

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NA CULTURA  
DO EUCALIPTO (Clone I144)**

**THIAGO DE SOUZA CELESTRINO**

Ilha Solteira

2014

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NA CULTURA DO EUCALIPTO  
(clone I144)**

**THIAGO DE SOUZA CELESTRINO**

Engenheiro Agrônomo

**Orientador:** Prof. Dr. Salatiér Buzetti

**Co-orientador:** Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C392f Celestrino, Thiago de Souza.  
Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto (clone i144) /  
Thiago de Souza Celestrino. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014  
54 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2014

Orientador: Salatiér Buzetti

Co-orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Inclui bibliografia

1. *Eucalyptus* spp.. 2. Micronutriente. 3. Solubilidade.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto (Clone I144)

**AUTOR:** THIAGO DE SOUZA CELESTRINO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. PAULO HENRIQUE MULLER DA SILVA  
IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

Data da realização: 25 de fevereiro de 2014.

## **DEDICO**

Aos meus pais, Aurélio Celestrino e Lucilene Barbosa de Souza Celestrino, que sempre estiveram do meu lado em todas as minhas decisões, pelo carinho, amor, compreensão, e sempre me mostraram que a honestidade, respeito e humildade são essenciais à vida, e que devemos sempre possuir um objetivo na vida e independente dos obstáculos, seguir em frente sempre.

À minha irmã, Adrielly de Souza Celestrino, pela amizade verdadeira e sempre torcendo pela minha felicidade.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela saúde, e oportunidade que esta me proporcionando.

Aos meus pais, irmã, avós e a toda minha família, pelo apoio, amor e carinho. Agradeço a Deus pela oportunidade de ter vocês ao meu lado.

Ao meu orientador Professor Doutor Salatiér Buzetti, pela paciência e confiança proporcionada, e que além de suas qualidades acadêmicas inquestionáveis, é uma pessoa que leva consigo uma tranquilidade e alegria admirável. Obrigado pela confiança depositada em mim, tanto na graduação como também na pós-graduação. Ser seu orientado, para mim, é uma honra.

Ao meu co-orientador e amigo Professor Doutor Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho pelo companheirismo, amizade e sempre disposto a ajudar. Imensamente grato, pois ao longo dessa caminhada, você sempre esteve ao lado e ajudando da melhor maneira possível.

Aos meus amigos e irmãos, Rodolfo de Niro Gazola e Raíssa Pereira Dinalli, pela amizade, conselhos e carinho. Obrigado pela confiança e motivação, vocês terão minha amizade para a vida inteira.

Ao técnico do Laboratório de Nutrição de Plantas e amigo Marcelo Rinaldi da Silva, sempre disposto a ajudar, seja no campo ou laboratório.

Ao técnico do Laboratório de Fertilidade do solo Carlos Araújo da Silva pela ajuda nas realizações de análises química do solo.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) por ter proporcionado conhecimento e formação acadêmica.

Aos professores que ministraram as aulas da pós-graduação, em especial para a Professora Doutora Regina Maria Monteiro de Castilho, Professor Doutor Marcelo Andreotti e Professor Doutor Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues.

Aos Professores Doutores, Marcelo Andreotti e Rafael Montanari pelas sugestões e contribuições ao trabalho quando este foi apresentado na qualificação.

Aos alunos da graduação e amigos que sempre estiveram dispostos a ajudar na condução do experimento: Leandro Garcia, Ariádne, Benedito, Guilherme Sarto, Guilherme Teixeira, Walter, Raunei, Danilo Rovaris, Abadia, Portera, Pikachu, Leonardo.

Aos diaristas José de Oliveira e João de Oliveira, pela disponibilidade em atender aos nossos pedidos de ajuda na condução do experimento.

Ao técnico agrícola da Cargill, Jefferson dos Santos pela colaboração e sempre disposto a ajudar na condução do experimento.

À Cargill Agrícola S/A pela disponibilidade da área e apoio financeiro da pesquisa.

À CNPq pela concessão da bolsa no primeiro mês de mestrando.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa durante a realização do curso (Nº Processo: 2012/05593-7).

“Não existe um caminho para ser feliz

Ser feliz é o caminho”

Mahatma Gandhi

## RESUMO

Os solos de Cerrado apresentam baixo teor de boro no solo, sendo comum a suplementação deste elemento através da adubação via solo e foliar. Portanto, é importante definir qual o melhor modo de aplicação e fonte de B para o bom desenvolvimento e produtividade do eucalipto, com menor custo possível. Assim, objetivou-se, com este trabalho, comparar o efeito de fontes de B com alta e baixa solubilidade na cultura do eucalipto, bem como a aplicação foliar do micronutriente. O experimento foi conduzido na Fazenda Renascença, localizada no município de Três Lagoas/MS, com latitude 20° 34' S e longitude 51° 50' O e altitude de aproximadamente 305 m, no período de 02/2012 a 02/2014. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições, dispostos em um esquema fatorial de 3 x 2, sendo: 0 kg ha<sup>-1</sup> de B, 1 kg ha<sup>-1</sup> de B utilizando como fonte o ácido bórico (alta solubilidade, 17% B) ou 1 kg ha<sup>-1</sup> de B utilizando como fonte o borogran (baixa solubilidade, 10% B), aplicados no sulco de plantio, com ou sem aplicações de ácido bórico via foliar na dose de 0,5% de ácido bórico na calda com volume de 250 L ha<sup>-1</sup>. Com a omissão de B via foliar houve incremento em altura de plantas nos tratamentos que receberam a aplicação do micronutriente no plantio, diferindo significativamente da testemunha. Porém, ambas as fontes, independente da solubilidade, apresentaram resultados semelhantes. As duas aplicações de B via foliar foram suficientes para que houvesse incremento em altura de plantas, quando comparadas aos tratamentos que não receberam aplicação de B no plantio. Aos 18 e 24 meses após o plantio foi constatado aumento no teor foliar de B nos tratamentos que receberam aplicação foliar. A aplicação de B no plantio, independente da fonte utilizada, assim como aplicação foliar do elemento, foram suficientes para reduzir os sintomas de deficiência de B. Com relação às fontes utilizadas no plantio, na dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B, ambas apresentaram resultados semelhantes nas mensurações de altura de planta, DAP e volume de madeira. No entanto, o borogran proporcionou maior teor de B no solo aos 24 meses após o plantio, na camada de 20 a 40 cm, o que pode ser benéfico para a cultura ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus* spp., Micronutriente. Solubilidade

## ABSTRACT

Cerrado soils present low levels of boron being common supplementation of this element through soil and foliar fertilization. Therefore, it is important to define how better mode of application and source for the successful development and productivity of eucalyptus, with possible cost savings. Thus, this study aimed to compare the effect of B sources with high and low solubility applied in soil and high solubility applied on leaf of *Eucalyptus* spp. The experiment was conducted at farm Renasença, located in Três Lagoas/MS with latitude 20 34 'S and longitude 51 50' W and altitude of approximately 305 m, in 02/2012 to 02/2014. It was used a randomized block design with six treatments and five replications arranged in a factorial scheme 2 x 3, being: 0 kg ha<sup>-1</sup> B, 1 kg ha<sup>-1</sup> B, using boric acid as source (high solubility, 17 % B) or 1 kg ha<sup>-1</sup> B, using as source borogran (low solubility, 10 % B), applied at planting, with or without application of boric acid foliar at 0.5% in a volume of 250 Lha<sup>-1</sup>. With the omission of B foliar there was an increase in plant height in treatments with the application of boron at planting, differing from the control. However, both of these sources, regardless of the solubility, showed similar results. The two foliar applications of B were sufficient for getting an increase in plant height when compared to treatments without B application at planting. At 18 and 24 months after planting there was increased on B foliar content in treatments with foliar application. Applying B at planting, regardless of source, as well as foliar application, were sufficient to reduce the symptoms of B deficiency. Regarding the sources used at planting, dose of 1kg ha<sup>-1</sup> B, showed similar results on plant height, DBH and volume of wood. However, borogran increased the conten of B in the soil after 24 months of planting, from 20 to 40 cm layer, which can be beneficial for crop over time.

**Keywords:** *Eucalyptus* spp., Micronutrient. Solubility

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1 - Precipitação pluvial mensal (mm) registrada na Estação Meteorológica Automática de Três Lagoas – MS, durante a condução do experimento 23
- Figura 2 - Mudas do clone I144 (A) e aplicação de fertilizante em cobertura aos 2 meses após o plantio (B) 26
- Figura 3 - Clone I144 aos 24 meses de idade em parcelas sem aplicação de B (A) e parcelas submetidas a aplicação de B (B) 36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise granulométrica do solo da área experimental. Três Lagoas/MS, 2011	24
Tabela 2 - Caracterização química inicial da área experimental. Três Lagoas/MS, 2011	24
Tabela 3 - Tratamentos no esquema fatorial 3 x 2. Três Lagoas/MS, 2012	26
Tabela 4 - Valores médios de altura do eucalipto em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013/2014	30
Tabela 5 - Desdobramento da interação entre aplicação de boro no plantio e foliar, na altura de plantas aos 21 meses após o plantio. Três Lagoas/MS, 2013	30
Tabela 6 - Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) do eucalipto em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013/2014	33
Tabela 7 - Valores de volume de madeira com casca de eucalipto em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013/2014	34
Tabela 8 - Porcentagem de árvores bifurcadas aos 24 meses após o plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014	36
Tabela 9 - Desdobramento da interação entre aplicação de boro no plantio e foliar, na porcentagem de plantas bifurcadas aos 24 meses após o plantio. Três Lagoas/MS, 2014	37
Tabela 10 - Teores de matéria orgânica e macronutrientes no solo na camada de 0-20 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014	38
Tabela 11 - Teores de micronutrientes no solo na camada de 0-20 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.	39
Tabela 12 - Teores de matéria orgânica e macronutrientes no solo na camada de 20-40 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014	40
Tabela 13 - Teores de micronutrientes no solo na camada de 20-40 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014	41

Tabela 14 - Concentrações de macronutrientes em folhas de eucalipto aos 12 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013	42
Tabela 15 - Concentrações de micronutrientes em folhas de eucalipto aos 12 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013	43
Tabela 16 - Concentrações de macronutrientes em folhas de eucalipto aos 18 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013	44
Tabela 17 - Concentrações de micronutrientes em folhas de eucalipto aos 18 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013	45
Tabela 18 - Concentrações de macronutrientes em folhas de eucalipto aos 24 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014	46
Tabela 19 - Concentrações de micronutrientes em folhas de eucalipto aos 24 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014	47

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
2.1 Cultura do eucalipto e sua importância econômica	16
2.2 Micronutrientes	17
2.3 Boro no solo	18
2.4 Boro na planta	19
2.5 Recomendações para as fontes de boro	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>23</b>
3.1 Descrição da área experimental	23
3.2 Descrição das atividades silviculturais	25
3.3 Delineamento experimental e tratamentos	26
3.4 Altura média das plantas	27
3.5 Diâmetro a altura do peito (DAP)	27
3.6 Volume de madeira com casca	28
3.7 Porcentagem de plantas bifurcadas	28
3.8 Teores de nutrientes no solo	28
3.9 Concentrações dos nutrientes nas folhas	29
3.10 Análise dos dados	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>29</b>
4.1 Produtividade do eucalipto	29
4.2 Qualidade do fuste	35

4.3 Teores dos nutrientes no solo	38
4.4 Concentrações dos nutrientes nas folhas	42
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal apresenta papel fundamental no agronegócio brasileiro, contribuindo com produção de bens e serviços, possibilidade de agregar valor aos produtos florestais além da geração de empregos diretos e indiretos, que chegaram à ordem de 4,4 milhões de pessoas, em 2012. A área com florestas plantadas no Brasil foi de 6.664.812 hectares, onde 76,6 % corresponde à área de plantios de eucalipto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, 2013).

A eucaliptocultura no Brasil está entre as mais produtivas no mundo, com capacidade de produzir mais de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de madeira. No entanto, essa produtividade alcançada é devido à silvicultura intensiva, além da seleção genética de árvores superiores, propagação clonal, fertilização, etc (IPEF, 2011). Entretanto, é cada vez mais frequente a implantação em áreas de Cerrado, com limitação ao desenvolvimento vegetal, apresentando solo com acentuada restrição nutricional, altos teores de alumínio e baixa disponibilidade hídrica (PAVAN, 2003). Em decorrência dessa condição natural, a utilização de corretivos e fertilizantes é considerada como prática obrigatória para que não comprometa a produtividade e sustentabilidade ao longo dos anos (NOVAIS; BARROS; NEVES, 1990; MARTINS et al., 2004; ROCHA; GONÇALVES; MOURA, 2004).

Os micronutrientes são requeridos em menor quantidade pelas culturas, porém, não significa que desempenhem funções secundárias. Suas deficiências podem causar sérios danos ao desenvolvimento das culturas, redução de produtividade e em casos extremos, morte das plantas, visto que estes desempenham funções vitais no metabolismo (GUPTA, 2001). No Brasil, com a intensificação da propagação clonal do eucalipto e plantio de materiais genéticos mais produtivos e exigentes nutricionalmente, tem verificado principalmente em áreas do Cerrado, presença de sintomas de deficiência de micronutrientes, com destaque para o boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn) (PINHEIRO, 1999; BOUCHARDET, 2002).

Embora a função do B no metabolismo vegetal ainda não seja totalmente clara, há evidências que o elemento apresenta funções no alongamento celular, síntese de ácidos nucleicos, respostas hormonais, funcionamento de membranas e regulação do ciclo celular (BROWN et al., 2002; REGUERA et al., 2009). Neste contexto, a importância do B em plantios florestais está associado à qualidade da madeira, pois atua no crescimento

meristemático e na formação da parede celular, mais especificamente na síntese de pectina, lignina e celulose (MARSCHNER, 1995).

A solubilidade e forma física (pó ou grânulo) das fontes de micronutrientes em conjunto com as condições de solo, resultam uma interação que tem como consequência maior ou menor efeito da adubação na correção da deficiência nutricional (MORAES et al., 2004). Assim como as raízes, as folhas das plantas também tem capacidade de absorver os nutrientes depositados na forma de solução em sua superfície. Diante disso, surgiu a prática da adubação foliar, em que soluções de um ou mais nutrientes são pulverizadas sobre a parte aérea das plantas, atingindo principalmente as folhas (VOLKWEISS, 1991). Para o B, em virtude de sua imobilidade no floema, é discutível sua aplicação nas folhas. As informações a respeito da fertilização foliar florestal são escassas, e em termos de eucalipto, serão necessários mais estudos que comprovem sua eficiência (FAQUIN, 2005; DAHMARDEH; MEHRAVARAN; NADERI, 2011).

Como os solos de cerrado apresentam baixo teor deste micronutriente, aliados ao fato de serem de textura arenosa, é comum a adubação do elemento no sulco de plantio e via foliar, durante a fase de implantação da cultura. Portanto, é importante definir qual o melhor modo de aplicação e fonte de B para o adequado desenvolvimento e produtividade do eucalipto, com possível redução de custos. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi comparar o efeito de fontes de B, com alta e baixa solubilidade, na cultura do eucalipto, assim com ou sem aplicação foliar do micronutriente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DO EUCALIPTO E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O eucalipto pertence à divisão Angiospermae, classe Dicotyledonea, ordem Myrtales, família Myrtaceae e gênero *Eucalyptus*, com muitas espécies e subespécies naturais ou decorrentes da hibridação (BERTOLUCCI, 1995). O gênero *Eucalyptus* spp., natural da Austrália, foi introduzido no Brasil há mais de um século. Atualmente tem-se verificado aumento de populações na maioria dos estados brasileiros. Esse fato é decorrente de um conjunto de fatores que favorecem o plantio em larga escala desta espécie, tais como o crescimento rápido em ciclo de curta rotação, alta produtividade, além da expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam a madeira como matéria prima em processos industriais (ABRAF, 2010).

O setor de produção florestal se divide em cadeias produtivas que são: madeira industrial (celulose e papel e painéis de madeira reconstituída), processamento mecânico da madeira (serrados e compensados) e da madeira para energia (lenha e carvão vegetal). Sua cadeia produtiva abrange as etapas de produção de madeira, energia, celulose e papel, conversão em artefatos de papel e papelão, reciclagem de papel, produção gráfica e editorial, além do comércio, distribuição e transporte. De acordo com Rezende, Pereira e Botelho (2013) quanto à importância econômica, o carvão vegetal é o segmento que mais se destaca no Sistema Agroindustrial Florestal (SAG), em seguida, tem-se a madeira para celulose e outros usos como fonte de energia na indústria, comércio e residências.

Em 2012, a área de plantios de eucalipto foi de 5.102.030 hectares, apresentando um crescimento de 4,5% em relação ao ano anterior. Essa expansão em termo de área tem sido reflexo principalmente da demanda de projetos industriais do segmento de papel e celulose, com destaque para o estado do Mato Grosso do Sul que atualmente é considerado um dos principais polos de produção de celulose (ABRAF, 2013).

## 2.2 MICRONUTRIENTES

Os micronutrientes, que em algumas décadas passadas não se tinha grandes preocupações em programas de adubação, passaram a ser utilizados de modo mais rotineiro em várias regiões e para as mais diversas condições de solo, clima e culturas no Brasil (LOPES, 1999). Ainda segundo este autor, um dos fatores que resultou em maior interesse pela presença de micronutrientes em formulações de fertilizantes foram o início da ocupação da região dos Cerrados, apresentando solos deficientes em micronutrientes; aumento da produtividade de diversas culturas e possivelmente maior remoção e exportação dos nutrientes; a incorporação inadequada de calcário ou a utilização de doses elevadas acelerando o aparecimento de deficiências induzidas; uso de fertilizantes com alta concentração de macronutrientes e cada vez menos a presença de micronutrientes e; o aprimoramento da análise de solos e análise foliar como instrumentos de diagnose de deficiências de micronutrientes.

Os micronutrientes recomendados por Silveira et al. (1998) na adubação de plantio de eucalipto são Cu, Zn e B. As doses são recomendadas em função dos teores de micronutrientes no solo. Gonçalves et al. (1997) recomendam a aplicação de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B em solos com baixos teores de B ( $B < 0,21 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e  $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com baixos teores do elemento ( $Zn < 0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Galvão (2002) recomenda  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de Cu aplicados diretamente nas covas ou sulcos de plantio em solos com teores menores que  $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ .

A deficiência de Cu tem causado danos físicos às plantações, pois árvores com essa deficiência apresentam galhos alongados e frágeis, que se quebram com facilidade, causando deformação da copa (MARSCHNER, 1995; DELL et al., 2001). Verificações em campo indicam que a ocorrência e a severidade dos sintomas variam principalmente pelo tipo de solo, época do ano e material genético, sendo de modo geral, os sintomas desaparece com o avanço da idade das plantas (RODRIGUES, 2010).

Novais, Barros e Neves (1990) verificaram que para o crescimento inicial das mudas de eucalipto, os micronutrientes como B e Zn são de extrema importância, porém é necessário um suprimento adequado de água para que ocorra o transporte dos elementos até a superfície das raízes. Moraes, Moraes e Moreira (2002) e Silveira et al. (2004) constataram que a deficiência de B ou a dificuldade do contato íon-raiz principalmente em épocas secas tem

como consequência morte das gemas apicais, superbrotção e internódios extremamente curtos, afetando o desenvolvimento em crescimento das plantas.

Após análise de solo e verificado necessidade de aplicação de micronutrientes, próximo passo é definir quais os métodos de aplicação a se utilizar. Esse é um problema dos mais complexos, pois a eficiência dos métodos de aplicação depende de uma série de fatores, com destaque para: fontes, tipo de solo, pH, solubilidade, efeito residual, mobilidade do nutriente e cultura (LOPES, 1999). Segundo Lopes (1991) e Volkweiss (1991), os principais métodos de aplicação de micronutrientes são a adubação via solo e foliar. Para diversas culturas perenes, a aplicação foliar com micronutrientes é uma rotina, pois se aplica em conjunto com os pesticidas (ABREU; RAIJ, 1997). Vários fatores contribuíram para o interesse e uso da adubação foliar com micronutrientes, sendo as necessidades totais de algumas culturas frequentemente atendidas com apenas uma aplicação (LOPES; SOUZA, 2001).

A aplicação de micronutrientes via solo tem como objetivo aumentar a concentração do elemento na solução do solo, que é onde as raízes os absorvem. Sendo assim, para evitar possíveis perdas, é necessário que as fontes de micronutrientes utilizadas se solubilizem no solo no mínimo em velocidade compatível com a absorção pelas raízes, e que sejam aplicados próximos das raízes, já que os micronutrientes são pouco móveis no solo, com exceção do B (LOPES, 1991; VOLKWEISS, 1991).

### 2.3 BORO NO SOLO

Nos solos brasileiros, conforme Malavolta (1980), os teores de B situam-se em geral dentro das seguintes faixas: disponível (B disponível em água quente) de 0,06 a 0,50 mg kg<sup>-1</sup>, e total de 30-60 mg kg<sup>-1</sup>. Este autor afirma que os teores de B encontrados nos solos brasileiros na forma disponível estão entre 0,1 e 3,0 mg kg<sup>-1</sup>, e que a faixa considerada adequada varia entre 0,5 e 1,0 mg kg<sup>-1</sup>.

O B é encontrado no solo sob cinco formas, sendo: minerais primários como turmalina e micas ricas em B; minerais secundários, principalmente dentro da estrutura das argilas; adsorvido às argilas, na superfície de hidróxidos e na matéria orgânica; em solução como ácido bórico e como borato; bem como na matéria orgânica e biomassa microbiana (SHORROCKS, 1995, citado por SOUZA et al., 2004).

Na maioria dos solos, é comum encontrar teores razoáveis de B total no solo, porém, não está disponível para as plantas. Existem diversos fatores edafoclimáticos e biológicos que podem estar agindo, alterando assim as condições ótimas de disponibilidade dos nutrientes (SILVEIRA et al., 2002). Dentre os fatores que afetam a disponibilidade de B no solo estão: pH, textura, umidade, temperatura, matéria orgânica, quantidade e tipos de argila.

A matéria orgânica é considerada a principal fonte de B em solos tropicais, uma vez que o B assimilado pela planta é quase que totalmente originado de sua mineralização (MALAVOLTA, 1980; GUPTA et al., 1985; GUPTA, 1993). Vanderlei et al. (1988) e Malavolta (1980) encontraram uma relação positiva entre a quantidade de matéria orgânica no solo e o teor de B disponível. Esses autores encontraram maiores concentrações de B em regiões superficiais, e reduzindo essa concentração à medida que aumenta a profundidade. Assim, como nos solos de Cerrado, os teores de matéria orgânica normalmente são baixos, a principal fonte primária de B torna-se limitante ao cultivo de culturas exigentes, como o eucalipto.

A turmalina é o principal mineral do solo que contém B, respondendo por quase 95% do conteúdo total do elemento em solos de regiões úmidas, mas, é muito resistente ao intemperismo, ficando assim indisponível para a planta (MALAVOLTA, 1980; DANTAS, 1991).

No solo, pode-se encontrar o B na forma de ácido bórico ou borato e pode ser adsorvido fortemente a frações orgânicas e inorgânicas (BARROS; NOVAIS, 1996). Para a faixa de pH entre 4,5 e 6,0, normalmente encontrada nos solos tropicais, o ácido bórico é sua principal forma.

Com relação ao transporte de B no solo, Mattiello et al. (2009) relatam que o fluxo de massa é o principal mecanismo de contato íon-raiz para o transporte de B, e o déficit hídrico altera o balanço dos mecanismos de transporte de B no solo, principalmente em solos deficientes desse nutriente, reduzindo assim o fluxo de massa e o acúmulo de B na planta.

## 2.4 BORO NA PLANTA

O B é o único entre todos os elementos minerais essenciais para as plantas que apresenta mobilidade restrita em algumas espécies e em outras apresenta certa mobilidade no floema. Nenhum outro elemento é conhecido por variar a mobilidade (BROWN; SHELP,

1997). Acredita-se que essa mobilidade no floema é encontrada apenas em espécies que produzem quantidades significativas de polióis, como sorbitol, manitol e dulcitol (HU; BROWN,1997).

Em trabalhos realizados por Salvador et al. (2003) verificaram que na goiabeira, pertencente a mesma família do eucalipto (Mirtáceas), o B apresenta baixa mobilidade no floema. Porém Leite, Marino e Bonine (2010) observaram um gradiente de concentração de B entre folhas de *Eucalyptus* de diferentes idades e posição na planta. Os autores verificaram que o teor foliar de B na região apical do caule foi significativamente superior ao da região basal, evidenciando uma mobilidade condicional de B em *Eucalyptus*.

Com relação à dose adequada de B a ser aplicada, é um dos aspectos mais importante a ser considerado nas adubações desse elemento, em razão da estreita faixa entre o nível adequado e o tóxico para a maioria das plantas, sendo esta faixa variável em função da textura do solo (FERREIRA, 1992; FAQUIN, 2005). Os teores totais de B em solos argilosos são mais elevados principalmente devido aos teores de matéria orgânica, no entanto, esses solos necessitam de maiores doses para uma mesma disponibilidade do nutriente, quando comparado com solos arenosos. Segundo Elrashidi e O'Connor (1982), essa maior dose de B aplicado se deve à adsorção desse nutriente nos óxidos de Fe e Al, presentes em maiores concentrações nos solos argilosos. Portanto, os riscos para a ocorrência de toxidez de B, quando as aplicações excedem as necessidades das culturas, são maiores em solos mais arenosos. Em plantios de eucalipto tem sido comum encontrar sintomas de fitotoxicidade de B, sendo esses mais severos quando se aplica fertilizantes boratados em covetas laterais distante a 20 cm da muda (SILVEIRA et al., 2002).

Plantas sujeitas a condições de baixa disponibilidade de B tem como consequência um menor alongamento de raízes, se tornando mais grossas e curtas, além de diminuir a produção de novas raízes. Sendo assim, condição limitante desse elemento causa menor crescimento do sistema radicular, resultando em menor aquisição de água nos períodos secos e, possivelmente, reduzindo a produtividade agrícola (MARSCHNER, 1986).

Sintomas de deficiência de B em florestas de eucalipto se apresentam inicialmente com o enrugamento e descoloração das folhas novas, os brotos tornam-se quebradiços e morrem. As folhas maduras, da parte superior da copa, ficam descoloridas e desprendem-se dos ramos. A progressão dos sintomas resulta com um escurecimento e necrose dos ramos e folhas da parte superior da copa. No estágio mais avançado do quadro sintomatológico, ocorre

a morte de ponteiro e de ramos com o superbrotamento das gemas laterais ao longo do caule, devido a morte da gema apical e a perda de dominância (SILVEIRA et al., 2002). Silveira et al. (2004) relataram que a frequência com que ocorre deficiência desse nutriente em plantações de eucalipto é maior do que na maioria dos demais nutrientes, perdendo apenas para o K e para o P. Sgarbi et al. (1999) constataram em clone de *E. grandis* x *E. urophylla* uma redução de 35% na incidência de seca do ponteiro em solos arenosos e de 45% em solos argilosos com aplicação de 2,2 kg ha<sup>-1</sup> de B na região de Três Marias-MG, local onde se caracteriza por apresentar longos períodos de déficit hídrico durante o ano.

Há evidências de que o grau de exigência e sensibilidade à deficiência a B está relacionado com o teor de pectina da parede celular. Assim, espécies com parede celular rica em pectina, como as dicotiledôneas, apresentam maior requerimento de B quando comparadas com gramíneas que possuem parede celular com menor teor de pectina (HU et al., 1996). De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), a faixa considerada adequada de B na folha de eucalipto se situa entre 25 a 30 mg kg<sup>-1</sup>.

## 2.5 RECOMENDAÇÕES PARA AS FONTES DE BORO

Abreu et al. (2004), verificando a movimentação do B em solo arenoso, notaram que os tratamentos com fonte de B de baixa solubilidade apresentaram teores de B significativamente menores que os tratamentos com ácido bórico (alta solubilidade) para o mesmo período de incubação, o que, segundo os autores, está relacionado com a liberação mais lenta dessa fonte e com os atributos químicos do solo. Da mesma forma, as perdas por lixiviação do B proveniente do ácido bórico (alta solubilidade) foram mais rápidas do que as do B da fonte de baixa solubilidade.

Em solos arenosos, a capacidade de retenção de B é menor, interferindo na manutenção do suprimento adequado do elemento na solução do solo. Portanto, algumas recomendações técnicas indicam que nesses solos é necessário um maior parcelamento das doses quando se faz uso de fontes mais solúveis. Outra opção seria o uso de fontes de baixa solubilidade, como os boratos de cálcio, ulexita e colemanita, os quais apresentam liberação mais gradual reduzindo o risco de toxicidade (SILVEIRA et al., 2002).

Para adubação boratada de plantio em eucalipto, Silveira et al. (2001) relatam que as fontes de B de baixa solubilidade apresentam maior eficiência, isso se deve ao fato do

fornecimento do elemento ser contínuo ao longo do tempo. Para solos arenosos com períodos prováveis de déficit hídrico, o autor recomenda o parcelamento da adubação boratada em três épocas distintas. Isso proporcionaria um suprimento mais contínuo de B no estágio de maior ocorrência de seca de ponteiro, que é nos primeiros dois anos de idade da cultura.

Gonçalves e Valeri (2001) recomendam a mistura de fontes de B com diferentes solubilidades, garantindo assim disponibilidade do elemento a médio e longo prazo e também diminuiria o risco de fitotoxicidade principalmente nos seis primeiros meses de crescimento. A proporção seria 30 % da dose total, utilizando fontes de alta solubilidade e 70% da dose sendo fontes com solubilização mais lenta. Para suprir a demanda principalmente no intenso crescimento vegetativo da cultura, acredita-se que o ácido bórico é mais eficiente devido a maior solubilidade quando comparado com a ulexita (fonte de baixa solubilidade) (PAULA, 2009). Já em solos com altos teores de argila, óxidos de Fe e Al, Moreira, Moraes e Castro (2006) relatam que a adubação com ulexita é mais eficiente do que o ácido bórico na obtenção de aumento do diâmetro do caule e do número de raízes laterais em seringueiras.

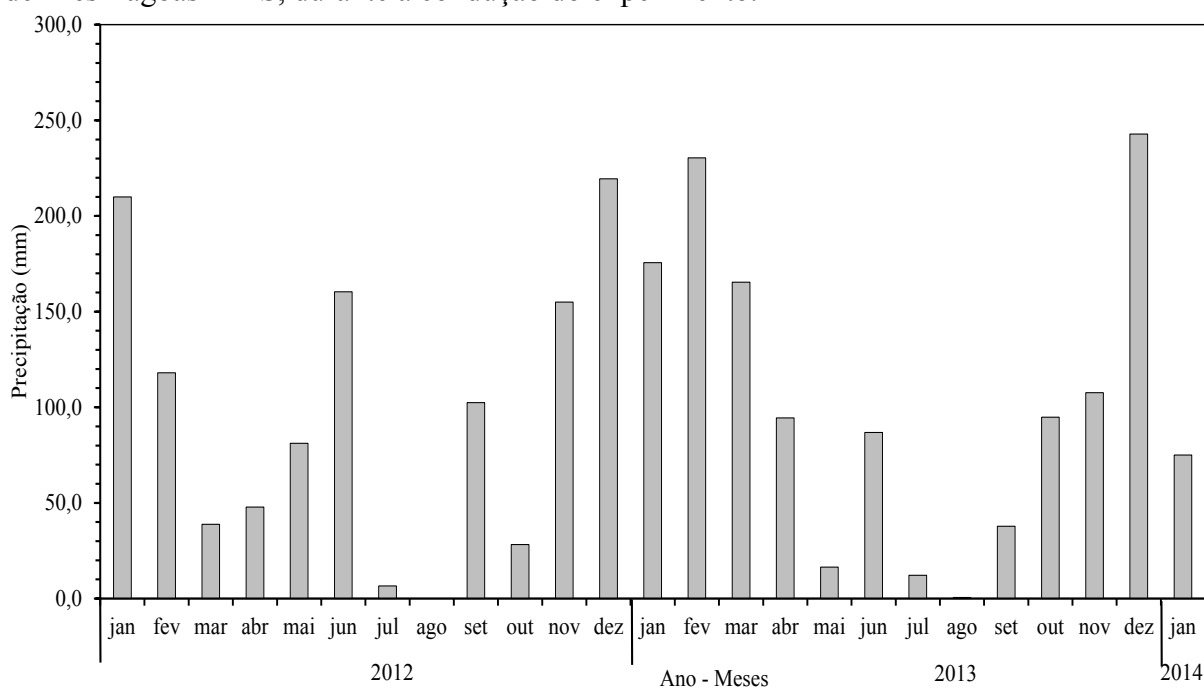
De acordo com Paula (2009), a combinação de aplicação de B via solo e foliar foi a única capaz de prevenir o secamento do ponteiro, que é um sintoma característico de deficiência de B principalmente durante o período de déficit hídrico. Em aplicações foliares, a fonte de B mais recomendada é o ácido bórico, que, devido à reação ácida, é compatível com a maioria dos defensivos agrícolas (QUAGGIO; PIZA JUNIOR, 2001). José et al. (2009), verificando a mobilidade do B em clones de eucaliptos, constataram que a aplicação foliar de B utilizando o ácido bórico pode ser uma alternativa para uma recuperação rápida de plantas com sintomas de deficiência de B, já que quando aplicado via foliar, o elemento é translocado para os demais órgãos da planta. O mesmo autor comenta que a aplicação foliar de B pode ser uma estratégia principalmente em épocas secas, visto que em função do déficit hídrico, a absorção do elemento pela raiz ocorre com menor intensidade.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÕES DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi implantado em janeiro de 2012, localizado na Fazenda Renascença, no município de Três Lagoas - MS, com latitude 20° 34' S e longitude 51° 50' W e altitude de aproximadamente 305 m. A classificação climática da região de acordo com Köppen é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial (mm) que compreende o período de condução do experimento consta na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação pluvial mensal (mm) registrada na Estação Meteorológica Automática de Três Lagoas – MS, durante a condução do experimento.



Fonte: elaborada pelo autor

O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). Essa classe de solo tem como característica a grande quantidade de fração areia ao longo do perfil, sendo verificado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise granulométrica do solo da área experimental. Três Lagoas/MS, 2011.

Profundidades (cm)	Argila	Silte	Areia Total
	g kg <sup>-1</sup>		
<b>0-20</b>	85	17	898
<b>20-40</b>	104	20	876
<b>40-60</b>	114	17	869
<b>60-80</b>	121	18	861
<b>80-100</b>	130	21	849
<b>100-120</b>	145	24	831

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), sendo as amostragens realizadas nas camadas de 0,00 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m. De acordo com o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al.,1997), verificou que antes da instalação do experimento este solo apresentava teor médio de B (Tabela 2).

**Tabela 2**- Caracterização química inicial da área experimental. Três Lagoas/MS, 2011.

Prof. (cm)	P <sub>resina</sub>	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
<b>0-20</b>	1	7,4	4,2	0,2	4,2	1,9	17	4,3	6,3
<b>20-40</b>	1	6,8	4,2	0,3	1,6	1,1	18	4,5	3,0
Prof. (cm)	CTC	V	m	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	Cu	Zn	Mn	Fe
	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	%				mg dm <sup>-3</sup>			
<b>0-20</b>	23,3	27	25	4,7	0,27	0,4	0,2	1,5	13
<b>20-40</b>	21,0	14	25	4,0	0,20	0,5	0,2	1,4	20

O método de extração usado para os micronutrientes catiônicos foi o DTPA, para o boro foi a água quente

Fonte: elaborada pelo autor

Com base na análise química de solo e no histórico da área, sendo anteriormente uma pastagem degradada, houve a necessidade de aplicação de calcário na dose de 1500 kg ha<sup>-1</sup> a PRNT 80%, aplicados a lança sobre a superfície do solo, e para melhorar as condições subsuperficiais optou-se pela gessagem na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de gesso, aplicados a lança sobre a superfície do solo. As aplicações ocorreram no mês de setembro de 2011.

### 3.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES SILVICULTURAIS

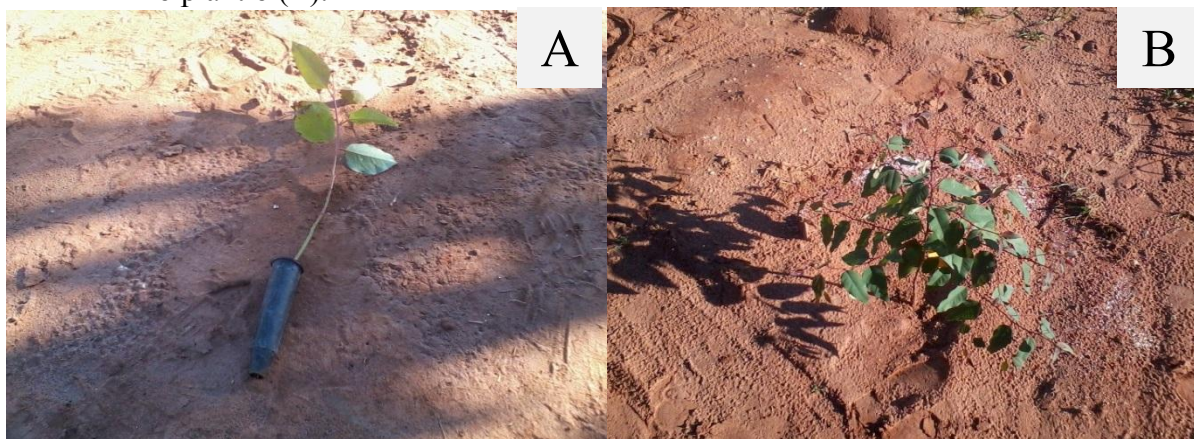
Sendo uma área de pastagem degradada, foram necessárias algumas atividades para que posteriormente houvesse a implantação da cultura do eucalipto. Em novembro de 2011 foi realizado o combate inicial a formigas utilizando 3 kg ha<sup>-1</sup> de isca formicida granulada (0,9 g do ingrediente ativo (i.a) sulfluramida). No mês de dezembro se efetuou a derrubada e retirada de árvores nativas, roçada mecânica total, abertura de estradas, construção de cercas e combate de formigas no pré plantio.

No mês de Janeiro de 2012 aplicaram-se 6 L ha<sup>-1</sup> do herbicida Glifosato (2880 g do i.a. glifosato) com a finalidade de erradicar as plantas daninhas. Foi realizado o preparo do solo, que consistiu na subsolagem, aração, gradagem e sulcação apenas na linha de plantio. O plantio foi realizado no dia 27 de janeiro de 2012, sendo utilizadas mudas do clone I144 (resultado da hibridação espontânea de *Eucalyptus urophylla*) (Figura 2 a). Duas semanas após o plantio foi realizada a aplicação de 150 g ha<sup>-1</sup> de um herbicida pré-emergente (112,5 g do i.a. isoxafluto) para controle das plantas daninhas. A adubação de plantio foi realizada em janeiro de 2012, manualmente em filete contínuo, no sulco de plantio, sendo feita com a fertilização de NPK, pelo uso de 150 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 10-27-10 adicionada a 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proveniente do superfosfato triplo (45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Foram realizadas, também no plantio, as adubações de Cu e Zn na dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de Cu e Zn, utilizando o fertilizante sulfato de cobre e sulfato de zinco, respectivamente.

As adubações de cobertura nitrogenada e potássica foram realizadas aos 2, 9 e 14 meses após o plantio, de forma manual no tipo semicírculo (Figura 2 b). Em cada adubação nitrogenada de cobertura foi utilizado o nitrato de amônio na dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e na potássica foi utilizado o cloreto de potássio na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

As atividades de manutenção no ano de 2012 e 2013 foram basicamente o controle químico de plantas daninhas e de formigas cortadeiras.

**Figura 2** - Mudas do clone I144 (A) e aplicação de fertilizante em cobertura aos 2 meses após o plantio (B).



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com espaçamento de 3,0 x 2,5 m e área total de 12.600 m<sup>2</sup>. Cada parcela foi composta por 56 plantas, distribuídas em sete linhas de oito plantas cada, totalizando 420 m<sup>2</sup> de área. A área útil da parcela foi de 225 m<sup>2</sup> de área, pois foram excluídas duas linhas e dentro de cada linha útil foi eliminada a primeira e última planta, totalizando assim, 30 plantas. Para garantir confiabilidade nos resultados, os tratamentos, seis ao total, foram submetidos a cinco repetições.

Os seis tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial de 3 x 2, sendo exemplificado na Tabela 3.

**Tabela 3** - Tratamentos no esquema fatorial 3 x 2. Três Lagoas/MS, 2012.

Tratamentos	Modo de aplicação	
	Solo	Foliar
T1	-	-
T2	1 kg ha <sup>-1</sup> B (Borogran)	-
T3	1 kg ha <sup>-1</sup> B (Ácido Bórico)	-
T4	1 kg ha <sup>-1</sup> B (Borogran)	425 g ha <sup>-1</sup> B (Ácido Bórico)
T5	1 kg ha <sup>-1</sup> B (Ácido Bórico)	425 g ha <sup>-1</sup> B (Ácido Bórico)
T6	-	425 g ha <sup>-1</sup> B (Ácido Bórico)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

No tratamento 1 (T1) não existe nenhuma fonte externa de B, sendo assim, a cultura iria responder apenas com a concentração de B disponível no solo. O tratamento 2 (T2) consistiu na aplicação do fertilizante borogran (baixa solubilidade, 10% B), com a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B e aplicado manualmente em filete contínuo no sulco de plantio. No tratamento 3 (T3), foi realizada a aplicação do fertilizante ácido bórico (alta solubilidade, 17% B), na dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B e aplicado manualmente em filete contínuo no sulco de plantio. Os tratamentos 4 (T4) e 5 (T5) foram semelhantes aos T2 e T3, respectivamente, porém, além da aplicação de fertilizantes boratados no sulco de plantio, ambos os tratamentos (T4 e T5) receberam aplicações foliares de B aos quatro e dez meses após o plantio. Em cada aplicação, foi utilizado ácido bórico a 0,5 % na calda com volume de 250 L ha<sup>-1</sup>, sendo essas aplicações realizadas no período da manhã, com o auxílio de uma bomba costal e na calda foi adicionado óleo mineral (0,2%) com a finalidade de aumentar o contato com a folha, reduzir deriva e retardar a evaporação da gota. No tratamento 6 (T6), não houve aplicação de B no sulco de plantio, sendo realizada apenas a aplicação via foliar de B, semelhante aos T4 e T5.

A dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B no sulco de plantio, foi obtida através da recomendação do Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997), no entanto, alguns autores recomendam dependendo dos teores de B no solo, doses mais elevadas.

### 3.4 ALTURA MÉDIA DAS PLANTAS (H)

A altura das plantas foi avaliada aos 12, 15, 18, 21 e 24 meses de idade, utilizando o aparelho Forestor Vertex, composto por um hipsômetro e um emissor (transponder) (CAMPOS; LEITE, 2002). Foram mensuradas todas as árvores da parcela útil de cada tratamento.

### 3.5 DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP)

O DAP foi mensurado em todas as árvores da área útil de cada parcela aos 12, 15, 18, 21 e 24 meses de idade com o auxílio de fita métrica de plástico, onde se mediu a circunferência e, posteriormente, utilizou-se a seguinte equação:

$$DAP = C / \pi$$

onde: DAP = Diâmetro a altura do peito (cm); C= circunferência a 1,30 m de altura (cm)

### 3.6 VOLUME TOTAL DE MADEIRA COM CASCA (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)

O volume de madeira com casca foi estimado aos 12, 15, 18, 21 e 24 meses calculado utilizando as seguintes equações:

$$V_{tc} = \Sigma (V_i/A_i) * 10000$$

$$V_i = \frac{\pi * (DAP_i)^2 * ff * H}{4}$$

em que: V<sub>i</sub> = volume de madeira com casca da árvore A<sub>i</sub> = área da parcela útil (225 m<sup>2</sup>); V<sub>tc</sub> = volume total com casca (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); DAP<sub>i</sub> = diâmetro à altura do peito de cada árvore (m); ff= fator de forma. Neste caso, devido à inexistência de fatores definidos regionalmente para o clone em estudo, foi atribuído o valor 0,5 e H<sub>i</sub> = altura total de cada árvore (m).

### 3.7 PORCENTAGEM DE PLANTAS BIFURCADAS

Foram avaliadas todas as árvores da parcela útil aos 24 meses de idade, sendo observada visualmente a porcentagem de plantas bifurcadas, já que este é um sintoma característico de deficiência de B, em função da perda de dominância apical.

### 3.8 TEORES DE NUTRIENTES NO SOLO

Aos 24 meses após o plantio, as amostras de solos foram coletadas com o auxílio do trado tipo caneca, realizada na linha de plantio a aproximadamente 50 cm da planta e sendo coletadas cinco amostras por parcela nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Em seguida, essas amostras foram encaminhadas para a estufa e após a secagem, foram peneiradas em malha de 2 mm e assim levadas ao Laboratório de fertilidade do solo UNESP/ Ilha Solteira para realização da análise química dos macro e micronutrientes de acordo com a metodologia descrita por Raij et al. (2001).

### 3.9 CONCENTRAÇÕES DOS NUTRIENTES NAS FOLHAS

Foram amostradas 10 árvores por parcela aos 12, 18 e 24 meses de idade de acordo com a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), sendo coletadas amostras representativas de folhas maduras provenientes de ramos situados no terço superior das copas dirigidas aos quatro pontos cardeais, sendo o antepenúltimo lançamento de folha dos galhos.

Após a coleta, as folhas foram secas em estufa de ventilação forçada (65° C) por 72 horas e posteriormente foram moídas em moinho do tipo wiley e encaminhadas para análise química no laboratório de Nutrição de Plantas da UNESP/ Ilha Solteira. Foram realizadas digestões das amostras (sulfúrica para N; nitroperclórica para P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn; e incineração para B), sendo determinada as concentrações foliares de macro e micronutrientes, conforme descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

### 3.10 ANÁLISES DOS DADOS

Os resultados foram analisados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para efeito de fontes e modos de aplicação de B, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 4.1 PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

As fontes de B aplicadas no plantio, assim como a aplicação de B via foliar, não influenciaram significativamente as mensurações de altura de plantas até os 24 meses após o plantio (Tabela 4).

**Tabela 4** - Valores médios de altura do eucalipto em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013/2014.

Tratamentos	Altura (m) nas idades avaliadas				
	12 meses	15 meses	18 meses	21 meses	24 meses
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	6,36 a	10,18 a	11,69 a	11,77	13,19 a
Ácido bórico	6,72 a	10,44 a	11,90 a	12,12	13,19 a
Borogran	6,69 a	10,69 a	11,91 a	11,92	13,26 a
DMS	0,36	0,63	0,55	0,60	0,48
<b>Foliar (F)</b>					
Com	6,66 a	10,59 a	11,97 a	12,04	13,25 a
Sem	6,51 a	10,28 a	11,69 a	11,83	13,18 a
DMS	0,24	0,43	0,37	0,40	0,32
<b>Teste F</b>					
P	3,31 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
F	1,73 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
P x F	2,08 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	7,06*	1,70 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	4,85	5,37	4,11	4,40	3,19
Média Geral	6,59	10,43	11,83	11,94	13,21

ns; \* - não significativo; significativo a 5% pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Porém, houve efeito significativo de interação aos 21 meses após o plantio entre as fontes de B aplicadas no plantio e aplicação ou não do micronutriente via foliar sobre o incremento em altura das árvores, cujo desdobramento se encontra na Tabela 5.

**Tabela 5** - Desdobramento da interação entre aplicação de boro no plantio e foliar, na altura de plantas aos 21 meses após o plantio. Três Lagoas/MS, 2013.

Plantio	Foliar	
	Com	Sem
Testemunha	12,38 A	11,16 b B
Ácido bórico	11,92	12,32 a
Borogran	11,82	12,02 a
DMS <sub>(P)</sub>		0,84
DMS <sub>(F)</sub>		0,69

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 5% de probabilidade

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na ausência de aplicação foliar, as fontes de B aplicadas no sulco de plantio diferiram da testemunha, ocorrendo maior crescimento em altura de plantas, entretanto, não ficou evidente diferença entre as fontes. A ausência de B tem como consequência a inibição do crescimento das plantas, em função desse elemento fazer parte da estrutura da parede celular

(EPSTEIN; BLOOM, 2006). Novelino et al. (1982), Silveira et al. (2000), Maffei, Silveira e Brito (2000) também constataram que a não aplicação de B reduziu significativamente o crescimento em altura de *Eucalyptus citriodora*. Oliveira, Moraes e Buzetti (2001), estudando o efeito da adubação NPK com a presença e ausência de B em *Eucalyptus citriodora*, verificaram que em um solo com teor médio de B, realizando duas aplicações de B com a dose de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B cada, proporcionou maior crescimento em altura de plantas somente aos 7 anos de idade.

Paula (2009), estudando fontes de diferentes solubilidades de B, verificou que a dose de  $4 \text{ kg ha}^{-1}$  de B aplicada em filete contínuo, na projeção da copa, em um solo com teor de B de  $0,21 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 10-30 cm, não diferiu na altura de *Eucalyptus urophylla* até os 20 meses de idade. Contudo, Bouchardet (2002), avaliando doses de B em clones de *Eucalyptus grandis*, verificou que a dose de  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de B proporcionou aumentos de até 48% na altura de plantas em relação à testemunha aos 12 meses de idade e de 27% aos 24 meses de idade. No presente trabalho foi constatado que aplicações de B no plantio incrementaram a altura de plantas em comparação com a testemunha, no entanto, ambas as fontes apresentaram resultados semelhantes.

Leite, Marino e Bonine (2010) avaliaram, em casa de vegetação, mudas de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* submetidos a supressão de B. Aos 120 dias de idade, houve interrupção de fornecimento de B no meio de solução, e após 30 dias de supressão do elemento, os clones de *Eucalyptus grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* apresentaram taxa de crescimento em altura de 41,4% e 37,0%, respectivamente.

As respostas à aplicação de B em eucalipto têm sido muito contrastantes. Tirloni et al. (2011) verificaram que aplicações de B, tanto no início do período de estiagem como no período das águas, não influenciaram significativamente a altura de planta de *Corymbia citriodora* até os 29 meses de idade. Barros e Novais (1996) não notaram efeito significativo da aplicação de B na altura em plantas de *Eucalyptus citriodora*, constatando até mesmo tendência de redução na altura das plantas com a aplicação do elemento. Coutinho, Bento e Vale (1995) também verificaram redução em altura de *Eucalyptus globulus* quando aplicaram doses de 4,4 a  $8,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, sendo provavelmente relacionado à fitotoxicidade do micronutriente. Pinheiro (1999) verificou que doses crescentes de B aplicadas em cobertura aos 15 meses de idade, utilizando como fonte de B o fertilizante bórax, obteve acréscimo em

altura de plantas, sendo a dose de 1,1 g/planta ideal para o máximo crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*. No presente trabalho, foi utilizada dose de 0,750 g/planta.

Com relação à aplicação foliar desse micronutriente na cultura do eucalipto, notou-se neste trabalho que, quando se tem omissão de B no plantio, houve resposta significativa em altura de plantas nos tratamentos que receberam aplicação foliar, quando comparado com os tratamentos que não receberam aplicação foliar (Tabela 5). José et al. (2009), verificando a mobilidade do B em clones de eucalipto, constataram que a aplicação foliar de B utilizando o ácido bórico pode ser uma alternativa para uma recuperação rápida de plantas com sintomas de deficiência de B, já que quando aplicado via foliar, o elemento é translocado para os demais órgãos da planta. Os autores comentam que a aplicação foliar de B pode ser uma estratégia principalmente em épocas secas, visto que em função do déficit hídrico, a absorção do elemento pela raiz ocorre com menor intensidade, porém, Dahmardeh, Mehravaran e Naderi (2011) afirmaram que serão necessários mais estudos que comprovem a eficiência da adubação foliar em florestas de eucalipto, ainda mais com B, que em virtude de sua imobilidade no floema em várias espécies, é discutível sua aplicação nas folhas (FAQUIN, 2005).

Até os 24 meses após o plantio, não houve diferença para o diâmetro à altura do peito (DAP) entre as fontes de B aplicadas no plantio, assim como efeito da aplicação foliar do elemento (Tabela 6).

**Tabela 6** - Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) do eucalipto em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013/2014.

Tratamentos	DAP (cm) nas idades avaliadas				
	12 meses	15 meses	18 meses	21 meses	24 meses
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	5,68 a	8,50 a	8,87 a	9,21 a	10,37 a
Ácido bórico	5,88 a	8,39 a	8,82 a	9,17 a	10,22 a
Borogran	5,88 a	8,61 a	8,76 a	9,12 a	10,38 a
DMS	0,31	0,32	0,34	0,62	0,44
<b>Foliar (F)</b>					
com	5,83 a	8,55 a	8,75 a	9,17 a	10,35 a
sem	5,79 a	8,45 a	8,89 a	9,16 a	10,29 a
DMS	0,21	0,21	0,23	0,42	0,29
<b>Teste F</b>					
P	1,72 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
F	0,15 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
P x F	2,54 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	3,47 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	4,78	3,28	3,42	5,95	3,75
Média Geral	5,81	8,50	8,82	9,17	10,32

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Paula (2009), estudando fontes de diferentes solubilidades de B, na dose de 4 kg ha<sup>-1</sup> de B aplicados em filete contínuo, na projeção da copa, em um solo com teor de B de 0,21 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 10-30 cm, não verificou incremento no DAP de híbridos de *Eucalyptus urophylla* até os 20 meses de idade. O mesmo autor constatou que doses de 4 kg ha<sup>-1</sup> de B, utilizando fonte de média solubilidade, promoveram acréscimos significativos no DAP, quando comparado com a testemunha. Já Barreto et al. (2007), trabalhando em casa de vegetação, obtiveram acréscimo lineares em diâmetro de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* com doses de 0; 0,135; 0,27; 0,54 mg L<sup>-1</sup> de B, utilizando-se o ácido bórico (17% de B).

De acordo com Moreira, Moraes e Castro (2006), a adubação com B utilizando fertilizantes de média solubilidade é mais eficiente do que fontes mais solúveis para a obtenção de aumento no DAP em seringueira, sendo esse fato decorrente da disponibilização mais lenta do elemento durante o desenvolvimento da cultura, e reduzindo assim o risco de fitotoxicidade. Oliveira, Moraes e Buzetti (2001), estudando o efeito da adubação NPK com a presença e ausência de B em *Eucalyptus citriodora*, verificaram que em um solo com teor de 0,3 mg dm<sup>-3</sup> de B, realizando duas aplicações de B com a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B cada, houve incremento no DAP dos 5 aos 8 anos de idade das árvores, entretanto, aos 13 anos de idade

não obtiveram diferença entre árvores que receberam aplicação de B com aquelas que não receberam aplicação. Tirloni et al. (2011) relataram que aplicações de B no solo, tanto no início do período de estiagem como no período das águas, não influenciaram significativamente o DAP de *Corymbia citriodora* até os 29 meses de idade. No presente trabalho, também não ficou evidente o aumento no DAP das árvores até os 24 meses após o plantio.

Com relação ao volume de madeira com casca ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), não houve diferença entre a testemunha e as fontes de B aplicadas no plantio, assim como a aplicação ou não de B via foliar (Tabela 7).

**Tabela 7** - Valores de volume de madeira com casca de eucalipto em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013/2014.

Tratamentos	Volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) nas idades avaliadas				
	12 meses	15 meses	18 meses	21 meses	24 meses
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	10,8 a	38,66 a	48,20 a	52,66 a	74,57 a
Ácido bórico	12,2 a	38,48 a	48,55 a	53,95 a	72,35 a
Borogran	12,2 a	41,64 a	48,06 a	52,38 a	74,91 a
DMS	1,50	4,39	5,48	9,25	8,27
<b>Foliar (F)</b>					
com	11,9 a	39,71 a	48,09 a	53,67 a	74,54 a
sem	11,5 a	39,47 a	48,44 a	52,32 a	73,35 a
DMS	1,00	2,96	3,69	6,23	5,56
<b>Teste F</b>					
P	3,31 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
F	0,72 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
P x F	2,84 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	4,33 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	11,48	9,80	10,03	15,42	9,88
<b>Média Geral</b>	11,7	39,59	48,27	53,00	73,94

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Barros et al. (1982) verificaram que aplicações de 1,0 a 1,5 g de B/planta promoveram ganhos em volume de madeira na ordem de 32% em relação à aplicação de NPK sem B. Pinheiro (1999) observou que doses crescentes de B aplicadas em cobertura, aos 15 meses de idade, do *Eucalyptus camaldulensis*, utilizando como fonte de B o fertilizante bórax, houve ajuste linear crescente em volume de madeira até a dose de 4,4 g de B/planta. Fonseca et al. (1990) também constataram ganhos em volume na ordem de 25% em relação à testemunha,

nos tratamentos submetidos à dose de 1,0 g de B/planta em *Eucalyptus camaldulensis*, utilizando fertilizante de baixa solubilidade.

Paula (2009), estudando fontes de diferentes solubilidades de B e formas de aplicação de B, em um solo com teor de B de  $0,21 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 10-30 cm, não verificou incremento no volume de madeira do híbridos de *Eucalyptus urophylla* até os 20 meses de idade. Já Oliveira, Moraes e Buzetti (2001), verificando o efeito da adubação NPK com a presença e ausência de B em *Eucalyptus citriodora*, em solo com teor de  $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$  de B, realizando duas aplicações de B com a dose de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B cada, resultou no aumento de volume de madeira dos 5 aos 8 anos de idade. Porém, o volume de madeira aos 13 anos de idade não diferiu das árvores que não receberam aplicação desse micronutriente, comprovando que embora o B tenha proporcionado um crescimento maior nos primeiros anos, houve recuperação das árvores que não receberam aplicação desse micronutriente. A possível explicação é o fato da ciclagem de nutrientes interferir na disponibilidade do elemento no solo, e assim, ter contribuído para que árvores na ausência de B iguala-se em termos de volume. Neste trabalho, tais resultados não se afirmaram até os 24 meses após o plantio, pois não foi verificado incremento no volume de madeira nos tratamentos que receberam aplicação de B, assim como a aplicação foliar do micronutriente.

Bouchardet (2002) verificou que existe diferença em clones de *Eucalyptus grandis* quanto à resposta a aplicação de B, sendo assim, uma possível explicação para não se encontrar diferença no volume de madeira até os 24 meses após o plantio, pode ser em função do clone I144 necessitar de doses maiores que a aplicada, para assim expressar seu potencial genético. Doses de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, para alguns autores, já é uma dose considerada baixa para solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica, e então para a área em estudo seria interessante efetuar a calibração de B, com a finalidade de se obter uma recomendação específica para o material genético estudado nas condições edafoclimáticas presentes.

#### 4.2 QUALIDADE DO FUSTE

Aos 24 meses após o plantio, as fontes de B aplicadas no sulco de plantio na dose de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, foram suficientes para diminuir significativamente a porcentagem de plantas com bifurcações na ordem 12% e 14% para aplicações de ácido bórico e borogran, respectivamente, quando comparadas com a testemunha (Tabela 8) (Figura 3).

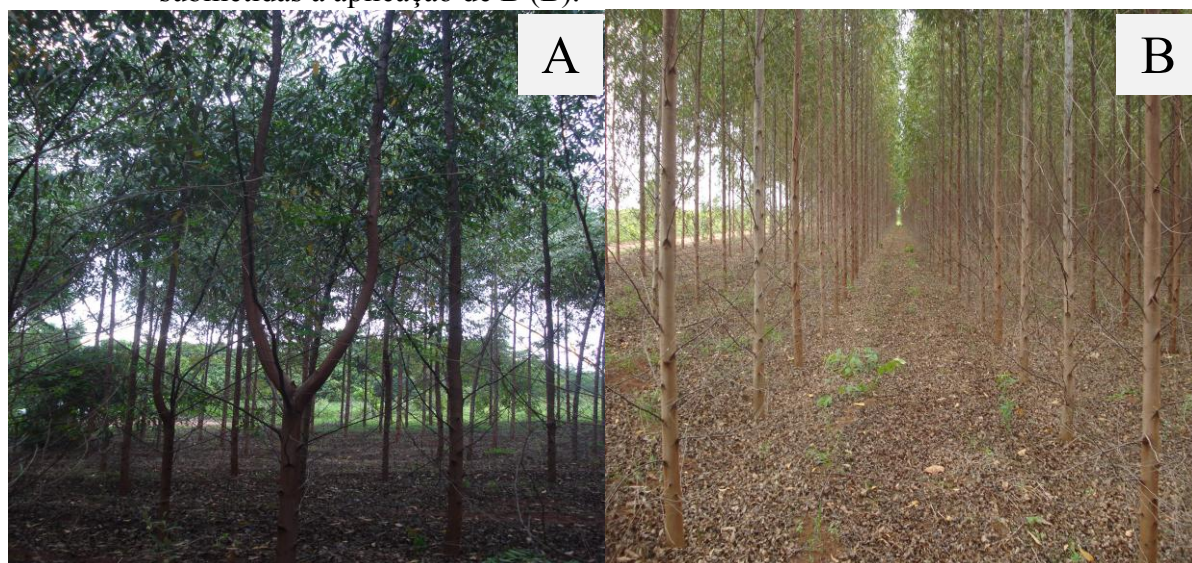
**Tabela 8** – Qualidade do fuste aos 24 meses após o plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.

Tratamentos	% de árvores bifurcadas
<b>Plantio (P)</b>	
Testemunha	22,51
Ácido bórico	10,00
Borogran	8,31
DMS	11,88
<b>Foliar (F)</b>	
Com	6,41
Sem	20,83
DMS	8,00
<b>Teste F</b>	
P	5,45*
F	14,17**
P x F	7,22**
C.V. (%)	31,47
Média Geral	13,62

\*; \*\* - não significativo; significativo a 5 e 1% pelo teste F.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

**Figura 3** - Clone I144 aos 24 meses de idade em parcelas sem aplicação de B (A) e parcelas submetidas a aplicação de B (B).



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Maffeis, Silveira e Brito (2000) também verificaram, em experimentos com *Eucalyptus citriodora*, que a ausência de B, provocou nas plantas a morte da gema apical, com posteriores brotações das gemas axilares. No presente trabalho, foi verificada correlação negativa ( $r = -0,70^*$ ) entre o teor de B, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, e a porcentagem de bifurcação do clone I144.

Com relação às duas aplicações foliares realizadas aos quatro e dez meses após o plantio, houve redução significativa de 14% na bifurcação das árvores (Tabela 8). José et al. (2009) constataram que a aplicação foliar de B em eucaliptos, utilizando como fonte o ácido bórico, pode ser uma alternativa para uma recuperação rápida de plantas com sintomas de deficiência de B. Foi verificado efeito significativo de interação aos 24 meses após o plantio entre as fontes de B aplicadas no plantio e aplicação ou não do micronutriente via foliar sobre a porcentagem de árvores bifurcadas, cujo desdobramento consta na Tabela 9.

**Tabela 9** - Desdobramento da interação entre aplicação de boro no plantio e foliar, na porcentagem de árvores bifurcadas aos 24 meses após o plantio. Três Lagoas/MS, 2014.

Plantio	Foliar	
	Com	Sem
Testemunha	5,02 B	40,00 a A
Ácido bórico	8,34	11,66 b
Borogran	5,86	10,82 b
DMS <sub>(P)</sub>		16,79
DMS <sub>(F)</sub>		13,84

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas colunas e maiúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey para um nível de 1% de probabilidade

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na ausência de aplicação foliar, as fontes de B aplicadas no plantio garantiram diminuição significativa de árvores bifurcadas quando comparadas com a testemunha. Redução esta na ordem de 28% e 29% para o ácido bórico e borogran, respectivamente. Paula (2009), estudando fontes de diferentes solubilidades de B, verificou que na dose de 4 kg ha<sup>-1</sup> de B aplicada em filete contínuo, na projeção da copa, em um solo com teor médio de B, a aplicação de ácido bórico foi mais eficiente na prevenção de sintomas de deficiência de B quando comparada com fonte menos solúvel. O mesmo autor cita que, com o uso de fonte mais solúvel, as exigências de B no período chuvoso e de intenso crescimento vegetativo, são prontamente satisfeitas. No presente trabalho, não foi verificada diferença entre as fontes.

Quando se tem omissão de B no plantio, as duas aplicações foliares de B foram suficientes para diminuir a porcentagem de árvores com sintomas de deficiência de B, tendo redução de 35% de árvores bifurcadas, quando comparado com os tratamentos que não receberam aplicação foliar do elemento. Houve correlação negativa ( $r = -0,85^{**}$ ) entre a concentração foliar de B e a porcentagem de bifurcação em árvores. Sgarbi et al. (1999) constataram, em clone de *E. grandis* x *E. urophylla* redução de 35% na incidência de seca do

ponteiro em solos arenosos e de 45% em solos argilosos com aplicação de 2,2 kg ha<sup>-1</sup> de B na região de Três Marias-MG, local onde se caracteriza por apresentar longos períodos de déficit hídrico durante o ano.

#### 4.3 TEORES DOS NUTRIENTES NO SOLO

As fontes de B aplicadas no sulco de plantio, assim como aplicação no micronutriente via foliar, não proporcionaram efeito significativo no teor de matéria orgânica e nos teores de macronutrientes na camada de 0 a 20 cm de profundidade, na linha de plantio (Tabela 10).

**Tabela 10** - Teores de matéria orgânica e macronutrientes no solo na camada de 0-20 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.

Tratamentos	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca	Mg	S mg dm <sup>-3</sup>
<b>Plantio (P)</b>						
Testemunha	11,83 a	24,50 a	0,37 a	3,83 a	1,67 a	1,50 a
Ácido bórico	11,67 a	19,00 a	0,35 a	3,33 a	1,33 a	1,50 a
Borogran	11,33 a	12,00 a	0,37 a	3,33 a	1,50 a	1,33 a
DMS	1,41	19,22	0,23	1,26	1,16	0,85
<b>Foliar (F)</b>						
com	11,56 a	20,22 a	0,31 a	3,44 a	1,44 a	1,33 a
sem	11,67 a	16,78 a	0,41 a	3,56 a	1,56 a	1,56 a
DMS	0,93	12,74	0,15	0,84	0,77	0,56
<b>Teste F</b>						
P	0,49 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
F	0,07 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>
P x F	1,76 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	7,65	28,24	39,70	22,74	14,36	10,55
Média Geral	11,61	18,50	0,36	3,50	1,50	1,44

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Após 24 meses de plantio, constatou-se incremento no teor de matéria orgânica, na camada de 0 a 20 cm, quando comparada com a análise química antes da instalação do experimento, sendo esse incremento possivelmente devido à deposição do folhedo sobre a superfície (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000).

Com relação aos teores de macronutrientes no solo, na camada de 0 a 20 cm, de acordo com o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997), tem-se teores muito altos de P; teor

muito baixo de K; teor médio para baixo de Ca; baixo teor de Mg e baixo teor de S (Tabela 10).

Para os teores de micronutrientes no solo, na camada de 0 a 20 cm, não foi observada diferença entre as fontes de B aplicadas no sulco de plantio, assim como a aplicação foliar do elemento (Tabela 11).

**Tabela 11** - Teores de micronutrientes no solo na camada de 0-20 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	0,20 a	2,90 a	43,50 a	7,97 a	2,13 a
Ácido bórico	0,20 a	2,50 a	38,83 a	6,57 a	1,38 a
Borogran	0,25 a	0,93 a	38,83 a	7,18 a	0,87 a
DMS	0,06	3,08	10,19	2,31	1,68
<b>Foliar (F)</b>					
com	0,23 a	2,48 a	40,78 a	7,23 a	1,27 a
sem	0,20 a	1,74 a	40,00 a	7,24 a	1,66 a
DMS	0,04	2,04	6,76	1,53	1,04
<b>Teste F</b>					
P	2,46 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>
F	3,18 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
P x F	0,06 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	19,05	29,48	15,93	20,18	18,95
Média Geral	0,22	2,11	40,39	7,24	1,46

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997), encontram-se teores médios de B; altos teores de Cu, Fe, Mn e Zn. Embora sejam encontradas maiores teores de B no solo em tratamentos submetidos à aplicação do fertilizante borogran, pois esse é disponibilizado de maneira gradual para a cultura e ficando assim mais tempo no solo, não foi constatada diferença entre as fontes de B e até mesmo quando comparada com a testemunha (Tabela 11). Contudo, Abreu et al. (2004), verificando a disponibilidade do B em solo arenoso, notaram que os tratamentos com fonte de B de baixa solubilidade apresentaram teores de B significativamente menores que os tratamentos com ácido bórico (alta solubilidade) para um período de incubação de dois dias, o que, segundo os autores, está

relacionado com a liberação mais lenta dessa fonte, porém aos 15 dias de incubação não verificaram diferença significativa entre as fontes.

Foi verificada correlação positiva ( $r = 0,97^{**}$ ) entre o teor de B no solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, e altura de plantas.

As fontes de B aplicadas no sulco de plantio, assim como aplicação foliar do elemento, não propiciaram resposta significativa nos teores de matéria orgânica e macronutrientes no solo presentes na camada de 20 a 40 cm de profundidade (Tabela 12).

**Tabela 12** - Teores de matéria orgânica e macronutrientes no solo na camada de 20-40 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.

Tratamentos	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	S mg dm <sup>-3</sup>
<b>Plantio (P)</b>						
Testemunha	9,17 a	23,67 a	0,17 a	2,00 a	1,05 a	2,17 a
Ácido bórico	9,00 a	20,67 a	0,15 a	2,33 a	1,02 a	2,17 a
Borogran	9,50 a	30,67 a	0,15 a	2,00 a	1,02 a	2,00 a
DMS	0,69	17,63	0,15	0,47	0,08	0,90
<b>Foliar (F)</b>						
com	9,33 a	22,88 a	0,13 a	2,11 a	1,03 a	2,22 a
sem	9,11 a	27,11 a	0,18 a	2,11 a	1,02 a	2,00 a
DMS	0,46	11,69	0,10	0,31	0,05	0,60
<b>Teste F</b>						
P	2,06 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
F	1,18 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
P x F	0,29 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	4,71	24,00	59,46	14,12	4,92	26,89
Média Geral	9,22	25,00	0,16	2,11	1,03	2,11

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Como era de se esperar, as camadas subsuperficiais apresentam menores quantidades de matéria orgânica, porém houve uma melhora nesse teor quando comparada com a análise química antes da instalação do experimento. Com relação aos teores de macronutrientes no solo, na camada de 20 a 40 cm, foi observado de acordo com o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997), que o solo apresentou teores muito alto de P; muito baixo de K; baixo teor de Ca, Mg e S (Tabela 12).

Para os teores de micronutrientes do solo, na camada de 20 a 40 cm de profundidade, houve resposta significativa para os teores de B no solo, em função da aplicação das fontes de B no plantio (Tabela 13).

**Tabela 13** - Teores de micronutrientes no solo na camada de 20-40 cm de profundidade após 24 meses do plantio, em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	0,21 b	0,52 a	27,17 a	3,55 a	0,35 a
Ácido bórico	0,23 b	0,50 a	26,00 a	3,73 a	0,43 a
Borogran	0,45 a	0,38 a	29,17 a	3,82 a	0,55 a
DMS	0,16	0,25	6,99	0,99	0,48
<b>Foliar (F)</b>					
com	0,34 a	0,49 a	27,78 a	3,44 a	0,42 a
sem	0,26 a	0,44 a	27,11 a	3,96 a	0,47 a
DMS	0,11	0,16	4,63	0,66	0,32
<b>Teste F</b>					
P	10,82*	1,30 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>
F	3,18 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	3,02 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
P x F	0,89 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	33,73	33,43	16,07	16,86	10,13
Média Geral	0,30	0,47	27,44	3,70	0,44

ns; \* - não significativo; significativo a 5% pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Foram constatados maiores teores de B quando se fez o uso do fertilizante borogran, pois este apresentando baixa solubilidade, conseqüentemente, permanece por um período maior no solo. Essa característica benéfica pode resultar em aspecto positivo para a cultura ao longo do tempo. Uma possível causa dos teores de B nos tratamentos que receberam aplicação de ácido bórico no sulco de plantio ser semelhantes aos teores de B na testemunha, é, provavelmente, devido ao fato desse fertilizante ser mais susceptível à lixiviação. Abreu et al. (2004) verificaram que as perdas por lixiviação do B proveniente do ácido bórico (alta solubilidade), foram mais rápidas do que as do B da fonte de baixa solubilidade.

De acordo com o Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997), os teores de micronutrientes, na camada de 20 a 40 cm de profundidade, apresentaram teor médio de B e Cu; teor alto de Fe; teor médio de Mn e baixo teor de Zn.

Houve correlação positiva ( $r = 0,91^{**}$ ) entre o teor de B, na camada de 20 a 40 cm de profundidade, e altura de plantas.

#### 4.4 CONCENTRAÇÕES DOS NUTRIENTES NAS FOLHAS

As fontes de B aplicadas no plantio, assim como aplicações foliares do elemento, não interferiu significativamente nas concentrações foliares de macronutrientes, aos 12 meses após o plantio, e de acordo com Dell et al. (2001) ficaram dentro da faixa considerada adequada, sendo para o N de 18 a 30 g kg<sup>-1</sup>; P de 1 a 3 g kg<sup>-1</sup>; K de 6 a 18 g kg<sup>-1</sup>; Ca de 3 a 8 g kg<sup>-1</sup>; Mg 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> e S de 1,5 a 3 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 14). Em relação às médias das concentrações foliares de macronutrientes, o clone I144 apresentou teores decrescentes da seguinte forma: N>K>Ca>Mg>P>S.

**Tabela 14** - Concentrações de macronutrientes em folhas de eucalipto aos 12 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013.

Tratamentos	g kg <sup>-1</sup>					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Plantio (P)</b>						
Testemunha	27,00 a	2,07 a	9,67 a	6,33 a	3,43 a	1,54 a
Ácido bórico	26,24 a	2,01 a	9,33 a	5,82 a	3,25 a	1,58 a
Borogran	25,75 a	1,85 a	10,33 a	5,32 a	3,09 a	1,47 a
DMS	3,60	0,51	1,80	1,19	0,63	0,31
<b>Foliar (F)</b>						
com	26,29 a	1,90 a	9,56 a	5,71 a	3,19 a	1,48 a
sem	26,37 a	2,05 a	10,00 a	5,94 a	3,32 a	1,57 a
DMS	2,39	0,34	1,19	0,79	0,42	0,21
<b>Teste F</b>						
P	0,46 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>
F	0,01 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
P x F	0,56 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	8,65	16,18	11,61	12,90	12,24	12,85
Média Geral	26,33	1,98	9,78	5,82	3,26	1,53

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Já para as concentrações foliares de micronutrientes, aos 12 meses após o plantio, tanto as fontes de B aplicadas no plantio, como também a aplicação do micronutriente via foliar, não influenciaram os teores foliares de micronutrientes (Tabela 15).

**Tabela 15** - Concentrações de micronutrientes em folhas de eucalipto aos 12 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	31,67 a	32,33 a	95,50 a	982,67 a	216,33 a
Ácido bórico	40,67 a	36,17 a	92,83 a	987,67 a	216,00 a
Borogran	38,00 a	31,83 a	92,83 a	959,83 a	213,16 a
DMS	19,29	7,86	15,38	295,93	14,37
<b>Foliar (F)</b>					
com	42,56 a	32,44 a	90,56 a	991,44 a	215,33 a
sem	31,00 a	34,44 a	96,89 a	962,00 a	215,00 a
DMS	12,79	5,22	10,20	196,28	9,53
<b>Teste F</b>					
P	0,864 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
F	4,049 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
P x F	0,954 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	33,12	14,85	10,36	19,13	4,22
Média Geral	36,7	33,44	93,72	976,72	215,17

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo Dell et al. (2001), as médias das concentrações de B, Cu e Zn estão acima da faixa considerada, e Fe e Mn se enquadram na faixa adequada, sendo para o B de 15 a 27 mg kg<sup>-1</sup>; Cu de 2 a 11 mg kg<sup>-1</sup>; Zn de 15 a 50 mg kg<sup>-1</sup>; Mn de 60 a 2300 mg kg<sup>-1</sup> e Fe de 25 a 130 mg kg<sup>-1</sup>. A possível causa das concentrações foliares de B, Cu e Zn apresentarem acima da faixa considerada adequada se deve à adubação com B, assim como aplicação de 1 kg ha<sup>-1</sup> de Cu e Zn na forma de sulfato, no plantio. Em relação às médias das concentrações foliares de micronutrientes, aos 12 meses após o plantio, o clone I144 apresentou teores decrescentes da seguinte forma: Mn>Zn>Fe>B>Cu.

As concentrações foliares de macronutrientes, aos 18 meses após o plantio, ficaram dentro da faixa considerada adequada por Dell et al. (2001), sendo para o N de 18 a 30 g kg<sup>-1</sup>; P de 1 a 3 g kg<sup>-1</sup>; K de 6 a 18 g kg<sup>-1</sup>; Ca de 3 a 8 g kg<sup>-1</sup>; Mg 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> e S de 1,5 a 3 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 16). As médias das concentrações foliares de macronutrientes, aos 18 meses após o plantio, apresentaram teores decrescentes da seguinte forma: N>K>Ca>Mg>S>P.

**Tabela 16** - Concentrações de macronutrientes em folhas de eucalipto aos 18 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
<b>Plantio (P)</b>						
Testemunha	17,94 a	1,44 a	6,33 a	5,64 a	2,25 a	1,68 a
Ácido bórico	17,47 a	1,39 a	6,00 a	5,82 a	2,18 a	1,64 a
Borogran	18,13 a	1,42 a	6,00 a	6,02 a	2,24 a	1,64 a
DMS	2,30	0,09	0,75	0,83	0,25	0,11
<b>Foliar (F)</b>						
com	17,98 a	1,39 a	6,00 a	5,57 a	2,18 a	1,63 a
sem	17,71 a	1,45 a	6,22 a	6,08 a	2,28 a	1,68 a
DMS	1,52	0,06	0,50	0,55	0,17	0,07
<b>Teste F</b>						
P	0,36 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
F	0,16 <sup>ns</sup>	3,86 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>
P x F	0,17 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	8,12	4,31	7,71	8,98	7,10	4,07
Média Geral	17,85	1,42	6,11	5,83	2,23	1,65

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As fontes de B aplicadas no plantio não influenciaram significativamente as concentrações foliares do elemento, aos 18 meses após o plantio (Tabela 17). Tais resultados estão em acordo com os obtidos por Ferrando e Zamalvide (2012), que relataram, em trabalho realizado no Uruguai, que as fontes de solubilidades diferentes aplicadas no plantio não influenciaram significativamente as concentrações foliares do elemento, ou seja, tanto as fontes de média solubilidade como a de alta solubilidade, proporcionaram boa disponibilidade para as plantas de eucalipto, pois os teores foliares se encontravam dentro da faixa considerada adequada para a espécie estudada.

No presente trabalho, as duas aplicações foliares de B, realizadas aos quatro e dez meses após o plantio, incrementaram as concentrações foliares de B e Fe aos 18 meses após o plantio. Porém, esse efeito benéfico não se traduziu em incremento na altura, DAP e volume de madeira.

**Tabela 17** - Concentrações de micronutrientes em folhas de eucalipto aos 18 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2013.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	27,16 a	38,00 a	154,17 a	690,33 a	11,50 a
Ácido bórico	28,43 a	24,83 a	150,67 a	691,33 a	7,67 a
Borogran	30,61 a	26,33 a	139,50 a	802,17 a	18,83 a
DMS	5,41	17,24	19,43	213,05	14,04
<b>Foliar (F)</b>					
com	30,89 a	33,11 a	157,11 a	688,78 a	12,33 a
sem	26,57 b	26,33 a	139,11 b	767,11 a	13,00 a
DMS	3,59	11,43	12,89	141,31	9,31
<b>Teste F</b>					
P	1,57 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>
F	7,20*	1,74 <sup>ns</sup>	9,69*	1,53 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
P x F	0,56 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	11,89	36,63	8,28	18,48	34,31
Média Geral	28,73	29,72	148,11	727,94	12,67

ns; \* - não significativo; significativo a 5% pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com Dell et al. (2001), as médias das concentrações de B, Cu e Fe estão acima da faixa considerada adequada, enquanto que o Zn se encontra com um teor abaixo da faixa recomendada, e apenas o Mn possui o teor na faixa adequada, sendo para o B de 15 a 27 mg kg<sup>-1</sup>; Cu de 2 a 11 mg kg<sup>-1</sup>; Zn de 15 a 50 mg kg<sup>-1</sup>; Mn de 60 a 2300 mg kg<sup>-1</sup> e Fe de 25 a 130 mg kg<sup>-1</sup>. As possíveis causas dos teores foliares de B, Cu e Fe apresentarem acima da faixa adequada, segundo Dell et al. (2001) se deve a aplicações de B, tanto no sulco de plantio como foliar, aplicações de Cu no sulco de plantio na forma de sulfato e o Fe a uma provável contaminação da água utilizada para a pulverização foliar de B. Com relação ao teor de Zn abaixo da faixa considerada adequada, uma provável explicação é que em função da coleta de folhas ser realizada em período mais seco, e como o mecanismo de contato íon-raiz é em sua maioria por fluxo de massa, o déficit hídrico interferiu na absorção do elemento pela planta. Em relação às médias das concentrações foliares de micronutrientes, aos 18 meses após o plantio, o clone I144 apresentou teores decrescentes da seguinte forma: Mn>Fe>Cu>B>Zn.

As fontes de B aplicadas no sulco de plantio, assim como aplicação do elemento via foliar, não influenciaram significativamente as concentrações foliares de macronutrientes, aos 24 meses após o plantio (Tabela 18).

**Tabela 18** - Concentrações de macronutrientes em folhas de eucalipto aos 24 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014

Tratamentos	g kg <sup>-1</sup>					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Plantio (P)</b>						
Testemunha	18,78 a	1,17 a	5,33 a	6,15 a	1,92 a	1,54 a
Ácido bórico	19,23 a	1,19 a	5,67 a	5,99 a	1,91 a	1,50 a
Borogran	18,85 a	1,13 a	5,33 a	5,69 a	1,79 a	1,50 a
DMS	0,64	0,13	1,38	1,07	0,33	0,11
<b>Foliar (F)</b>						
com	19,16 a	1,15 a	5,56 a	5,86 a	1,85 a	1,49 a
sem	18,75 a	1,17 a	5,33 a	6,03 a	1,90 a	1,53 a
DMS	0,43	0,09	0,91	0,71	0,22	0,07
<b>Teste F</b>						
P	2,19 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>
F	4,48 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>
P x F	6,57 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	2,91	7,07	15,97	11,41	10,96	4,49
Média Geral	18,95	1,16	5,44	5,94	1,87	1,51

ns - não significativo pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com as faixas consideradas adequadas por Dell et al. (2001), as concentrações foliares dos macronutrientes estão dentro dessa faixa, exceto para o teor foliar de K, que se encontra um pouco abaixo da faixa considerada adequada, sendo para o N de 18 a 30 g kg<sup>-1</sup>; P de 1 a 3 g kg<sup>-1</sup>; K de 6 a 18 g kg<sup>-1</sup>; Ca de 3 a 8 g kg<sup>-1</sup>; Mg 1 a 3 g kg<sup>-1</sup> e S de 1,5 a 3 g kg<sup>-1</sup>. Mesmo apresentando baixo teor de K, não foi verificado sintomas de deficiência na cultura. Em relação às médias das concentrações foliares de macronutrientes, aos 24 meses após o plantio, o clone I144 apresentou teores decrescentes da seguinte forma: N>Ca>K>Mg>S>P.

As fontes de B aplicadas no plantio influenciaram significativamente as concentrações foliares de Mn aos 24 meses após o plantio (Tabela 19). A aplicação do fertilizante borogran proporcionou maior acúmulo de Mn na folha, quando comparada com a ausência de aplicação de B, no entanto, não diferiu dos tratamentos submetidos à aplicação de ácido bórico no plantio.

As duas aplicações foliares de B influenciaram significativamente as concentrações foliares de B, aos 24 meses após o plantio, porém, este efeito não se traduziu em benefícios para as mensurações avaliadas, sendo no caso a altura, DAP e volume de madeira. No entanto,

foi verificada correlação positiva ( $r = 0,77^{**}$ ) entre a concentração foliar de B e altura de plantas.

**Tabela 19** - Concentrações de micronutrientes em folhas de eucalipto aos 24 meses após o plantio em função dos tratamentos com boro. Três Lagoas/MS, 2014.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg <sup>-1</sup>				
<b>Plantio (P)</b>					
Testemunha	31,02 a	10,33 a	176,00 a	777,50 b	9,33 a
Ácido bórico	32,24 a	8,00 a	138,17 a	792,17 ab	9,00 a
Borogran	32,72 a	7,67 a	130,67 a	934,50 a	8,00 a
DMS	7,76	4,81	89,75	151,40	1,68
<b>Foliar (F)</b>					
com	35,19 a	7,56 a	128,11 a	876,78 a	8,56 a
sem	28,79 b	9,78 a	168,44 a	792,67 a	9,00 a
DMS	5,15	3,19	59,53	100,42	1,11
<b>Teste F</b>					
P	0,19 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	4,94 <sup>*</sup>	2,57 <sup>ns</sup>
F	7,65 <sup>*</sup>	2,41 <sup>ns</sup>	2,28 <sup>ns</sup>	3,48 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
P x F	0,39 <sup>ns</sup>	6,81 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	3,17 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	15,33	35,06	38,22	11,45	12,07
Média Geral	31,99	8,67	148,28	834,72	8,78

ns; \* - não significativo; significativo a 5% pelo teste F.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com Dell et al. (2001), as médias das concentrações de B e Fe estão acima da faixa considerada adequada, enquanto que o Zn se encontra com um teor abaixo da faixa recomendada, já Mn e Cu estavam na faixa adequada, sendo para o B de 15 a 27; Cu de 2 a 11; Zn de 15 a 50; Mn de 60 a 2300 e Fe de 25 a 130 mg kg<sup>-1</sup>. Em relação às médias das concentrações foliares de micronutrientes, aos 24 meses após o plantio, o clone I144 apresentou teores decrescentes da seguinte forma: Mn>Fe>B>Zn>Cu.

## 5 CONCLUSÕES

Aos 18 e 24 meses após o plantio houve aumento na concentração foliar de B, quando da aplicação foliar. No entanto, esta não incrementou o crescimento, DAP e volume de madeira até os 24 meses após o plantio.

Aos 21 meses após o plantio, as fontes de B foram semelhantes com relação à altura de plantas. Nessa mesma época, considerando a não aplicação do nutriente no solo, houve resposta positiva da aplicação foliar sobre o crescimento em altura de plantas.

A aplicação de B no plantio, independente da fonte utilizada, assim como aplicação foliar do elemento, foram suficientes para reduzir os sintomas de deficiência de B.

Com relação as fontes utilizadas no plantio, na dose de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, ambas apresentaram resultados semelhantes nas mensurações de altura, DAP e volume de madeira. No entanto, o borogran, proporcionou maior teor de B no solo aos 24 meses após o plantio, na camada de 20 a 40 cm, o que pode ser benéfico para a cultura ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**. Brasília: ABRAF, 2013. (ano base 2012).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**. Brasília: ABRAF, 2010. (ano base 2009).

ABREU, C. A.; RAIJ, B. van. Adubação com micronutrientes. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 29 (Boletim técnico, 100).

ABREU, C. A.; RAIJ, B. van; ABREU, M. F.; GABE, U.; YASUDA, M. Reação e movimentação de boro no solo aplicado como ulexita, fritas e ácido bórico. In: Fertbio 2004, Lages. **Resumo...** da Fertbio 2004. Lages: Universidade de Lages, 2004.

BARROS, N. F. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 38-44, 1982.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. **Nutrition of the eucalypts**. Collingwood: CSIRO. p. 335-356. 1996.

BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, v. 51, n. 51, p. 12-16, 1995.

BOUCHARDET, J.A. **Crescimento, características físicas e anatômicas da madeira juvenil de dois clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em resposta à aplicação de boro**. 2002. 69 f. (Tese de Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BROWN, P. H.; BELLALOUI, N.; WIMMER, M. A.; BASSIL, E. S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFERFFER, H.; DANNEFEL, F.; ROMHELD, V. Boron in plant biology. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 4, p. 205-223, 2002

BROWN, P. H.; SHELPS, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, p. 85-101, 1997.

DANTAS, J. P. Boro. In: FERREIRA, M. E. F.; CRUZ, M. C. P. C. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p.113-130.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 407 p.

COUTINHO, J.; BENTO, J.; VALE, R. **Efeito da aplicação do boro em povoamentos de *Eucalyptus globulus* no norte e no centro de Portugal**. Trás dos Montes e Alto Doiuro:

Universidade de Trás-dos-Montes e Alto Douro, 1995. 32 p. 2º Relatório intercalar do projeto de investigação de CEDR

DAHMARDEH, M.; MEHRAVARAN, L.; NADERI, S. Eucalyptus plantlet growth in relation to foliar application with complete fertilizers in Southeast of Iran. Iran, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol. **African Journal of Biotechnology**, New York, v. 10, p. 14812-14815, 2011.

DELL, B.; MALAJCZUK, D.; XU, D.; GROVE, T. S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. 2. ed. Canberra: ACIAR, 2001. 188 p.

ELRASHIDI, M. A.; O'CONNOR, G. A. Boron sorption and desorption in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 1, p. 27-31, 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403 p

FAQUIN, V. **Nutrição lantans**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p.

FERRANDO, M. G; ZAMALVIDE, J. P. Aplicación de boro en eucalipto: comparación de fuentes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1191-1197, 2012.

FERREIRA, L. **Avaliação indireta da erodibilidade em solos com altos teores de ferro e aspectos relacionados à mineralogia e micromorfologia**. 1992. 82 f. (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Lavras, Lavras, 1992.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FONSECA, S.; MALUF, J. L. P; OLIVEIRA, A. C. Adubação de *Eucalyptus camaldulensis* com boro e zinco em solos de cerrado na região de Brasilândia-Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS, 1990. v. 3, p. 403-406.1990.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226. 2002.

GONÇALVES, J. L. M.; RAIJ, B. van.; GONÇALVES, J. C. Florestais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 247-260.

GONÇALVES, J. L. M.; VALERI, S. V. Eucalipto e pínus. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.393-417.

GUPTA, U.C. Factors affecting boron uptake by plants. In: GUPTA, U.C. (Ed.). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton, 1993. cap. 5, p. 87-104.

GUPTA, U. C.; JAME, Y. M.; CAMBELL, C. A.; LEYSHON, A. J.; NICHOLAICHUK, W. Boron toxicity and deficiency: a review. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 65, p. 381-409, 1985.

GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. v. 1, p. 13-41.

HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plants roots. In: DELL, B.; BROWN, P. H.; BELL, R. W. (Ed.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 49-58.

HU, H.; BROWN, P. H.; LABAVITCH, J. M. Species variability in boron requirements is correlated with cell wall pectin. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 47, p. 227-232, 1996.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF. **BEPP - Brasil Eucalyptus produtividade potencial**. Disponível em: <http://www.ipef.br/bepp/>. Acesso em: 11 fev. 2012.

JOSÉ, J. F. B. S.; SILVA, I. R.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, E. F.; SMYTH, T. J.; LEITE, F. P.; NUNES, F. N.; GEBRIM, F. O. Boron mobility in eucalyptus clones. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1733-1744, 2009.

LEITE, S. M. M.; MARINO, C. L.; BONINE, C. A. V. Respostas de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* à supressão de boro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 19-25, 2010.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agrônômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba, POTAFOS/CNPQ, 1991. p. 357-390.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA, 1999. 58 p. (Boletim técnico, 8).

LOPES, A. S.; SOUZA, E. C. A. Filosofias e eficiência da aplicação. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, FAPESP/PATAFOS, 2001. p. 268.

MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 57, p. 87-98, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutritional of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1986. 681 p.

MARTINS, L. F. S.; POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R. F.; GUEDES, M. C.; GONÇALVES, J. L. M. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescentes de biossólido. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 207-218, 2004.

MATTIELLO, E. M.; RUIZ, H. A.; SILVA, I. R.; GUERRA, P. C.; ANDRADE, V. M. Características fisiológicas e crescimento de clones de eucalipto em resposta ao boro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 821-830, 2009.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 1431-1436, 2002.

MORAES M. F.; SANTOS, M. G.; BERMÚDEZ-ZAMBRANO, O. D.; MALAVOLTA, M.; RAPOSO, R. W. C.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Resposta do arroz em casa de vegetação a fontes de micronutrientes de diferentes granulometria e solubilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 6, 2004. Notas científicas.

MOREIRA, A.; MORAES, V. H. F.; CASTRO, C. Fontes e doses de boro em porta-enxertos de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 8, p. 1291-1298, 2006.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, p.133-189. 1990.

NOVELINO, J. O.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; MUNIZ, A. S. Efeito de níveis em solução nutritiva no crescimento de mudas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, p. 45-51. 1982.

OLIVEIRA, S. A; MORAES, M. L. T; BUZZETTI, S. Efeito da adubação NPK com e sem boro no crescimento de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 115-120, 2001.

PAULA, T. A. **Doses, fontes e formas de aplicação de boro em floresta de eucalipto**. 2009. 66 f. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.

PAVAN, B. E. **Crescimento de clones de eucalipto submetidos a diferentes regimes hídricos em casa de vegetação**. 2003. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

PINHEIRO, A.L. **Reflexos da fertilização mineral de boro na estrutura anatômica, no crescimento e na seca-de-ponteiro de *Eucalyptus citriodora* Hook e *Eucalyptus camaldulensis* Dehn no Cerrado de Minas Gerais**. Curitiba, 191 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 287-308.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. T. Fruteiras tropicais. In: FERREIRA, M. E. et. al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 459-492.

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

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico 100).

REGUERA, M.; ESPI, A.; BOLANOS, L.; BONILLA, I.; REDONDO NIETO, M. Endoreduplication before cell differentiation fails in boron-deficient legume nodules. Is boron involved in signalling during cell cycle regulation?. **New Phytologist**, Cambridge, v. 183, n. 1, p. 8-12, 2009.

REZENDE, J. B.; PEREIRA, J. R.; BOTELHO, D. O. Expansão da cultura do eucalipto nos municípios mineiros e gestão territorial. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 1-7. 2013

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004.

RODRIGUES, F. A. V.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; ALVAREZ V.; VÍCTOR, H.; NOVAIS, R. F. Disponibilidade de cobre para mudas de eucalipto em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1923-1932, 2010.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 325-331, 2003.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N.; CAMARGO, M. A. F. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 56, p. 69-82, 1999.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; POMPERMAYER, P. N. **Monitoramento nutricional na siderúrgica** Barra Mansa: [S.n.], 1988. 92 p. Relatório de pesquisa e assessoria.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; PAULA, T. A. BOUCHARDET, J. A.; VALLE, C. F.; BONINE, C. A. V. **Exigência nutricional de clones de Eucalyptus em relação a boro**. Luís Antonio: [S.n.], 2002. 26 p. Relatório de pesquisa da Votorantim Celulose e Papel.

SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N.; SGARBI, F.; CAMARGO, M. A. F.; MOREIRA, A. Crescimento e estado nutricional de brotações de *Eucalyptus citriodora* sob doses de boro em solução nutritiva. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 53-67, 2000.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja doutor do seu eucalipto. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 93, 23 p. 2001.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; TAKAHASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 108-117, 2002.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; HIGASHI, E. N. Crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em condições de viveiro e de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 368-373, 2004.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R. O boro na cultura do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.

TIRLONI, C.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CARDUCCI, C. E.; HEID, D. M. Crescimento de *Corymbia citriodora* sob aplicação de boro nas épocas secas e chuvosas no Mato Grosso do Sul, Brasil. **Silva Lusitana**, Oeiras, v. 19, n 2, p. 185-194, 2011.

VANDERLEI, J. C.; FAQUIN, V.; GUEDES, G. A. A.; CURI, N. Boro em materiais de três solos do município de Lavras, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 12, p. 1421-9, 1988.

VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS/CNPQ, 1991. p. 391-412.