. Acesso em: 17 dez. 2019.

RASUL, G.; APPUHN, A.; MÜLLER, T.; JOERGENSEN, R. G. Salinity-induced changes in the microbial use of sugarcane filter cake added to soil. **Applied Soil Ecology**, [s. l.], v. 31, n. 1-2, p. 1-10, jan. 2006. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.04.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139305000995?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

RUDRAPPA, L.; PURAKAYASTHA, T. J.; SINGH, D.; BHADRARAY, S. Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a Typic Haplustept of semi-arid sub-tropical India. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 88, n. 1-2, p. 180-192, jul. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.05.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198705001686?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SARATHCHANDRA, S. U.; GHANI, A.; YEATES, G. W.; BURCH, G.; COX, N. R. Effect of nitrogen and phosphate fertilisers on microbial and nematode diversity in pasture soils. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 33, n. 7-8, p. 953-964, jun. 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00245-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00245-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071700002455?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SELIVANOVSKAYA, S. Y. *et al.* Use of microbial parameters to assess treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s. l.], v. 86, n. 2, p. 145-153, ago. 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00281-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00281-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880900002814?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

SOUMARE, A.; SALL, S. N.; SANON, A.; CISSOKO, M.; HAFIDI, M.; NDOYE, I.; DUPONNOIS, R. Changes in soil ph, polyphenol content and microbial community mediated by eucalyptus camaldulensis. **Applied Ecology and Environmental Research**, Budapeste, v. 14, n. 3, p. 1-19, 2016. DOI: [https://doi.org/10.15666/aer/1403\\_001019](https://doi.org/10.15666/aer/1403_001019). Disponível em: [http://www.aloki.hu/pdf/1403\\_001019.pdf](http://www.aloki.hu/pdf/1403_001019.pdf). Acesso em: 17 dez. 2019.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. D. F.; NETO, M. D. S. A. Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 337-341, mar. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300015>. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2002000300015&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000300015&lng=pt&tlng=pt). Acesso em: 17 dez. 2019.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p. (Livro técnico). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>. Acesso em: 16 dez. 2019.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, nov./dez. 2014. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22156>. Acesso em: 11 dez. 2019.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Nitrogen mineralization in soil with conventional and organomineral fertilization practices. **Communications in soil science and plant analysis**, [s. l.], v. 33, n. 19-20, p. 3679-3702, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1081/CSS-120015915>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/CSS-120015915>. Acesso em: 17 dez. 2019.

TRESEDER, K. K. Nitrogen additions and microbial biomass: a meta-analysis of ecosystem studies. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 11, n. 10, p. 1111-1120, set. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01230.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2008.01230.x>. Acesso em 17 dez. 2019.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038071787900526?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

WALKEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the effect of the digestive method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic and titration method. **Soil Science**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 29-38, jan. 1934. DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>. Disponível em: [https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1934/01000/AN\\_EXAMINATION\\_OF\\_THE\\_DEGTJAREFF\\_METHOD\\_FOR.3.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1934/01000/AN_EXAMINATION_OF_THE_DEGTJAREFF_METHOD_FOR.3.aspx). Acesso em: 17 dez. 2019.

WANG, Q. K.; WANG, S. L.; LIU, Y. X. Responses to N and P fertilization in a young *Eucalyptus dunnii* plantation: microbial properties, enzyme activities and dissolved organic matter. **Applied Soil Ecology**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 484-490, nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.07.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139308001091?via%3Dihub>. Acesso em: 17 dez. 2019.

ZHALNINA, K.; DIAS, R.; QUADROS, P. D.; DAVIS-RICHARDSON, A.; CAMARGO, F. A.; CLARK, I. M.; MCGRATH, S. P.; HIRSCH, P. R.; TRIPLETT, E. W. Soil ph determines microbial diversity and composition in the park grass experiment. **Microbial Ecology**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 395-406, fev. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00248-014-0530-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00248-014-0530-2>. Acesso em: 17 dez. 2019.

## CONCLUSÕES GERAIS

Os fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro de cana-de-açúcar concorrem como tecnologia promissora e economicamente sustentáveis para implantação de cultivos do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*.

A tecnologia de produção destes fertilizantes permite a reutilização eficiente da torta de filtro, resíduo abundante da indústria sucroalcooleira nacional, reduzindo significativamente as perdas de nutrientes quando de sua utilização direta no campo, permitindo, ainda, a redução dos impactos ambientais de seu descarte ou aplicação direta nos cultivos.

Em virtude de sua composição, os fertilizantes organominerais peletizados à base de torta de filtro podem contribuir para elevação dos valores de pH do solo e consequente melhoria do ambiente rizosférico quando do cultivo em solos ácidos.

Ademais, ressalta-se que o uso desses fertilizantes permite a substituição da fertilização mineral no crescimento inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* sem prejuízos à biomassa microbiana e sua atividade.

## APÊNDICE A

### RESUMO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS PARÂMETROS MORFISIOLOGICOS E DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO CONSIDERANDO O TRATAMENTO COM FERTILIZANTE MINERAL

**Quadro 1.** Resumo das análises de variância para altura (cm), diâmetro na altura do colo (cm), clorofila *a* e clorofila *b* no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento com fertilizante mineral utilizando a dose recomendada para cultura.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		Altura	Diâmetro	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>
<b>Dose (D)</b>	5	1294,9*	0,275*	118,16*	41,25*
<b>Resíduo – 1</b>	15	76,5	0,012	0,57	0,89
<b>Tempo (T)</b>	3	4484,5*	0,915*	66,90*	17,32*
<b>D x T</b>	15	73,14*	0,014*	8,69*	4,68*
<b>Resíduo – 2</b>	54	23,9	0,004	2,45	1,36
<b>CV1 (%)</b>		19,83	18,89	2,29	9,41
<b>CV2 (%)</b>		11,09	11,36	4,72	11,63

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

**Quadro 2.** Resumo dos resultados das análises de variância para pH (H<sub>2</sub>O) e pH (CaCl<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho sob cultivo de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendada para cultura e um tratamento com fertilizante mineral utilizando a dose recomendada para cultura.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )
<b>Dose (D)</b>	5	0,9930	0,4204
<b>Resíduo – 1</b>	15	0,0850	0,0531
<b>Tempo (T)</b>	3	5,4104	6,8116
<b>D x T</b>	15	0,5934	0,3354
<b>Resíduo – 2</b>	54	0,0704	0,0405
<b>CV1 (%)</b>		5,49	4,84
<b>CV2 (%)</b>		5,00	4,23

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

**Quadro 3.** Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis área foliar (AF), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC) e massa fresca de folhas (MFF), no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento com fertilizante mineral utilizando a dose recomendada para cultura.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		AF	MFC	MSC	MFF
<b>Dose (D)</b>		5100452,34	974,10	94,97	1479,84
<b>Resíduo – 1</b>		461682,87	66,29	1,46	86,28
<b>CV1 (%)</b>		25,12	22,95	10,84	19,62

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

**Quadro 4.** Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis massa seca de folhas (MSF), massa fresca de raízes (MFR), massa seca de raízes (MSR) e volume de raízes (VR), no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento com fertilizante mineral utilizando a dose recomendada para cultura aos 120 DAT.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		MSF	MFR	MSR	VR
<b>Dose (D)</b>		107,65	238,77	14,76	327,76
<b>Resíduo – 1</b>		4,54	7,67	0,37	4,67
<b>CV1 (%)</b>		16,89	15,95	15,68	11,14

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

**Quadro 5.** Resumo do quadro da análise de variância para macronutrientes foliares no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral utilizando a dose recomendada para cultura aos 120 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Dose (D)</b>	5	69,04	2,28*	90,25*	8,55*	0,12*	0,09
<b>Resíduo – 1</b>	15	35,40	0,20	5,15	0,69	0,03	0,06
<b>CV1 (%)</b>		17,99	17,46	11,41	10,76	5,57	12,73

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

**Quadro 6.** Resumo do quadro da análise de variância para micronutrientes foliares no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral utilizando a dose recomendada para cultura aos 120 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Dose (D)	5	152,31	20,34*	5315,50	384052,96*	268,40*
Resíduo – 1	15	161,92	6,58	2611,52	49955,74	50,33
CV1 (%)		36,49	34,00	39,31	21,49	15,59

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );

## APÊNDICE B

### RESUMO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA DOS INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO CONSIDERANDO O TRATAMENTO COM FERTILIZANTE MINERAL

**Quadro 7.** Resumo dos resultados das análises de variância para carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho sob cultivo de mudas de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento com fertilizante mineral (dose de referência) em diferentes tempos de avaliação após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		CBM	RB	qCO <sub>2</sub>
<b>Dose (D)</b>	5	14736,7261	0,1430	24,2327
<b>Resíduo -1</b>	15	270,0711	0,0080	0,4157
<b>Tempo (T)</b>	3	31408,1374	0,6339	3,1064
<b>D x T</b>	15	6776,4101	0,0645	3,5485
<b>Resíduo -2</b>	54	257,4851	0,0067	0,4590
<b>CV1 (%)</b>		9,17	10,28	12,40
<b>CV 2 (%)</b>		8,96	9,37	13,02

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ ).

**Quadro 8.** Resumo do quadro da análise de variância para matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) do solo no cultivo inicial de *E. urophylla* x *E. grandis* com cinco níveis fertilizante (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) em relação ao recomendado para cultura e um tratamento mineral (100%) aos 120 dias após o transplântio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		MO	CO
<b>Dose (D)</b>	5	0,096134*	0,033767*
<b>Resíduo - 1</b>	15	0,012327	0,004200
<b>CV1 (%)</b>		6,49	6,54

\* Significativo a 0,05 ( $p \leq 0,05$ );