

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-
GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis* EM
SUBSTRATOS OBTIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS**

Autora: Laísa Cristine dos Santos Silva
Orientador: Prof. DSc. Leandro Carlos

RIO VERDE - GO

Agosto – 2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-
GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS - AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis* EM
SUBSTRATOS OBTIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS**

Autora: Laísa Cristine dos Santos Silva
Orientador: Prof. DSc. Leandro Carlos

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável do Cerrado

RIO VERDE - GO

Agosto – 2017

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S586p

SILVA, LAÍSA CRISTINE DOS SANTOS
Produção de mudas de Eucalyptus urograndis
em substratos obtidos a partir de resíduos
agroindustriais / LAÍSA CRISTINE DOS SANTOS
SILVA; orientador LEANDRO CARLOS; co-
orientador PAULO EDUARDO MENEZES SILVA. --
Rio Verde, 2017.
49 p.

Dissertação (Mestrado em CIÊNCIAS
AGRÁRIAS -
AGRONOMIA) -- Instituto Federal
Goiano, Câmpus Rio Verde, 2017.

1. HÍBRIDO. 2. LODO SUÍNO. 3.
SUBSTRATO. I. CARLOS, LEANDRO, orient. II.
SILVA, PAULO EDUARDO MENEZES, co-orient. III.
Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-GRONOMIA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis* EM
SUBSTRATOS OBTIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS**

Autora: Laísa Cristine dos Santos Silva

Orientador: Prof. Dr. Leandro Carlos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 30 de agosto de 2017.

Dr^a. Mariângela F.

Avaliador externo

IF Goiano – Campus Rio
Verde

Prof. Dr. Gustavo Castoldi

Avaliador interno

IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Leandro Carlos
Presidente da banca/ Orientador
IF Goiano – Campus Rio Verde

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é o meu guia e o meu Senhor.

Agradeço imensamente e integralmente aos meus pais, pois sem eles nada teria sentido e tudo seria em vão. Apoiaram-me durante todo o percurso da graduação e deram força para dar continuidade aos estudos, além de dar também todo apoio emocional. Mesmo longe, sempre estiveram presentes.

Grata também ao meu noivo, namorado e amigo, Gabriel, que aguentou as confusões, estresses, preocupações, questionamentos e teve sempre a paciência, amor e cuidado comigo. Ele e minha sogra foram minha segunda família e me deram total amparo e apoio em todas as fases nesses 6 anos morando longe de meus pais.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Leandro Carlos, pela dedicação, orientação, paciência e pelo conhecimento adquirido nesses 24 meses.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade e pela qualidade de estudos que tive ao decorrer da graduação e do mestrado.

Ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, coordenado pelo professor Fabiano Guimarães Silva, Laboratório de Química Agrícola, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Foliar, pelo suporte e parceria na execução desta pesquisa.

Aos meus professores, coordenadores e a todos os servidores do PPGCA-CA pelos conhecimentos e ensinamentos, tanto na vida profissional e acadêmica, como na vida pessoal.

À minha família, tios, tias, primos e primas, amigos e amigas, alguns perto, outros longe, mas sempre presentes em meu coração e pensamentos.

E por fim, agradeço especialmente as minhas amigas e colegas de sala Jane e Gardênia, que sempre estiveram comigo, ajudaram nas horas difíceis, comemoraram nas horas felizes e que tenho certeza que estarão sempre em minha vida. Também aos demais colegas de sala e amigos (a) que fiz entre os integrantes de todos os PPG.

BIOGRAFIA DA AUTORA

LAÍSA CRISTINE DOS SANTOS SILVA, filha de Eleida Aparecida dos Santos Silva e Jean Carlos da Silva, nasceu no dia 06 de janeiro de 1993, na cidade de Caçu, Goiás.

Em março de 2010 ingressou no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, graduando-se em março de 2015.

Em setembro de 2015 iniciou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, sob orientação do professor Leandro Carlos.

ÍNDICE GERAL

| | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE DE TABELAS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES..... | x |
| RESUMO..... | xi |
| ABSTRACT..... | xiv |
| 1. INTRODUÇÃO..... | xvi |
| 1.1. O gênero <i>Eucalyptus</i> e o híbrido <i>Eucalyptus urograndis</i> | xvi |
| 1.2. A produção de mudas | xvii |
| 1.3. Substrato e compostos orgânicos..... | xviii |
| 1.4. Exigência nutricional em viveiros | xx |
| 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | xxi |
| 3. OBJETIVO GERAL..... | xxv |
| 4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | xxv |
| CAPÍTULO I | 1 |
| RESUMO..... | 1 |
| ABSTRACT..... | 2 |
| 5. INTRODUÇÃO..... | 3 |
| 6. MATERIAL E MÉTODOS..... | 4 |
| 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 7 |
| 8. CONCLUSÃO GERAL | 20 |
| 9. AGRADECIMENTOS | 20 |
| 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 20 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| Tabela 1. Definição dos substratos para a produção de mudas de <i>E. urograndis</i> | 5 |
| Tabela 2. Altura e diâmetro do colo de mudas de <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações aos 120 dias | 8 |
| Tabela 3. Massa seca de mudas de <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações aos 120 dias | 9 |
| Tabela 4. Índices de qualidade das mudas de <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações aos 120 dias | 10 |
| Tabela 5. Taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) em <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações | 17 |
| Tabela 6. Relação fotossíntese/concentração interna de CO ₂ (A/Ci) e relação taxa de transporte de elétrons/fotossíntese (ETR/A) em <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações | 17 |
| Tabela 7. Rendimento quântico potencial de PSII (Fv / Fm), coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações | 18 |
| Tabela 8. Eficiência do uso do N na fotossíntese (A/N), eficiência do uso do P na fotossíntese e razão clorofila A/B em <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações | 19 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Teores dos macronutrientes: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) nas folhas de mudas de <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações | 12 |
| Figura 2. Teor dos micronutrientes: manganês (A), zinco (B), boro (C), cobre (D) e ferro (E) nas folhas de mudas de <i>E. urograndis</i> em função de diferentes substratos e adubações | 15 |

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

| | | |
|------|-----------------------------------|---------------------------|
| A | Altura da planta | (cm) |
| D | Diâmetro do caule | (mm) |
| AC | Adubação de cobertura | |
| MSF | Massa seca de folhas | (g planta ⁻¹) |
| MSC | Massa seca do caule | (g planta ⁻¹) |
| MSR | Massa seca da raiz | (g planta ⁻¹) |
| MSPA | Massa seca da parte aérea | (g planta ⁻¹) |
| MST | Massa seca total | (g planta ⁻¹) |
| H/D | Altura/diâmetro | |
| R/PA | Raiz/parte aérea | |
| IQD | Índice de qualidade de Dickson | |
| N | Nitrogênio | (cmolc dm ⁻³) |
| K | Potássio | (cmolc dm ⁻³) |
| P | Fósforo | (cmolc dm ⁻³) |
| Ca | Cálcio | (cmolc dm ⁻³) |
| Mg | Magnésio | (cmolc dm ⁻³) |
| Na | Sódio | (mg dm ⁻³) |
| S | Enxofre | (mg dm ⁻³) |
| B | Boro | (mg dm ⁻³) |
| Fe | Ferro | (mg dm ⁻³) |
| Mn | Manganês | (mg dm ⁻³) |
| Cu | Cobre | (mg dm ⁻³) |
| Zn | Zinco | (mg dm ⁻³) |
| VE | Vermiculita | |
| CAC | Casca de arroz carbonizada | |
| LS | Lodo suíno | |
| CF | Cama de frango | |
| DAS | Dias após a semeadura | |

RESUMO

SILVA, LAÍSA CRISTINE DOS SANTOS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2017. **Produção de mudas de *Eucalyptus urograndis* em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais.** Orientador: DSc. Leando Carlos. Coorientador: DSc. Paulo Eduardo Menezes Silva.

O *Eucalyptus urograndis*, resultante híbrido do cruzamento *E. grandis* x *E. urophylla*, é caracterizado como planta de desenvolvimento acelerado, tolerante às doenças e às adversidades climáticas e que gera produtos como árvores vigorosas e carvão vegetal. Várias pesquisas têm sido realizadas com o intuito de entender e melhorar o tratamento e as possibilidades de reutilização de resíduos de diferentes empreendimentos como por exemplo os oriundos de frango e suínos. Objetivou-se nesse estudo avaliar as respostas morfofisiológicas e nutricionais de *E. urograndis* e o efeito do uso de compostos orgânicos como substrato para a produção de mudas realizada a partir de sementes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso em fatorial 7x2 (7 substratos e duas adubações) com 4 repetições e 20 réplicas, em que os substratos com adubação receberam 4 Kg de osmocote e posterior adubação de cobertura. Os recipientes utilizados para a semeadura foram tubetes de polipropileno de 50 cm³ preenchidos com 50% vermiculita + 50% casca de arroz carbonizada (composto 1) e 50% de lodo suíno e 50% de cama de frango de origem industrial (composto 2). Os tratamentos do experimento foram realizados através da combinação dos compostos 1 e 2. Foram realizadas análises biométricas, fisiológicas e nutricionais. Em geral, as plantas com

adubação complementar apresentaram melhor desempenho em todas as variáveis analisadas. Em termos de índice de qualidade e fisiológico, o melhor tratamento foi o 4 com 60% de lodo suíno e cama de frango na formulação, enquanto sem a utilização de adubação complementar os melhores foram com teores acima de 60% do mesmo composto (tratamentos 4, 5 e 6).

PALAVRAS-CHAVE: híbrido, lodo suíno, substrato.

ABSTRACT

SILVA, LAÍSA CRISTINE DOS SANTOS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, August 2017. **Production of *Eucalyptus urograndis* seedlings on substrates obtained from agroindustrial residues.** Advisor: DSc. Leandro Carlos. Co-Advisor: DSc. Paulo Eduardo Menezes Silva.

Eucalyptus urograndis, a hybrid from *E. grandis* x *E. urophylla* cross, is characterized as an accelerated development plant that is tolerant to diseases and climatic adversities and generates products such as vigorous trees and charcoal. Several researches have been carried out in order to understand and improve the treatment and possibilities of reuse the waste from different enterprises, such as those from chicken and pigs. The objective of this study was to evaluate the morphophysiological and nutritional responses of *E. urograndis* and the effect of the use of organic compounds as a substrate for the production of seedlings made from seeds. The experiment was carried out in a completely randomized design in 7x2 factorial (7 substrates and two fertilizations) with 4 replicates and 20 replicates, where fertilized substrates received 4 kg of osmocote and subsequent cover fertilization. The containers used for sowing were 50 cm³ polypropylene tubes filled with 50% vermiculite + 50% charcoal rice husk (compound 1) and 50% swine sludge and 50% poultry manure of industrial origin (compound 2). The treatments of the experiment were performed through the combination of compounds 1 and 2. Biometric, physiological and nutritional analyzes were performed. In general, the plants with complementary fertilization presented better performance in all analyzed variables. In terms of quality

and physiological index, the best treatment was 4 with 60% of pig sludge and poultry manure in the formulation, whereas without the use of complementary fertilization the best were with contents above 60% of the same compound (treatments 4, 5 and 6).

KEY WORDS: hybrid, pig sludge, substrate.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O gênero *Eucalyptus* e o híbrido *Eucalyptus urograndis*

O gênero *Eucalyptus*, originário da Austrália e pertencente à família Myrtaceae, possui mais de 600 espécies adaptadas às mais diversas condições de clima e solo. É amplamente cultivado no Brasil e no mundo por causa de seu rápido crescimento, baixo custo, produção de madeira de boa qualidade em um ciclo relativamente curto e com diversas finalidades (Berger et al., 2002; Sociedade brasileira silvicultura - SBS, 2006; Prevedello et al., 2013; Berti, 2010; Lima & Garcia, 2008).

O Brasil apresenta uma área de plantio de 5,1 milhões de hectares e em constante expansão (Abraf, 2012). O seu cultivo tem como principais finalidades a produção de celulose, a utilização do carvão vegetal para gerar energia, a madeira para a confecção de móveis, pisos, revestimentos e construção civil, além de óleos essenciais extraídos de suas folhas.

O *Eucalyptus urograndis*, híbrido resultante do cruzamento *E. grandis* x *E. urophylla*, é caracterizado como planta de desenvolvimento acelerado, tolerante às doenças e às adversidades climáticas e gera produtos de qualidade (Benatti et al., 2013). Segundo Paludzyszyn Filho et al. (2004), dessa combinação interespecífica, espera-se árvores vigorosas, com madeira de maior densidade (eficiente para a produção de bioenergia). Em função dessas características, o híbrido é amplamente cultivado no Brasil.

1.2. A produção de mudas

A produção de mudas em ambientes protegidos permite que as mesmas apresentem melhor qualidade, resultando em florestas produtivas. No entanto, além do ambiente de cultivo, outros fatores são fundamentais para a qualidade das mudas, tais como: sombreamento, ventilação, recipiente e qualidade do substrato (Reisser Junior et al., 2008) visto que este atua como fonte de matéria orgânica, responsável por reter a umidade e fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (Cunha et al., 2006). Em função destas potencialidades, os estudos referentes à qualidade do substrato têm sido intensificados em busca da melhoria da qualidade das mudas e, assim, promover sucesso de seu transplante para o campo (Gonçalves et al., 2008).

Vários recipientes podem ser utilizados para a produção de mudas, entre eles estão os tubetes e os sacos plásticos. Segundo Hahn et al. (2006), sacos plásticos necessitam de um investimento menor para produção, são preenchidos com substratos de fácil obtenção e não necessitam de mão de obra especializada. Por outro lado, os tubetes apresentam frisos verticais que direcionam o sistema radicular, evitando enovelamento e possuem um orifício na parte inferior que possibilita a poda natural das raízes pelo ar, além de apresentar melhores condições de ergonomia aos trabalhadores. Em geral, cada um desses recipientes apresenta vantagens e desvantagens, assim como requerem técnicas de produção diferentes.

Os tubetes possuem vantagens tais como menor diâmetro, ocupando menor área no viveiro; menor peso; facilidade das operações de produção de mudas; redução dos custos de transporte das mudas para o campo; distribuição e plantio nas covas (Santos et al., 2000).

A qualidade das mudas pode ser avaliada a partir de parâmetros que se baseiam nos aspectos fenotípicos, denominados morfológicos (altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e massa seca da parte aérea e das raízes), ou nos aspectos internos das mudas, denominados fisiológicos (potencial hídrico, potencial de regeneração de raízes e estado nutricional). Tanto a qualidade morfológica quanto a fisiológica das mudas dependem da carga genética e da procedência das sementes, bem como das condições ambientais, dos métodos e das técnicas de produção, das estruturas e dos equipamentos utilizados (Gomes et al., 2002).

1.3. Substrato e compostos orgânicos

O substrato tem funções importantes como dar suporte para o desenvolvimento da parte aérea e fornecer condições adequadas para o crescimento e funcionamento do sistema radicular, proteger as raízes de danos mecânicos e da desidratação, assim como fornecer os nutrientes necessários ao crescimento da planta (Lisboa et al., 2012). Deve estar isento de sementes de plantas invasoras, pragas e fungos patogênicos (Hartmann et al., 2011; Gonçalves et al., 2000).

Além de benefícios, um substrato de má qualidade pode ocasionar a nulidade ou irregularidade da germinação, a má formação das plantas e o aparecimento de sintomas de deficiência ou excesso de alguns nutrientes (Medeiros et al., 2008). A necessidade do uso do substrato decorre do fato de que nem sempre o mesmo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento (Ceconi et al., 2007).

As propriedades físicas de um substrato são mais importantes que as propriedades químicas, já que as primeiras não podem ser facilmente modificadas (Milner, 2001). Entre as características físicas, as mais importantes para os viveiros florestais são a textura, estrutura, porosidade (ar e umidade), densidade aparente e compacidade (Higashi & Silveira, 2004).

Diversos podem ser os tipos de substratos como a vermiculita, turfa, areia, isopor, espuma fenólica, argila expandida, perlita, casca de arroz, casca de Pinus, fibra da casca de coco, serragem e outros compostos orgânicos (Fernandes et al., 2006).

Um dos substratos comerciais mais utilizados para a produção de mudas florestais é o Bioplant, que consiste na mistura de casca de pinus e fibra de coco e propiciando a adequada relação física, espaços de aeração, capacidade de retenção de água, CTC (capacidade de troca catiônica) e, conseqüentemente, maior desenvolvimento radicular. É um produto isento de microrganismos patogênicos e está dentro dos padrões técnicos quanto a presença de sementes de plantas daninhas (Bioplant, 2012).

A casca de arroz carbonizada vem sendo estudada em misturas de substratos para a produção de mudas e, segundo Minami (1995), possui forma floculada, é leve, de fácil manuseio, apresenta baixa elevada capacidade de drenagem, pH levemente alcalino, baixa capacidade de retenção de umidade, é rica em cálcio e potássio e livre de nematoides e patógenos devido ao processo de carbonização. Segundo Puchalski & Kámpf (2000), possui espaço de aeração superior a 42% e porosidade total acima de 80%, características ideais para substratos utilizados em recipientes com pequeno volume.

Outro material muito utilizado como constituinte de substrato para produção de mudas, é a vermiculita. É um mineral inerte, de baixa densidade e estrutura variável, constituído de lâminas ou camadas justapostas em tetraedros de sílica e octaedros de ferro (Fe) e magnésio (Mg). Por conter tais características, necessita de balanceamento de nutrientes essenciais (Gomes & Paiva, 2006) e deve ser utilizada em conjunto com outro material, preferencialmente de origem orgânica, com a finalidade de promover maior aeração e porosidade a outros substratos menos porosos (Caldeira et al., 2013).

Vários pesquisadores estudaram melhor resíduos de diferentes empreendimentos para caracterizar e averiguar a possibilidade de reutilização dos mesmos. Na agricultura brasileira, o uso de substratos orgânicos como cama de aves, tem se tornado alternativa interessante (Costa et al., 2009). Por isso, os trabalhos realizados que constataram a viabilidade da utilização da cama de frango como fertilizante são de suma importância (Costa et al., 2009; Mello & Vitti, 2002; Menezes et al., 2004; Ribeiro et al., 2009). Esse fato, aliado ao aumento do custo dos fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental, gera aumento na demanda por pesquisas para avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização de resíduos orgânicos (Melo et al., 2008).

A cama de frango é um dos insumos orgânicos mais ricos em nutrientes, quando comparado aos esterco de bovinos, caprinos e suínos, que são comumente utilizados na agricultura, sendo bastante utilizado como fonte de nutrientes para as plantas (Azzez et al., 2010). Esse insumo geralmente apresenta altos níveis de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, tornando um fertilizante orgânico com potencial de uso em várias culturas (Faridullah et al., 2009). De acordo com Liu et al. (2009), a combinação de condicionadores orgânicos e fertilizantes minerais é fundamental para desenvolver estratégias de adubações mais sustentáveis.

A suinocultura é considerada pelos órgãos de fiscalização e de proteção ambiental como uma atividade de grande potencial poluidor, pelo elevado número de contaminantes e nutrientes contidos nos seus efluentes. Também podem poluir águas superficiais e subterrâneas, conter microrganismos entomopatogênicos, alterar as características físicas, químicas e biológicas dos solos, poluir o ar com a emissão de gases e contribuir para o efeito estufa (Belli Filho et al., 2001; Perdomo, 2001; Oliveira et al., 2003).

O lodo de suinocultura corresponde à fração sólida do dejetos, que é formada durante o período de estabilização do resíduo nas esterqueiras pelo processo de

sedimentação, desconsiderando materiais mais grosseiros que ficam retidos no gradeamento (Arantes, 2016).

1.4. Exigência nutricional em viveiros

Entende-se como eficiência nutricional a capacidade de absorção e utilização de nutrientes pelas plantas. Enquanto a eficiência de absorção é mais importante para plantas jovens, a eficiência de utilização dos nutrientes é importante durante todo o ciclo de crescimento da planta, inclusive por exercer forte influência na produção final de biomassa e na exportação de nutrientes no ecossistema (Barros et al., 1990). Sob o ponto de vista de produtividade, a eficiência nutricional pode ser definida como a capacidade da planta em produzir alto rendimento sob condições desfavoráveis a produção padrão (Machado et al., 2001).

Pelo menos cinco características podem contribuir para o aumento da eficiência de absorção e utilização de nutrientes pelas plantas: adequada geometria e distribuição do sistema radicular; modificações químicas na rizosfera e exsudação de substâncias capazes de solubilizar nutrientes; presença de micorrizas; tolerância a condições de baixo pH ou aumento de teores de alumínio trocável, e taxa de absorção mais rápida em condições de baixas concentrações de nutrientes (Camargo et al., 2004).

Alguns autores avaliaram o conteúdo total de macronutrientes (parte aérea + raiz) em mudas de eucalipto aos 95 dias após a semeadura e apresentaram a seguinte ordem: $K \geq Ca \geq N > Mg > P > S$ (Silveira et al., 1995a). Em relação aos micronutrientes a sequência foi a seguinte (Silveira et al., 1995b): $Mn > Fe > Zn > B > Cu$.

Dentre os nutrientes essenciais, o P apresenta grande importância na produção de mudas de eucalipto, sendo considerado um dos nutrientes que mais limita o crescimento das mudas na fase inicial de produção (Graciano et al., 2006). Por participar dos chamados compostos ricos de energia, como o trifosfato de adenosina (ATP), o P possui papel fundamental na vida das plantas, sendo essencial na divisão celular, reprodução e no metabolismo vegetal (fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas) (Malavolta, 1985). A deficiência de P nas fases de indução e formação das raízes, reduz, significativamente, o comprimento das mesmas (Schawambach et al., 2005), implicando em queda na qualidade das mudas.

Com relação ao nitrogênio (N) suas doses e época de aplicação são aspectos importantes a serem considerados. Sua absorção por mudas de eucalipto é maior em

forma amoniacal em relação a forma nítrica, embora, quando na presença de Al, haja aumento na absorção de forma nítrica, segundo experimentos conduzidos em solução nutritiva. O estudo de interferências mútuas existentes entre N, P e S são de elevada importância, pois, se não houver correção do N podem ocorrer limitações das respostas dos outros dois elementos (Neves et al., 1990).

É importante lembrar que um nutriente pode ter efeito tóxico, caso esteja presente na planta em concentração superior à necessária. As toxicidades nutricionais mais comuns são as de B, Mn, Zn e queima por adubo. A fitotoxicidade de B e Zn tem sido encontrada na produção de mudas de *Eucalyptus* quando ocorrem aplicações sucessivas de doses de B e Zn acima de 3 e 10 mg L⁻¹, respectivamente (Higashi et al, 2004).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arantes, LR. Eficiência agrônômica e impacto ambiental de lodo de suinocultura como fertilizante. 2016. 101 f. Dissertação (Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronomico, Campinas, 2016.
- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. Anuário estatístico, Ano base 2011. Brasília: ABRAF, 2012.
- Azeez, JO, Averbek, WV, Okorogbona, AOM. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. *Bioresource Technology*, 2010; 101(7): 2499-2505.
- Barros, NF, Novais, RF, Neves, JCL. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: Barros, NF, Novais, RF. (Ed.). *Relação solo-eucalipto*. Folha de Viçosa, 1990.
- Belli Filho, P, Castilhos Junior, AB, Costa, RHR, Soares, SR, Perdomo, CC. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2001; 5(1): 166-170.
- Benatti, BP. Compartimentalização de biomassa e de nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto cultivadas em solos distintos. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- Berger, R, Schneider, PR, Finger, CAG, Haselein, CR. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Florestal*, 2002; 12(2): 75-87.
- Berti, CLF. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma, em teste de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus*

cloeziana, aos 24 anos de idade em Luiz Antônio-SP. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

Bioplant. Bioplant substrato para plantas. Disponível em: <<http://www.bioplant.com.br/produtos/>>. Acesso em: 11 de maio de 2017

Caldeira, MV et al. Use of sewage sludge and vermiculite for producing *Eucalyptus* seedlings. Pesquisa Agropecuária Tropical, 2013; 43(2): 155-163.

Camargo, MLP, Moraes, CB, Mori, ES, Guerrini, IA, Mello, EJ, Oda, S. Considerações sobre eficiência nutricional em *Eucalyptus*. Científica, São Paulo, 2004; 32(2): 191-196.

Cecconi, DE, Poletto, I, Lovato, T, Muniz, MFB. Exigência Nutricional de mudas de erva-mate (*Ilexparaguariensis* A. St.-Hil.) à adubação fosfatada. Ciência Florestal, 2007; 17(1): 25-32.

Costa, AM, Borges, EM, Silva, AA, Nolla, A, Guimarães, EC. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. Ciência e Agrotecnologia, 2009; 33: 1991-1998.

Cunha, AM, Cunha, GM, Sarmiento, RA, Cunha, GM, Amaral, JFT. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. Revista Árvore, 2006; 30(2): 207-214.

Faridullah, MI, Yamamoto, S, Honna, T, Eneji, AE. Characterization of trace elements in chicken and duck litter ash. Waste Management, 2009; 29(1): 265-271.

Fernandes, C, Corá, JE, Braz, LT. Alterações nas propriedades físicas de substratos para cultivo de tomate cereja, em função de sua reutilização. Horticultura Brasileira, 2006; 24(1): 94-98.

Gomes, JM, Couto, L, Leite, HG, Xavier, A, Garcia, SLR. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, Revista Árvore, 2002; 26(6): 655-664.

Gomes, JM, Paiva, HN de. Viveiros florestais (propagação assexuada). 3 ed. Viçosa: UFV, 2006.

Gonçalves, EO, Paiva, HN, Neves, JCL, Gomes, JM. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenantheramacrocarpa* (benth.) brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. Revista Árvore, 2008; 32(6): 1029-1040.

Gonçalves, JLM, Santarelli, ED, Moraes Neto, SP de; Manara, MP. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, JLM, Benedetti, V. (eds.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000.

Graciano, C, Goya, JF, Frangi, JL, Guiament, JJ. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. Forest Ecology and Management, 2006; 236: 202-210.

Hahn, CM, Oliveira, C, Amaral, EM, Rodrigues, MS, Soares, PV. Recuperação florestal: da semente à muda. São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2006.

Hartmann, HT, Kester, DE, Davies Jr., FT, Geneve, R. Plant propagation: principles and practices. 8 ed. Boston: Prentice-Hall, 2011.

Higashi, EN et al. Fertirrigação em viveiros de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: Boaretto, AE, Villas Boas, RL et al. Fertirrigação: teoria e prática. Piracicaba, 2004; 1: 677-725.

Lima, IL, Garcia, JN. Influência do desbaste e da fertilização nos índices de rachamento após desdobro e secagem em madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex- Maiden. Revista do Instituto Florestal, 2008; 20(2): 175-184.

Lisboa, AC, Santos, PS dos; Oliveira Neto, SN de; Castro, DN de; Abreu, AHM de. Efeito do Volume de Tubetes na Produção de Mudanças de *Calophyllum brasiliense* e *Toonaciliata*. Revista Árvore, 2012; 36(4): 603-609.

Liu, M, Hu, F, Chen, X, Huang, Q, Jiao, J, Zhang, B, Li, H. Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments. Applied Soil Ecology, 2009; 42(2): 166-175.

Machado, CTT, Furlani, AMC, Machado, AT. Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. Bragantia, 2001; 60(3): 225-238.

Malavolta, E. Nutrição mineral. In: Ferri, MG. (Ed.). Fisiologia vegetal. São Paulo: EPU, 1985.

Medeiros, DC, Freitas, KCS, Veras, FS, Anjos, RSB, Borges, RD, Cavalcante Neto, JG, Nunes, GHS, Ferreira, HA. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. Horticultura Brasileira, 2008; 26: 186-189.

Mello, SC, Vitti, GC. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. Horticultura Brasileira, 2002; 20(2): 200-206.

Melo, LCA, Silva, CA, Dias, BO. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. Revista Brasileira de Ciência do solo, 2008; 32(1): 101-110.

Menezes, JFS et al. Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica econômica. Rio Verde: FESURV, 2004.

Milner, L. Water and Fertilizers management in substrates. In: International Congress of Citrus nurserymen, 6., Ribeirão Preto, 2001.

Minami, K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995.

- Neves, JCL, Gomes, JM, Novais, RF. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: Barros, NF, Novais, RF. (Eds). Relação Solo-Eucalipto. Editora Folha de Viçosa, 1990.
- Oliveira, PAV, Higarashi, MM, Nunes, MLA. Efeito Estufa. In: Suinocultura Industrial, 2003; 25(172): 16-20.
- Paludzyszyn Filho, E, Pacheco, AR, Dittmar, H, Cordeiro, CA. Estratégias para o melhoramento de eucaliptos tropicais na Embrapa. Colombo: Embrapa Florestas, 2004.
- Perdomo, CC. Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos. In: Suinocultura Industrial, 2001; 23(152) – Embrapa, CNPSA.
- Prevedello, J, Kaiser, DR, Reinert, DJ, Vogelmann, ES, Fontanela, E, Reichert, JM. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex- Maiden em argissolo. Ciência Florestal, 2013; 23(1)1: 129-138.
- Puchalski, LEA, Kämpf, AN. Efeito da altura do recipiente sobre a produção de mudas de *hibiscus rosa sinensis* L. em plugs. In: Kämpf, AN, Fermino, MH. (Eds.). Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, 2000.
- Reisser junior, C, Medeiros, CAB, Radin, B. Produção de mudas em estufas plásticas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008
- Ribeiro, DO et al. Comparação de adubação química com cama de frango na cultura da soja (*Glycinemax*) em Latossolo vermelho amarelo distrófico no sudoeste goiano. In: Congresso Brasileiro de Soja, 5., 2009, Goiânia.
- Santos, CB, Longhi, SJ, Hoppe, JM, Moscovich, FA. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don. Ciência Florestal, 2000; 10(2): 115.
- Schawambach, J, Fadanelli, C, Fett Neto, AG. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globules*. Tree Physiology, 2005; 25: 487-494.
- Silveira, RLVA, Luca, EF, Shibata, F. Absorção de macronutrientes pelas mudas de *Eucalyptus grandis* em condição de viveiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25, Viçosa, 1995.
- Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS. Fatos e números do Brasil florestal. 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 30 de abril de 2016

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar se uso de substratos orgânicos pode potencializar a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis* em função à composição de substratos e adubações.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as variáveis biométricas, fisiológicas e o teor de nutrientes presentes nas folhas de mudas de *E. urograndis*.

CAPÍTULO I

Produção de mudas de *Eucalyptus urograndis* em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais

(Normas de acordo com a revista Floresta e Ambiente)

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar as respostas morfofisiológicas e nutricionais de mudas de *E. urograndis* e o efeito do uso de compostos orgânicos como substrato. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso em fatorial 7x2, com 4 repetições e 20 réplicas. Os substratos foram compostos por 50% vermiculita + 50% casca de arroz carbonizada (composto 1) e 50% de lodo suíno + 50% de cama de frango de origem industrial (composto 2), e os adubados receberam 4 Kg de osmocote e adubação de cobertura. Os tratamentos do experimento foram realizados através da combinação dos compostos 1 e 2. Em termos de índice de qualidade e fisiológico, o melhor tratamento foi o 4 com 60% de lodo suíno e cama de frango na formulação e com adubação complementar, enquanto sem a utilização de adubação os melhores foram com teores acima de 60% do mesmo composto (tratamentos 4, 5 e 6).

PALAVRAS-CHAVE: morfofisiologia, polipropileno, adubação complementar.

ABSTRACT

Production of *Eucalyptus urograndis* seedlings on substrates obtained from agroindustrial residues

This work aimed to evaluate the morphophysiological and nutritional responses of *E. urograndis* seedlings and the effect of the use of organic compounds as substrate. The experiment was carried out in a completely randomized design in factorial 7x2, with 4 replicates and 20 replicates. The substrates were composed of 50% vermiculite + 50% charcoal rice husk (compound 1) and 50% swine sludge + 50% poultry manure of industrial origin (compound 2), where the fertilizers received 4 kg of osmocote and fertilization coverage. The treatments of the experiment were carried out through the combination of compounds 1 and 2. In terms of quality and physiological index, the best treatment was 4 with 60% of swine sludge and poultry manure in the formulation and with complementary fertilization, while without the use of fertilization the best were with contents above 60% of the same compound (treatments 4, 5 and 6).

KEY-WORDS: morphophysiology, polypropylene, complementary fertilization

5. INTRODUÇÃO

O grande sucesso da formação de florestas de alta produção depende, em grande parte, da qualidade das mudas plantadas que, além de terem que resistir às condições adversas encontradas no campo após o plantio, deverão sobreviver e, por fim, produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (Gomes et al., 1991). Além do ambiente de cultivo, outros fatores são fundamentais para a qualidade das mudas, como: sombreamento, ventilação, recipiente e qualidade do substrato (Reisser Junior et al., 2008) visto que este atua como fonte de matéria orgânica, responsável por reter a umidade e fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (Cunha et al., 2006).

As propriedades físicas do substrato também são importantes para se obter mudas de qualidade. Entre elas estão a textura, estrutura, porosidade (ar e umidade), densidade aparente e compactação (Higashi & Silveira, 2004).

A adubação química e/ou orgânica é eficiente em viveiros com espécies do gênero *Eucalyptus*, e o uso do lodo (biossólidos e efluentes) representa alternativa promissora, como demonstrado em plantações florestais no Brasil e no exterior (Henry et al., 1994; Poggiani, 2004). A utilização de substratos alternativos, como os biossólidos e efluentes líquidos originados do manejo de animais, como suínos, representa a possibilidade de associar ganhos ao silvicultor e produtor, por meio do aumento da produtividade das culturas e redução na utilização de fertilizantes químicos, com ganho aos que produzem esses biossólidos e efluentes, pela efetivação de métodos adequados e mais econômicos de disposição final desse resíduo.

Além do fornecimento de nutrientes para algumas espécies, esses adubos orgânicos destacam-se por um papel importante que é o fornecimento de matéria orgânica para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Souza et al., 2006). Segundo Trazzi et al. (2012), o uso dos esterco de origem animal proporciona melhoria nos atributos químicos dos substratos. Os autores salientam que para comprovar a potencialidade dos substratos formulados com esse material é recomendado testar mudas florestais como indicadores biológicos.

Neste contexto, o principal objetivo do trabalho foi avaliar as respostas morfofisiológicas e nutricionais de *E. urograndis* e constatar se a combinação de substratos orgânicos podem potencializar a produção de mudas dessa espécie.

6. MATERIAL E MÉTODOS

A produção das mudas de *E. urograndis* foi realizada no período de setembro de 2016 a janeiro de 2017 em viveiro permanente ao ar livre, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, localizado nas coordenadas 17°48'12.1"S 50°54'04.3"W. A classificação climática para essa região é do tipo Aw segundo Köppen, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22 °C e 27 °C em média, e a precipitação média anual é de 1.500 mm (Klink & Machado, 2005).

As mudas de *E. urograndis* foram produzidas a partir de sementes do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e os recipientes utilizados foram tubetes de polipropileno de seção circular com capacidade volumétrica de 50 cm³, preenchidos com substratos conforme a Tabela 1. Os tubetes foram higienizados com hipoclorito de sódio à concentração de 1% para evitar a contaminação por fungos.

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso em fatorial 7x2 (7 substratos e duas adubações) com 4 repetições e 20 réplicas. Para os tratamentos com diferentes substratos foram utilizados: 50% vermiculita + 50% casca de arroz carbonizada (composto 1) e o composto orgânico utilizando 50% de lodo suíno e 50% de cama de frango de origem industrial (composto 2). Os tratamentos do experimento foram realizados através da combinação dos compostos 1 e 2 (Tabela 1). O segundo fator consistiu na adubação ou não dos substratos. Onde houve adubação foi aplicado 4 Kg de osmocote plus (15-09-12) + 150g de FTE-BR12/m³ de substrato e posterior adubação de cobertura.

A semeadura foi realizada diretamente no recipiente de forma manual com 3 sementes por tubete. Os tubetes foram dispostos de forma alternada na bandeja para que não houvesse competição entre os indivíduos. Aos 20 DAS foi realizado o desbaste das mudas, deixando uma plântula por tubete.

As mudas foram formadas em bancadas na casa de vegetação a pleno sol e com sistema de irrigação automática (4,3 L m⁻², três vezes ao dia).

A adubação de cobertura foi realizada aos 30 DAS, nas seguintes doses e adubos: 100g N e 100g de K₂O (dose calculada para 100 L de água para 100000 tubetes) (Gonçalves & Benedetti, 2005). A adubação foi realizada semanalmente no substrato com o auxílio de pipeta de plástico de 3 ml e o K₂O foi aplicado em semanas alternadas.

Tabela 1. Definição dos substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*.

Table 1. Definition of substrates for the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings.

| Substratos* | Composto 1 | Composto 2 |
|-------------|--------------------------------|------------|
| T1 | 100% | 0% |
| T2 | 80% | 20% |
| T3 | 60% | 40% |
| T4 | 40% | 60% |
| T5 | 20% | 80% |
| T6 | 0% | 100% |
| T7 | Substrato Comercial (Bioplant) | |

* Em todos os substratos foi realizado fatorial com e sem adubação de base e cobertura. Composto 1 = 50% vermiculita + 50% de casca de arroz carbonizada; Composto 2 = 50% de lodo suíno + 50% de cama de frango.

Avaliações biométricas e qualidade das mudas

Foram realizadas medições nas mudas de *E. urograndis* aos 120 DAS para determinar a altura da parte aérea (H) com o auxílio de régua milimétrica e o diâmetro do colo (D) utilizando paquímetro digital.

Para a medição da massa foram selecionadas 3 plantas de cada repetição e divididas em folhas, caule e raiz. As raízes foram lavadas em água para a separação do substrato. Posteriormente os materiais foram colocados em sacos de papel e em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C +/- 3 para secagem, até atingir peso constante. Em seguida, foi realizada a pesagem dos materiais em balança eletrônica de precisão.

A massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), obtido pelo somatório da matéria seca das partes, expressa em g parcela⁻¹. A relação altura/diâmetro (H/D), raiz/parte aérea (R/PA), índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado conforme a fórmula, proposta abaixo (Dickson et al., 1960).

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{D}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Análise nutricional

A avaliação do estado nutricional das plantas foi realizada a partir das folhas. As mesmas foram levadas a estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C +/- 3, até atingir peso constante, por 72 horas. Posteriormente, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey e colocadas em sacos de papel. A extração do N foi realizada através da digestão úmida, por meio do destilador de nitrogênio/proteína TE-0364 e determinado por titulação. O teor de K foi determinado via fotômetro de emissão de chama. O P determinado por espectrofotômetro, enquanto o Ca e Mg via absorção atômica. Também foram realizadas as análises dos micronutrientes: boro, ferro, manganês e zinco (Embrapa, 2009).

Análises fisiológicas

Trocas gasosas e teor de clorofilas

Foram avaliadas aos 120 DAS as variáveis: taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e relação entre a concentração interna e a externa de CO_2 (C_i/C_a). As medições foram feitas com um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA, modelo LI-6400XTR, LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA). As avaliações de A , g_s , E e C_i/C_a foram realizadas entre 9 h e 11 h da manhã.

O teor de clorofila foi avaliado com medidor portátil, ClorofiLOG1030[®] (Falker[®], Porto Alegre, Brasil), sendo obtido o teor de clorofila a , b e total, expressos no índice Clorofilog.

Medições da fluorescência de clorofila a

A fluorescência da clorofila a foi avaliada utilizando um fluorômetro portátil modulado modelo MINI-PAM (Walz[®], Efeltrich, Germany), equipado com pinça especial para suporte da folha, modelo 2030-B (Bilger et al., 1995; Rascher et al., 2000). Foram determinados o rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m), o rendimento quântico efetivo do fotossistema II ($\Delta F/F_m'$), a taxa aparente de transporte de elétrons (ETR, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Bilger et al., 1995; Laisk e Loreto, 1996) e o coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ) (Bilger & Bjorkman, 1990).

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de médias pelo Teste de Scott Knott ($p < 0,05$), utilizando-se o programa computacional Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variáveis biométricas

Aos 120 dias foi possível verificar para altura que em relação ao fator substrato, onde houve adubação complementar, os melhores tratamentos foram: 1, 2, 3 e 7, ou seja, com a utilização de até 40% do composto 2 (lodo suíno + cama de frango) o substrato se comportou tão bem para esta variável, quanto a testemunha (Bioplant).

Nos tratamentos em que não houve complementação da adubação, todos tiveram resultados semelhantes, exceto o tratamento 1 que apresentou menor média em relação aos demais. Segundo Wendling e Dutra (2010) o valor mínimo de altura para o plantio de mudas de eucalipto no campo é de 15 cm, portanto, todos os tratamentos, exceto o tratamento 1 sem adubação, apresentaram médias de altura superiores a esse valor mínimo de qualidade de mudas.

Quanto ao diâmetro do colo, dentro das plantas com adubação complementar o tratamento 7 apresentou maior média e os demais não diferiram. Já dentro das plantas sem adubação o tratamento 1 apresentou menor média e os demais não diferiram. Wedling e Dutra (2010) propuseram 2 mm como limite mínimo do D para considerar uma muda bem formada de eucalipto aos 120 dias após a semeadura, dessa forma todos os tratamentos estudados, exceto o tratamento 1 sem adubação, encontram-se acima desse limite.

As variações observadas para a análise morfológica podem ser explicadas em função das diferentes composições dos substratos. Trigueiro & Guerini (2002; 2003) obtiveram que o tratamento com 50% de biossólido e 50% de casca de arroz carbonizada (50/50), seguido pelo tratamento 40/60, promoveu desenvolvimento satisfatório de eucalipto, os parâmetros altura de planta, diâmetro do colo e massa de matéria seca de parte aérea foram semelhantes ao substrato comercial (testemunha). Concluíram que o uso do biossólido como componente de substratos é uma alternativa viável para

disposição final desse resíduo, tendo em vista a economia de fertilizantes que esse material pode proporcionar, além do benefício ambiental.

Tabela 2. Altura (H) e diâmetro do colo (D) de mudas de *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações aos 120 dias

Table 2. Height (H) and diameter of the colon (D) of *E. urograndis* seedlings as a function of different substrates and fertilizations at 120 days

| Substratos | H | | D | |
|---------------|----------|----------|---------|---------|
| | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 32,05 Aa | 1,70 Bb | 3,43 Ba | 0,43 Bb |
| T2 | 29,18 Aa | 16,28 Ab | 3,29 Ba | 2,16 Ab |
| T3 | 31,58 Aa | 17,02 Ab | 3,64 Ba | 2,34 Ab |
| T4 | 24,18 Ba | 17,55 Aa | 3,18 Ba | 2,24 Ab |
| T5 | 18,25 Ba | 17,0 Aa | 3,29 Ba | 2,40 Ab |
| T6 | 20,28 Ba | 16,49 Aa | 3,19 Ba | 2,38 Ab |
| T7 | 37,31 Aa | 17,18 Ab | 4,34 Aa | 2,33 Ab |
| CV (%) | 20,44 | | 12,88 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; H: altura; D: diâmetro do colo. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

O tratamento 1 proporcionou menor produção de massa seca de folha em plantas sem adubação, e entre os tratamentos com adubação os tratamentos 3, 4 e 7 apresentaram maiores médias que os demais, porém, foram estatisticamente iguais (Tabela 3).

Com relação a massa seca do caule o tratamento 7 apresentou maior massa em plantas adubadas, e nas plantas sem adubação não houve diferença estatística.

A massa seca da parte radicular apresentou menor média no tratamento 1 em plantas sem adubação, e os tratamentos com adubação complementar não diferiram.

A massa seca total das plantas com adubação complementar não apresentaram diferença estatística e dentro delas os tratamentos 7, 4 e 3 apresentaram maiores médias. Enquanto nos tratamentos sem adubação o tratamento 1 apresentou menor média, e os tratamentos 3 e 5 apresentaram maiores valores que aos demais.

Tabela 3. Massa seca de mudas de *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações aos 120 dias

Table 3. Dry mass of *E. urograndis* seedlings as a function of different substrates and fertilizations at 120 days

| Substratos | MSF | | MSC | | MSR | | MST | |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | AD | NA | AD | NA | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 1,33 Aa | 0,00 Bb | 1,38 Ba | 0,00 Ab | 2,03 Aa | 0,00 Bb | 4,7 Aa | 0,01 Bb |
| T2 | 1,31 Aa | 0,84 Aa | 1,24 Ca | 0,35 Ab | 2,11 Aa | 1,54 Aa | 4,66 Aa | 2,73 Ab |
| T3 | 1,61 Aa | 0,85 Ab | 1,60 Ba | 0,40 Ab | 1,84 Aa | 2,00 Aa | 5,05 Aa | 3,25 Ab |
| T4 | 1,65 Aa | 0,81 Ab | 1,08 Ca | 0,32 Ab | 2,67 Aa | 1,33 Ab | 5,40 Aa | 2,46 Ab |
| T5 | 1,42 Aa | 0,92 Aa | 0,75 Da | 0,38 Aa | 2,49 Aa | 1,95 Aa | 4,65 Aa | 3,24 Ab |
| T6 | 1,28 Aa | 0,97 Aa | 0,82 Da | 0,42 Aa | 2,05 Aa | 1,16 Ab | 4,15 Aa | 2,55 Ab |
| T7 | 1,87 Aa | 0,69 Ab | 1,99 Aa | 0,30 Ab | 2,25 Aa | 1,81 Aa | 6,11 Aa | 2,80 Ab |
| CV (%) | 30,18 | | 31,32 | | 23,54 | | 22,42 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; MSF: massa seca de folha; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca da parte radicular. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

A escolha do substrato segundo Jabur & Martins (2002) é de fundamental importância, é onde o sistema radicular irá desenvolver-se, determinando o crescimento da parte aérea, até o momento do plantio no campo. Costa (2007) complementa, ressaltando que o substrato deve garantir o suprimento de oxigênio para o sistema radicular.

Qualidade das mudas de *E. urograndis*

Em geral as plantas com adubação complementar obtiveram maiores valores de H/D, e dentre elas os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 7 foram os melhores. Enquanto nas plantas sem adubação apenas o tratamento 1 apresentou menor média que os demais (Tabela 4). No que se refere à relação H/D, a maioria das plantas com adubação ultrapassaram a faixa considerada adequada (5,4-8,1) por Carneiro (1995), exceto os tratamentos 4, 5 e 6. Enquanto as plantas sem adubação ficaram na faixa, exceto o tratamento 1. Isso pode ter ocorrido devido a maior quantidade de nutrientes disponível nos substratos adubados, o que influenciou principalmente no crescimento em altura, porém, visto que os valores de diâmetro das mudas desses tratamentos apresentam valores adequados ou superiores a isso, pode-se dizer que as mudas apresentam qualidade.

A relação entre altura e diâmetro do colo varia em função da espécie, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente, do manejo das mudas no viveiro e da

idade em que a muda foi avaliada (Caldeira et al., 2008a, 2008b; Trazzi et al., 2010, Trazzi, 2012). Em trabalho com mudas de *E. benthamii*, Kratz (2013) verificou H/D variando de 10,89 a 13,14 e Guerrini & Trigueiro (2004), para *E. grandis*, entre 10,74 e 13,90.

As plantas sem adubação complementar obtiveram maiores valores de MSR/MSPA, e nas plantas adubadas o tratamento 5 apresentou maior média em relação aos demais.

O IQD foi maior em plantas adubadas, e dentro das plantas sem adubação apenas o tratamento 1 apresentou valor inferior aos demais, e os tratamentos 3, 5 e 7 apresentaram maiores valores. Conforme observado em outros trabalhos realizados com diferentes espécies de eucalipto, o IQD ideal depende da espécie em uso, com Binotto (2010) observando IQD de 0,05 em *E. grandis* aos 120 dias, Oliveira Júnior (2011) de 0,11 para *E. urophylla* S. T. Blake produzidas em SC aos 100 dias e Kratz (2013) um IQD médio de 0,17 em mudas de *E. benthamii*.

Tabela 4. Índices de qualidade das mudas de *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações aos 120 dias

Table 4. Quality indexes of *E. urograndis* seedlings as a function of different substrates and fertilizations at 120 days

| Substratos | IQD | | MSR/MSPA | | H/D | |
|---------------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | AD | NA | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 0,45 Ba | 0,00 Bb | 0,76 Ba | 0,37 Db | 9,29 Aa | 3,73 Bb |
| T2 | 0,48 Ba | 0,33 Aa | 0,84 Bb | 1,39 Ba | 8,82 Aa | 7,44 Aa |
| T3 | 0,49 Ba | 0,40 Aa | 0,58 Ba | 1,60 Ab | 8,63 Aa | 7,52 Aa |
| T4 | 0,64 Aa | 0,28 Ab | 0,97 Aa | 1,22 Ba | 7,60 Aa | 7,82 Aa |
| T5 | 0,73 Aa | 0,42 Ab | 1,17 Aa | 1,49 Ba | 5,54 Bb | 7,10 Aa |
| T6 | 0,57 Aa | 0,31 Ab | 0,99 Aa | 0,85 Ca | 6,34 Ba | 6,93 Aa |
| T7 | 0,59 Aa | 0,35 Ab | 0,61 Bb | 1,86 Aa | 8,54 Aa | 7,39 Aa |
| CV (%) | 24,56 | | 21,25 | | 12,32 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; IQD: índice de qualidade de Dickson; R/PA: relação raiz/parte aérea; H/D: relação altura/diâmetro do colo. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

No que se refere ao IQD, o mesmo é apontado como bom indicador de qualidade de mudas, porque são utilizados para seu cálculo a robustez (relação H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) (Caldeira et al., 2007; Trazzi, 2012), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregadas para a avaliação da qualidade.

Análise nutricional

Macronutrientes

Os macronutrientes: nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), obtiveram diferenças significativas quando submetidos ao teste de Scott Knott a 5% de significância. O tratamento 1 sem adubação não apresentou material suficiente para a análise de tecido foliar. Conforme esperado, os tratamentos com adubação complementar apresentaram maior teor de N nas folhas, e dentro das plantas adubadas o tratamento 1, seguido pelo tratamento 2 apresentaram maiores teores (Figura 1). Os tratamentos 3, 4 e 6 (com 40, 60 e 100% de composto orgânico), tanto com adubação quanto sem adubação, comportou-se estatisticamente igual a testemunha.

As plantas deficientes se desenvolvem menos que as supridas com esse elemento. Quando o suprimento é insuficiente, a partir de um dado momento o N das folhas velhas é mobilizado (redistribuído) para os órgãos e folhas mais novos. Consequentemente, plantas deficientes desse nutriente mostram os sintomas principalmente nas folhas velhas, com um amarelecimento ou clorose decorrente de um decréscimo no conteúdo de clorofila (Malavolta, 2006).

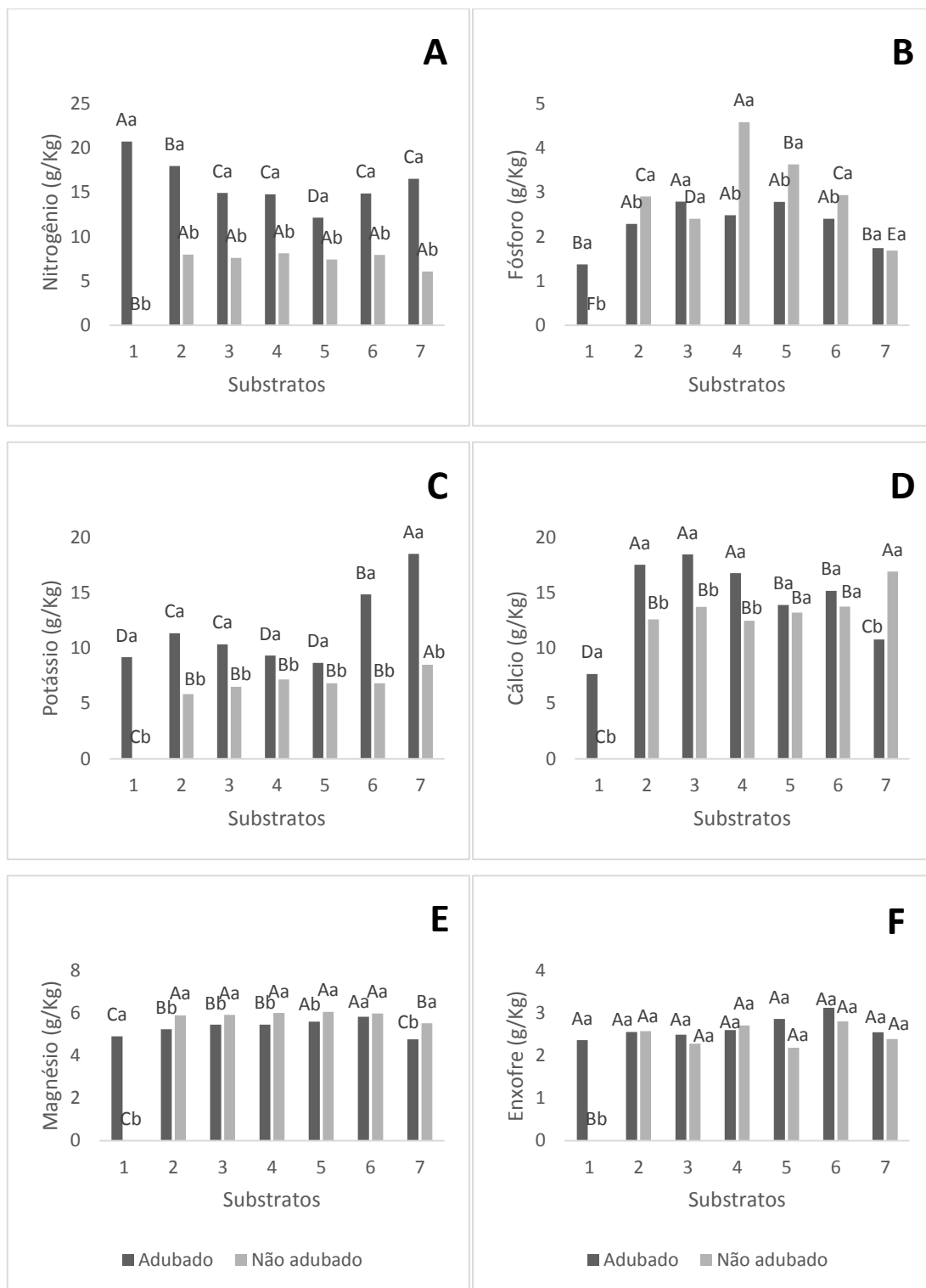


Figura 1. Teores dos macronutrientes: nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) nas folhas de mudas de *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

Figure 1. Macronutrient contents: nitrogen (A), phosphorus (B), potassium (C), calcium (D), magnesium (E) and sulfur (F) in leaves of *E. urograndis* seedlings as a function of different substrates and fertilization. Averages followed by upper case letters differ substrate and lower case differ from fertilization by the Scott Knott test (5%).

A maioria dos tratamentos com adubação complementar apresentou altos teores de P, exceto os tratamentos 1 e 7, enquanto dentro das plantas sem adubação o tratamento 4 apresentou o maior teor (Figura 1).

Do mesmo modo que acontece com o N, o P, que se redistribui facilmente na planta, em particular quando sobrevém a sua falta; há diminuição no crescimento, as folhas mais velhas das plantas carentes em P mostram, a princípio, uma coloração verde escura azulada, causada pela maior concentração relativa da clorofila, podendo ocorrer tonalidades roxas nas folhas e no caule (Taiz & Zeiger, 2013). De acordo com D'Avila (2011), normalmente se espera maior concentração de P e N foliar quando é realizada uma fertilização nitrogenada.

Assim como o N, o K também apresentou maior teor nos tratamentos com adubação complementar, e tanto nas plantas adubadas como nas plantas sem adubação, o tratamento 7 apresentou maior teor (Figura 1), e isso correlaciona-se com o maior crescimento em altura e diâmetro encontrado nas avaliações biométricas.

O K é requerido em numerosas enzimas do metabolismo vegetal que participam das reações da fotossíntese, da respiração, da síntese de amidos, proteínas e lignina, como o piruvato quinase, amido sintetase, desidrogenases e aldolases (Marreco & Lopes, 2005). Plantas com falta desse nutriente apresentam menor síntese de proteínas e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis como aminoácidos, amido e nitrato (Epstein & Bloom, 2004).

Os sintomas de deficiência de K se manifestam primeiramente nas folhas mais velhas como clorose e depois necrose das pontas e das margens (Malavolta, 2006).

O K e o P são nutrientes com maior incidência de deficiência nos plantios de eucaliptos (Silveira et al., 2004) e indicados como os mais limitantes ao seu crescimento em várias regiões florestais do Brasil.

Os tratamentos 2, 3 e 4 com adubação complementar apresentaram maiores teores de Ca em relação aos demais. Enquanto nas plantas sem adubação o tratamento 7 apresentou maior teor, devido a maior concentração de Ca na composição do substrato comercial Bioplant (Figura 1).

O Ca é requerido para divisão e alongação celular e também tem função estrutural de integrar a parede celular. Na ausência de um suprimento adequado desse nutriente, o crescimento celular cessa em pouco tempo. Os sintomas de deficiência de Ca aparecem inicialmente em órgãos e tecidos como regiões meristemáticas, folhas novas e frutos em desenvolvimento (Marreco & Lopes, 2005).

Os tratamentos sem adubação apresentaram maiores teores de Mg, exceto o tratamento 1 que foi inferior aos demais (Figura 1). A absorção de Mg é reduzida por altas concentrações de K^+ , Ca^{2+} e NH_4^+ , por causa da inibição competitiva entre esses cátions. A inibição pode levar a falta desse nutriente nas plantas (Malavolta, 2006).

Baixos teores de Mg são requeridos pelo eucalipto, porém, muitas vezes em solos e, ou, subsolos de muitas áreas de Cerrado, esses teores não são atingidos. Nessas condições, a adubação com o Mg resulta em respostas positivas ao crescimento das plantas, e isso não apenas na fase de mudas, uma vez que grande quantidade tanto de Mg quanto de cálcio pode ser exportada da área pela exploração florestal (Neves et al., 1990).

Não houve diferença significativa para teores de S foliar para os tratamentos. Muitos sintomas de deficiência de S são similares aos da deficiência de N, incluindo clorose e redução do crescimento e acúmulo de antocianinas, em folhas jovens e não em folhas velhas, devido sua baixa mobilidade (Taiz & Zeiger, 2013).

Como a demanda de nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte o nutriente absorvido em biomassa, essas diferenças na eficiência nutricional podem representar fator importante no emprego mais racional de fertilizantes (Barros et al., 2000; Paula et al., 1997).

Sediyama et al. (2008) em estudo de fermentação de esterco suíno como adubo orgânico encontraram como resultado ao longo do experimento elevação nos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, sendo assim é possível afirmar que o lodo suíno pode ser uma alternativa para melhorar as características químicas e físicas.

Guerrini & Trigueiro (2004) e Nóbrega et al. (2007), verificaram que o acréscimo de biossólido aos substratos ocasionou aumento da concentração de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre e na quantidade de matéria orgânica.

Micronutrientes

Apenas os micronutrientes Mn, Zn obtiveram dados significativos quando submetidos ao teste de Scott Knott (5%). Em geral, as plantas com adubação complementar apresentaram maiores teores de Mn e Zn no tratamento 2 (Figura 2). O tratamento 7, tanto nas plantas com adubação quanto nas plantas sem adubação apresentou o maior teor de Mn.

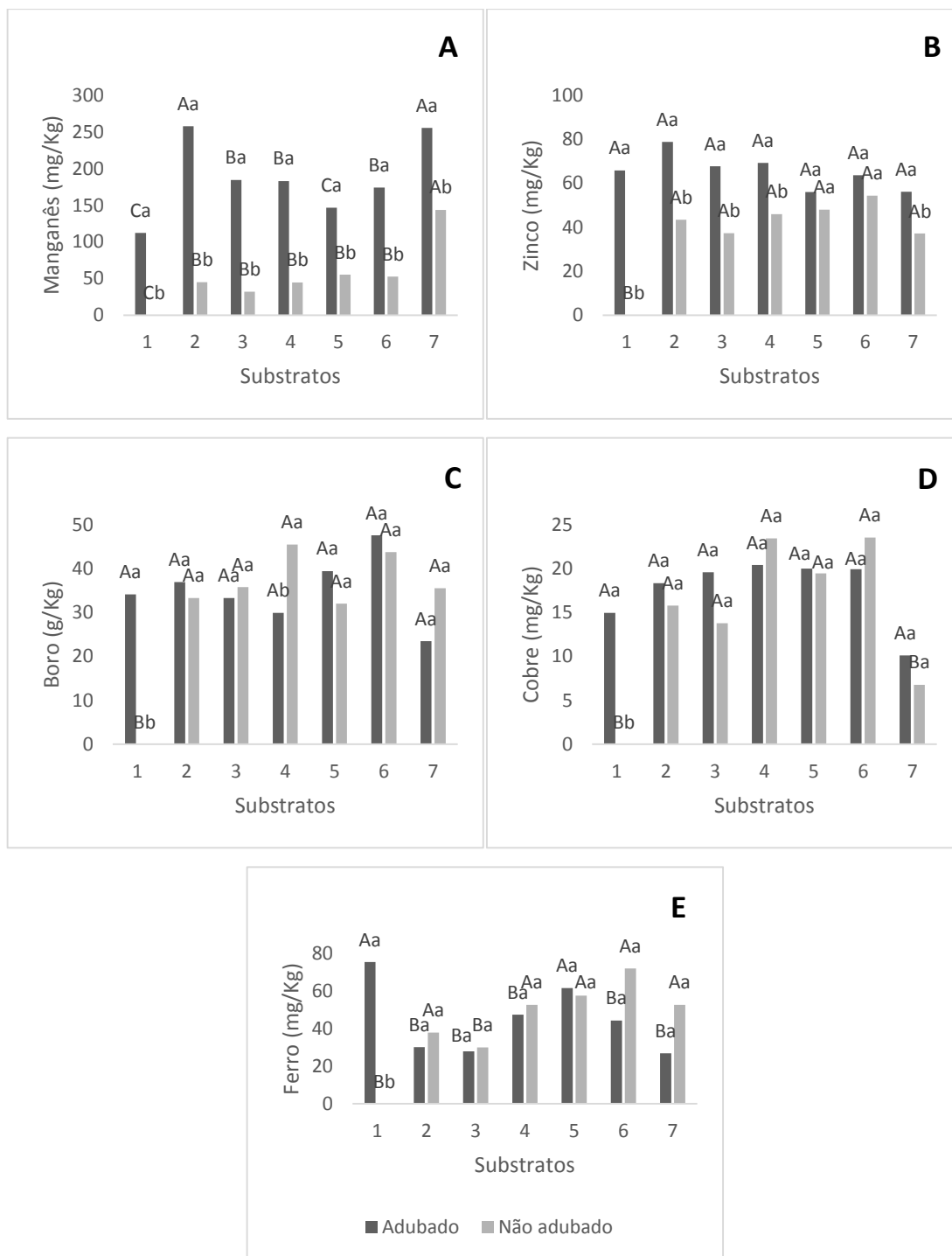


Figura 2. Teor dos micronutrientes: manganês (A), zinco (B), boro (C), cobre (D) e ferro (E) nas folhas de mudas de *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

Figure 2. Micronutrients content: manganese (A), zinc (B), boron (C), copper (D) and iron (E) in leaves of *E. urograndis* seedlings as a function of different substrates and fertilizations. Averages followed by upper case letters differ substrate and lower case letters differ from fertilization by the Scott Knott test (5%).

Higashi et al. (2000) demonstraram faixa ótima de 300 mg Kg⁻¹ a 500 mg Kg⁻¹ de Mn, e todos os tratamentos apresentaram abaixo desta faixa. Apenas os tratamentos 2 e 7 com adubação complementar apresentaram maiores teores.

Os íons manganês ativam várias enzimas nas células vegetais, relacionadas com a reação fotossintéticas. O sintoma principal da sua deficiência é a clorose entre as nervuras, associada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas (Taiz & Zeiger, 2013).

As plantas com adubação complementar em geral, apresentaram maiores teores de Zn, o tratamento 2 apresentou maior teor em relação aos demais e nas plantas sem adubação o tratamento 6. Esses valores estão acima do limite máximo encontrado por Higashi et al. (2000) de 40 mg Kg⁻¹. Isso pode ser explicado pela concentração desse micronutriente no substrato e pela aplicação de adubação de cobertura.

Análises fisiológicas

O tratamento 1 nas plantas não adubadas não apresentou área foliar necessária para as análises. As plantas adubadas, em geral, apresentaram melhores parâmetros fisiológicos para taxa fotossintética (*A*), os melhores tratamentos foram 1, 2, 3 e 4 (Tabela 5). Para as plantas não adubadas, os melhores tratamentos foram 4, 6 e 7. Segundo Kirschbaum (2011), cerca de 30% do aumento na taxa fotossintética resulta em aumento de 10% no crescimento das plantas.

O tratamento 5 apresentou maior condutância estomática (*g_s*) e taxa de transpiração (*E*) para as plantas adubadas, portanto, houve maior entrada de CO₂ (*g_s*) e maior saída de vapor d'água (*E*). Não houve diferença entre os tratamentos nas plantas sem adubação.

A redução da condutância estomática pode levar a redução da fotossíntese, pois os estômatos constituem a principal barreira na assimilação de CO₂. Conseqüentemente, com a redução da fotossíntese, ocorre menor produção de matéria seca.

Plantas que estão sob irrigação e sem estresse hídrico perdem bastante água por transpiração pois mantêm seus estômatos abertos por maiores períodos de tempo e têm atraso nas suas reações contra desidratação (Pereira et al., 2016).

Tabela 5. Taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs) e taxa de transpiração (E) em *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações

Table 5. Net photosynthetic rate (A), stomatal conductance (gs) and transpiration rate (E) in *E. urograndis* as a function of different substrates and fertilizations

| Tratamento | A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | | gs ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | | E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | |
|------------|--|----------|---|---------|---|---------|
| | AD | NA | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 11,58 Aa | 0,00 Cb | 0,25 Ba | 0,00 Bb | 2,23 Ba | 0,00 Bb |
| T2 | 9,22 Ba | 8,94 Ba | 0,15 Cb | 0,31 Aa | 1,44 Cb | 2,20 Aa |
| T3 | 13,47 Aa | 8,88 Bb | 0,28 Ba | 0,24 Aa | 1,70 Ca | 2,15 Aa |
| T4 | 13,95 Aa | 14,06 Aa | 0,26 Ba | 0,25 Aa | 2,36 Ba | 2,42 Aa |
| T5 | 8,69 Ba | 7,47 Ba | 0,39 Aa | 0,32 Aa | 3,21 Aa | 2,61 Aa |
| T6 | 6,19 Bb | 12,15 Aa | 0,28 Ba | 0,30 Aa | 2,55 Ba | 2,61 Aa |
| T7 | 9,0 Ba | 11,65 Aa | 0,20 Ca | 0,24 Aa | 1,82 Ca | 2,21 Aa |
| CV (%) | 20,51 | | 20,19 | | 18,02 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; A: taxa fotossintética; gs: condutância estomática; E: taxa de transpiração. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

Nas plantas com adubação complementar a relação A/CiCa foi maior nos tratamentos 1, 3 e 4, e nas plantas sem adubação nos tratamentos 4, 6 e 7. Isso mostra que quanto maior for essa razão, maior é a eficiência da fotossíntese, ou seja, maior será a carboxilação de CO₂.

A relação ETR/A nas plantas adubadas foi menor nos tratamentos 1, 3, 4 e 5, e nos tratamentos 4, 6 e 7 nas plantas sem adubação (Tabela 6). Esse resultado indica que para esses tratamentos há maior aproveitamento dos elétrons para a fotossíntese.

Tabela 6. Relação fotossíntese/concentração interna de CO₂ (A/Ci) e relação taxa de transporte de elétrons/fotossíntese (ETR/A) em *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações

Table 6. Photosynthesis / CO₂ internal concentration ratio (A / Ci) and ratio of electron transport / photosynthesis (ETR / A) in *E. urograndis* as a function of different substrates and fertilizations

| Tratamento | A/Ci | | ETR/A | |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 14,34 Aa | 0,00 Cb | 16,81 Ca | 0,00 Cb |
| T2 | 12,65 Ba | 10,66 Ba | 20,58 Ba | 18,11 Aa |
| T3 | 18,19 Aa | 10,43 Bb | 12,77 Ca | 16,43 Aa |
| T4 | 18,05 Aa | 17,39 Aa | 13,43 Ca | 10,09 Ba |
| T5 | 9,89 Ba | 8,94 Ba | 18,30 Ca | 20,02 Aa |
| T6 | 7,01 Bb | 14,81 Aa | 27,58 Aa | 11,48 Bb |
| T7 | 11,39 Ba | 16,04 Aa | 20,30 Ba | 9,59 Bb |
| CV (%) | 23,02 | | 22,71 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; NPQ: coeficiente de extinção não-

fotoquímico; ETR: taxa de transporte de elétrons; A/Ci: relação fotossíntese e concentração interna de CO₂. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

Com relação a fluorescência foram analisados os parâmetros: rendimento quântico potencial de PSII (Fv/Fm) e coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ), conforme a tabela 7.

Em plantas adubadas o Fv/Fm não apresentou diferença entre os tratamentos, e nas plantas sem adubação os tratamentos 4, 5 e 6 apresentaram maiores médias. Valores de Fv/Fm menores que 0,75 seriam indicativos da exposição da planta ao estresse, indicando a ocorrência de fotoinibição no aparato fotossintético (Bolh ar-Nordenkampf et al., 1989; Ronquim et al., 2016).

A taxa de transporte de elétrons (ETR) foi inferior nos tratamentos 3, 5 e 6 nas plantas adubadas, no tratamento 7 em plantas não adubadas, e o restante dos tratamentos não diferiu. O NPQ foi maior no tratamento 5 em plantas adubadas e no tratamento 7 em plantas sem adubação. Quando há decréscimo nos valores de ETR, conseqüentemente, há aumento no NPQ, pois a planta não consegue utilizar a luz absorvida e então é dissipada na forma de calor.

Tabela 7. Rendimento quântico potencial de PSII (Fv / Fm), coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) em *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações

Table 7. Potential quantum yield of PSII (Fv / Fm), non-photochemical extinction coefficient (NPQ) and electron transport rate (ETR) in *E. urograndis* as a function of different substrates and fertilizations

| Tratamentos | Fv/Fm | | NPQ | | ETR | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | AD | NA | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 0,79 Aa | 0,00 Cb | 3,27 Ba | 0,00 Db | 182,9 Aa | 0,00 Cb |
| T2 | 0,80 Aa | 0,78 Ba | 1,94 Db | 4,35 Ba | 189,2 Aa | 155,9 Ab |
| T3 | 0,79 Aa | 0,77 Ba | 2,03 Db | 3,83 Ba | 170,2 Ba | 145,2 Ab |
| T4 | 0,79 Aa | 0,79 Aa | 2,78 Ca | 3,11 Ca | 180,9 Aa | 140,5 Ab |
| T5 | 0,80 Aa | 0,80 Aa | 4,27 Aa | 2,53 Cb | 157,1 Ba | 140,2 Aa |
| T6 | 0,77 Ab | 0,81 Aa | 1,58 Db | 4,52 Ba | 167,9 Ba | 138,2 Ab |
| T7 | 0,81 Aa | 0,78 Bb | 2,71 Cb | 7,93 Aa | 183,1 Aa | 107,8 Bb |
| CV (%) | 1,80 | | 14,14 | | 7,61 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; Fv/Fm: Potencial quantitativo potencial de PSII; $\Delta F/Fm'$: rendimento quântico efetivo de PSII; ETR: taxa de transporte de elétrons. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

Nas plantas com adubação complementar a relação *A/N* foi maior no tratamento 1, a relação *A/P* nos tratamentos 3 e 4 e a relação *Chl A/B* foi inferior nos tratamentos 1 e 7, enquanto o restante dos tratamentos não diferiu.

Já nas plantas sem adubação a relação *A/N* foi maior nos tratamentos 4 e 6, a relação *A/P* no tratamento 4 e a relação *Chl A/B* nos tratamentos 2, 4, 5 e 7 (Tabela 8).

Tabela 8. Eficiência do uso do N na fotossíntese (*A/N*), eficiência do uso do P na fotossíntese e razão clorofila *A/B* em *E. urograndis* em função de diferentes substratos e adubações

Table 8. Efficiency of N use in photosynthesis (*A / N*), efficiency of P use in photosynthesis and chlorophyll *A / B* ratio in *E. urograndis* as a function of different substrates and fertilizations

| Tratamento | A/N | | A/P | | Clh A/B | |
|---------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | AD | NA | AD | NA | AD | NA |
| T1 | 16,15 Aa | 0,00 Cb | 6,47 Ba | 0,00 Db | 1,78 Ba | 0,00 Db |
| T2 | 13,59 Ba | 8,46 Bb | 5,75 Ba | 5,89 Ca | 2,79 Ab | 5,23 Aa |
| T3 | 14,20 Ba | 8,24 Bb | 8,13 Aa | 5,64 Cb | 3,33 Ab | 4,27 Ba |
| T4 | 14,37 Ba | 11,08 Ab | 8,21 Aa | 9,32 Aa | 3,09 Ab | 4,91 Aa |
| T5 | 10,41 Ca | 7,44 Bb | 5,74 Ba | 5,55 Ca | 2,56 Ab | 5,75 Aa |
| T6 | 10,54 Ca | 9,68 Aa | 4,29 Bb | 7,54 Ba | 2,47 Aa | 3,22 Ca |
| T7 | 12,76 Ba | 8,86 Bb | 5,37 Ba | 6,67 Ca | 1,90 Bb | 5,84 Aa |
| CV (%) | 10,31 | | 16,59 | | 16,53 | |

T1: 100% CAC+VE; T2: 80% CAC+VE; 20% LS+CF; T3: 60% CAC+VE; 40% LS+CF; T4: 40% CAC+VE; 60% LS+CF; T5: 20% CAC+VE; 80% LS+CF; T6: 100% LS+CF; T7: 100% CO; AD: adubado; NA: não adubado; A/N: relação fotossíntese/nitrogênio; A/P: relação fotossíntese/fósforo; Clh A/B: relação clorofila A/B. Médias seguidas de letras maiúsculas diferem substrato e minúsculas diferem adubação pelo teste de Scott Knott (5%).

De forma geral os dados fisiológicos indicam que os melhores tratamentos para as plantas adubadas são 3, 4 e 5, e o tratamento 4 apresenta melhor eficiência no uso do fósforo. Esses valores corroboram com os dados de índice de qualidade de mudas (IQD) do experimento, os melhores tratamentos foram o 4 e 5. Porém, o tratamento 5 tem a maior parte da sua taxa de transporte de elétrons convertida em dissipação de calor e não em fotossíntese, e com isso, o tratamento 4 se torna o melhor tratamento do ponto de vista fisiológico e de qualidade de mudas.

Em relação ao efeito da composição dos substratos ou seja, sem adubação complementar, os dados fisiológicos indicam os melhores tratamentos 4, 6 e 7. Indicando que nesses tratamentos os mecanismos fisiológicos foram mais eficientes porém por causa da restrição nutricional houve menor crescimento, Devido a esses resultados é

possível sugerir que essas plantas estão aptas a irem para campo e apresentar um crescimento adequado.

8. CONCLUSÃO GERAL

Em geral, as plantas com adubação complementar apresentaram melhor desempenho em todas as variáveis analisadas, como altura, IQD, macro e micronutrientes e fisiológicas.

Os tratamentos com Bioplant apresentaram os melhores resultados morfológicos, porém em termos de índice de qualidade (IQD) e fisiológico, o melhor tratamento foi o 4 com 60% de lodo suíno e cama de frango na formulação.

Os substratos com adubação complementar apresentaram maiores teores de macronutrientes como nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre e micronutrientes como o manganês, zinco e cobre.

O tratamento 1 (100% vermiculita + casca de arroz carbonizada) sem adubação complementar foi inferior em todas as variáveis analisadas pelas baixas concentrações de macro e micronutrientes.

O uso de teores acima de 60% do composto 2 (lodo suíno + cama de frango) apresentou melhores resultados, sem a utilização de adubação complementar.

9. AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa, ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, Laboratório de Química Agrícola, Laboratório de Análise de Solo e Tecido Foliar e ao Laboratório de Ecofisiologia. Ao IF Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade de qualificação profissional e crescimento pessoal.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, NF. de et al. Recomendações de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: Gonçalves, JL. de M; Benedetti, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 269-286.

Bilger, W, Björkman, O. Role of xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*, *Photosynthesis Research*, 1990; 25: 73-185.

Bilger, W, Schreiber, U, Bock, M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field, *Oecologia*, 1995; 102: 425-432.

Binotto, AF, Lucio, AD, Lopes, SJ. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. *Cerne*, 2010; 16(4): 457-464.

Bolhàr-Nordenkamp, HR, Long, SP, Baker, NR, Oquist, G, Schreiber, U, Lechner, EG. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology*, 1989; 3(4): 497- 514.

Caldeira, MVW, Blum, H, Balbinot, R, Lombardi, KC. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 2008a; 6(1): 191-202.

Caldeira, MVW, Marcolin, M, Moraes, E, Schaad, SS. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. *Ambiência* , 2007; 3(3): 311-323.

Caldeira, MVW, Rosa, GN, Fenilli, TAB, Harbs, RMP. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira- vermelha. *Scientia Agraria*, 2008b; 9(1): 27-33.

Carneiro, J. G. A. Produção e Controle de Qualidade de Mudas Florestais. Curitiba: UFPR/ FUPEF; Campos: UENF, 1995.

Costa, CA, Ramos, SJ, Sampaio, RA, Guilherme, DO, Fernandes, LA. Fibra de coco e resíduo de algodão para substrato de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, 2007; 25(1): 387-391.

Cunha, AM, Cunha, GM, Sarmento, RA, Cunha, GM, Amaral, JFT. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore*, 2006; 30(2): 207-214.

D'avila, FS. et al. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. *Rev. Árvore*, 2011; 35(1): 13-19.

Dickson, A, Leaf, AL, Hosner, JF. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 1960; 36(1): 10 – 13.

Embrapa. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

Epstein, E, Bloom, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Ed. Planta, 2004.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 2011; 35(6): 1039-1042.

Gomes, JM, Couto, L, Leite, HG, Xavier, A, Garcia, SLR. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hillex Maidem, em "Win-Strip". *Revista Árvore*, 1991; 5(1): 35-42.

Gonçalves, JLM, Benedetti, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF; 2005.

Guerrini, IA, Trigueiro, RM. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2004; 28(1): 1069-1076.

Henry, CL, Cole, DW, Harrison, RB. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forestry: the Pack Forest Sludge Research Program. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, 1994; 66: 137-149.

Higashi, EN et al. Fertirrigação em viveiros de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: Boaretto, AE, Villas Boas, RL et al. *Fertirrigação: teoria e prática*. Piracicaba, 2004; 1: 677-725.

Higashi, EM, Silveira, RLVA, Gonçalves, AN. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000.

Jabur, MA et al. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos: limoeiro-cravo (*Citrus limonia* osbeck) e tangerineira-cleópatra (*Citrus reshni* hort. ex *tanaka*) em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2002; 24(2): 514-518.

Kirschbaum, MUF. Does enhanced photosynthesis enhance growth? Lessons learned from CO₂ enrichment studies, *Plant Physiology*, 2011; 155(1): 117-124.

Klink CA, Machado RB. *Megadiversidade. A conservação do Cerrado brasileiro*, 2005; 1(1).

Kratz, D, Wendling, I, Nogueira, AC, Souza, PVD. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. *Ciência Florestal*, 2013; 23(4): 607-621.

Laisk, F, Loreto. Determining photosynthetic parameters from leaf CO₂ exchange and chlorophyll fluorescence, *Plant Physiology*, 1996; 110: 903-91.

Malavolta, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 2006.

Marenco, RA, Lopes, NF. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa: UFV, 2005.

Neves, JCL, Gomes, JM. & Novais, RF. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: Barros, NF. & Novais, RF, eds. *Relação solo-eucalipto*. Folha de Viçosa, 1990.

- Nóbrega, RS et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius*/Raddi). *Revista Árvore*, 2007; 31(2): 239-246.
- Oliveira Junior, OA de; Cairo, PAR, Novaes, AB de. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. *Rev. Árvore*, 2011; 35(6): 1173-1180.
- Paula, RC et al. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. II. Eficiência de utilização de nutrientes. *Revista Árvore*, 1997; 20(4): 483-493.
- Pereira, MRR, Klar, AR, Silva, MR, Souza, RA, Fonseca, NR. Comportamento morfológico e fisiológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. *Irriga*, 2016; 11(4): 518-531.
- Poggiani, F. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescentes de biossólido. *Scientia Florestalis*, 2004; 65: 207-218.
- Rascher, U, Liebig, M, Lüttge, U. Evaluation of instant lightresponse curves of chlorophyll fluorescence parameters obtained with a portable chlorophyll fluorometer on site in the field, *Plant Cell Environmental*, 2000; 23: 1397-1405.
- Reisser Junior, C, Medeiros, CAB, Radin, B. Produção de mudas em estufas plásticas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008
- Ronquim, CC, Prado, CHBA, Souza, JP. Growth, photosynthesis and leaf water potential in young plants of *Capaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinaceae) under contrasting irradiances. *Brazilian Journal of Plant*, 2016; 15(2): 290-302.
- Sediyama, MAN.; Vidigal, SM, Pedrosa, MW, Pinto, CLO, Salgado, LT. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2008; 12(6).
- Silveira, RLVA, Gava, JL. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: Yamada, T, Abdalla, SRS. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004.
- Souza, CAM, Oliveira, RB, Filho, SM, Souza, JLS. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. *Ciência Florestal*, 2006; 16(3): 243-249.
- Taiz, L & Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed. 2013.
- Trazzi, PA et al. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. *Scientia Forestalis*, 2012; 40(96): 455-462.
- Trazzi, PA, Caldeira, MVW, Colombi, R. Avaliação de mudas de *Tecoma stans* utilizando biossólido e resíduo orgânico. *Revista de Agricultura*, 2010; 85: 218-226.
- Trigueiro, RM, Guerrini, IA. Produção de mudas de pinus em substrato composto por biossólido e casca de arroz carbonizada. *Energia na agricultura*, 2002; 17: 1-12.

Trigueiro, RM, Guerrini, IA. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. *Scientia Forestalis*, 2003; 64: 150-162.

Wendling, I, Dutra, LF. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: Wendling, I, Dutra, LF. Produção de mudas de eucalipto. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.