



**DESENVOLVIMENTO DE COPO-DE-LEITE
SOB DOSES DE BORO EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA**

ROSEANE RODRIGUES DE SOUZA

2009

ROSEANE RODRIGUES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE COPO-DE-LEITE SOB DOSES DE BORO
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora:
Prof.^a. Dr.^a. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

UFLA - BC
CLAS.: T 635.93464
SOV
des
REGISTRO: 240859
DATA: 29 / 04 / 2009
ACERVO: 68123

Lavras
Minas Gerais – Brasil
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Souza, Roseane Rodrigues de.

**Desenvolvimento de copo-de-leite sob doses de boro em solução
nutritiva / Roseane Rodrigues de Souza. – Lavras : UFLA, 2009.**

66 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Bibliografia.

**1. Copo-de-leite. 2. Floricultura. 3. Nutrição mineral. 4. Boro. 5.
Desenvolvimento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.**

CDD – 635.93464891


ROSEANE RODRIGUES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE COPO-DE-LEITE SOB DOSES DE BORO
EM SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2009

Prof. ^a . Dr. ^a . Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Pesq. Dr. ^a . Elka Fabiana Aparecida Almeida	EPAMIG
Prof. Dr. Paulo Roberto Corrêa Landgraf	UNIFENAS


Prof.^a. Dr.^a. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus, por me fortalecer com sua presença em todos os momentos.

OFEREÇO

*À minha família, pelo amor compartilhado.
Aos meus amigos, pelas experiências trocadas.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar com o presente da vida e pelas oportunidades de crescimento.

A Nossa Senhora Aparecida, por interceder em minha vida.

À minha família, pelo amor, carinho, apoio e proteção.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, pela orientação, ensinamentos e confiança.

À professora Janice Guedes de Carvalho, pelos ensinamentos, co-orientação e apoio.

Ao Departamento de Ciência do Solo, por ceder o laboratório e a casa de vegetação para instalação e condução do experimento.

Ao professor Carlos Maurício Paglis, pela realização das análises de crescimento do sistema radicular das plantas.

Ao graduando em Agronomia, Fábio Sakima Serrano, pelo auxílio nas digitalizações dos sistemas radiculares.

À graduanda em Agronomia, Juliana Caldeira Victor Barbosa, pela ajuda na condução do experimento.

Ao laboratorista Adalberto Ribeiro, pela realização das análises químicas.

Ao professor Paulo Roberto Corrêa Landgraf e à pesquisadora Elka Fabiana Aparecida Almeida, pela disponibilidade em avaliar esse trabalho.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura, pela convivência harmoniosa.

Aos amigos de graduação e pós-graduação, pelos momentos vividos e pelas experiências compartilhadas durante esses sete anos, em especial, às amigas, Priscila Pereira Botrel, Luciana Domiciano Silva Rosado, Helen Cristina de Arruda Rodrigues e Míriam Helena Alves Eugênio.

Aos amigos conquistados ao longo da minha vida, por todas as circunstâncias vividas e por fazerem a minha estrada mais florida.

A todos que de alguma forma contribuíram para a concretização desse trabalho.

Muito obrigada por tudo!

Que Deus abençoe a todos.

BIOGRAFIA

ROSEANE RODRIGUES DE SOUZA, nascida a 04 de novembro de 1983, na cidade de Lavras, estado de Minas Gerais. Coursou o ensino fundamental na Escola Municipal “Álvaro Botelho”, de 1991 a 1998 e realizou o ensino médio na Escola Estadual “Dr. João Batista Hermeto” e no Colégio Tiradentes da PMMG, de 1999 a 2001. Engenheira Agrônoma, graduada pela Universidade Federal de Lavras, em fevereiro de 2007, durante seus estudos, foi aluna de iniciação científica, sob a orientação do professor José Eduardo Brasil Pereira Pinto, de 2003 a 2007, sendo bolsista do “Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC/CNPq”, no período de agosto de 2005 a janeiro de 2007, onde desenvolveu diversos trabalhos em micropropagação, calogênsese e produção de óleo essencial em plantas medicinais. Ingressou no curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, em março de 2007, concluindo-o em fevereiro de 2009.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Características gerais de <i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng	3
2.2 Produção de copo-de-leite	4
2.3 Nutrição mineral de plantas	5
2.4 Boro como micronutriente de plantas	6
2.5 Cultivo de plantas em solução nutritiva	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Avaliação de características agronômicas	20
4.1.1 Altura das plantas	20
4.1.2 Número e dimensões das folhas	21
4.1.3 Diâmetro do rizoma e número de brotos	22
4.1.4 Análise do sistema radicular	23
4.1.4.1 Comprimento de raízes	23
4.1.4.2 Área de superfície de raízes	26
4.1.4.3 Volume de raízes	28
4.1.4.4 Densidade de comprimento radicular	30
4.1.4.5 Diâmetro médio das raízes	30
4.1.5 Características das inflorescências produzidas	32
4.2 Avaliação da matéria fresca	34
4.3 Avaliação da matéria seca	34
4.4 Teor e acúmulo de boro	36
4.5 Translocação de boro	45
4.6 Exportação de boro pelas inflorescências	47
5 CONCLUSÕES	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
7 REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS	50
ANEXOS	58

RESUMO

SOUZA, Roseane Rodrigues de. **Desenvolvimento de copo-de-leite sob doses de boro em solução nutritiva**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O boro desempenha funções importantes no desenvolvimento das plantas, como síntese e estruturação da parede celular, lignificação, metabolismo e transporte de carboidratos, além de participar na divisão e diferenciação celular em tecidos meristemáticos. O copo-de-leite destaca-se entre as flores de corte utilizadas para ornamentação, devido a sua versatilidade para confecção de arranjos florais. Além das flores, as folhas também são usadas em arranjos e as plantas podem ser utilizadas na composição de jardins. No entanto, a exigência nutricional para seu cultivo ainda é pouco conhecida. Assim, este trabalho foi realizado com objetivo de avaliar os efeitos de diferentes doses de boro no crescimento e desenvolvimento, teor e acúmulo de boro em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva. Mudanças micropropagadas de copo-de-leite foram submetidas a seis tratamentos, que consistiram nas doses de 0,05; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 2,00 mg.L⁻¹ de boro, na forma de ácido bórico, em solução nutritiva de Hoagland & Arnon diluída a 30% de sua força iônica. O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso, com dez repetições por tratamento. As plantas foram avaliadas quanto às características de crescimento da parte aérea e do sistema radicular, produção de inflorescências, teor e acúmulo de boro em todos os órgãos da planta. As plantas desenvolvidas nas doses de 0,05 a 2,00 mg.L⁻¹ de boro em solução nutritiva não manifestaram sintomas visuais de deficiência ou de toxidez desse nutriente nas folhas e nem nas inflorescências. O sistema radicular das plantas cultivadas na dose de 0,05 mg.L⁻¹ de boro apresentou-se com o crescimento reduzido. A melhor dose para o desenvolvimento adequado de plantas de copo-de-leite em solução nutritiva é de 1,20 mg.L⁻¹ de boro.

Palavras-chave: *Zantedeschia aethiopica*, micronutrientes, flor de corte.

* Comitê de orientação: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva (Orientadora), Janice Guedes de Carvalho (Co-orientadora).

ABSTRACT

SOUZA, Roseane Rodrigues de. **Development of calla lily under boron doses in nutrient solution.** 2009. 66 p. Dissertation (Master in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

Boron has essential functions in plants development such as cell wall synthesis and structuralization, lignification, carbohydrates metabolism and transport, besides this element participates in cell division and differentiation in meristematic tissues. Calla lily stands out among cut flowers used for ornamentation, because it is very versatile for floral arrangements. In addition to the flowers, leaves are also used in arrangements and plants can be used in garden compositions. However, nutritional exigency for this cultivation is still poorly known. Thus, this work was carried out with the purpose of evaluating the effects of different boron doses on growth and development, content and accumulation of boron in calla lily plants grown in nutrient solution. Micropropagated seedlings of calla lily were submitted to six treatments, which consisted in doses of 0.05; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 and 2.00 mg.L⁻¹ of boron as boric acid form in Hoagland & Arnon nutrient solution diluted to 30% of its ionic force. The experimental design utilized was completely randomized, with ten replicates per treatment. Plants were evaluated as to growth characteristics of aerial part and root system, inflorescence production, boron content and accumulation in all organs of the plant. Plants developed on 0.05 to 2.00 mg.L⁻¹ boron in nutrient solution showed no visual deficiency or toxicity symptoms in leaves and neither in inflorescences. Root system of plants cultivated in 0.05 mg.L⁻¹ boron showed reduced growth. The best development of calla lily plants was observed in 1.20 mg.L⁻¹ of boron in nutrient solution.

Key words: *Zantedeschia aethiopica*, micronutrients, cut flower.

* Guidance Committee: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva (Advisor), Janice Guedes de Carvalho (Co-adviser).

1 INTRODUÇÃO

A floricultura no Brasil insere-se em um novo contexto cultural e socioeconômico, devido a valores relacionados à melhoria em qualidade de vida e bem estar da população. Desse modo, a valorização e o consumo de flores e plantas ornamentais são crescentes, sendo que esses produtos são utilizados tanto para a ornamentação interna de residências e locais públicos quanto para a jardinagem e paisagismo de áreas externas públicas ou privadas (Rezende, 2005).

Como atividade produtiva, a floricultura é dividida nos segmentos de cultivo de plantas ornamentais, flores e folhagens de corte, plantas envasadas com ou sem flores, produção de sementes, bulbos, palmeiras, arbustos, mudas arbóreas e demais espécies vegetais utilizadas em jardins (Landgraf & Paiva, 2008).

O segmento de produção de flores de corte é caracterizado pelo cultivo intensivo em uma determinada área agrícola, onde há a possibilidade de se obter uma boa lucratividade econômica, podendo essa ser uma ótima alternativa para pequenos produtores (Almeida, 2007).

Entre as flores de corte utilizadas para ornamentação, o copo-de-leite tem se destacado, sendo uma flor muito valorizada, principalmente para arranjos florais. Além da flor, as folhas também são usadas para a confecção de arranjos e a planta pode ser utilizada na composição de jardins (Almeida & Paiva, 2004).

As recomendações de manejo da nutrição e adubação para várias culturas florícolas, dentre essas a de copo-de-leite, ainda são bastante escassas, sendo que essa insuficiência de informações induz ao uso inadequado de fertilizantes, resultando na aplicação em quantidades elevadas ou reduzidas desses, o que compromete o bom desenvolvimento da planta, impedindo que essa expresse o seu potencial produtivo (Silberbush & Lieth, 2004).

Os nutrientes essenciais devem estar prontamente disponíveis para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que esses elementos possuem funções indispensáveis para que a planta complete seu ciclo vital. Os nutrientes podem ter funções estruturais e também constituir enzimas ou ativadores enzimáticos (Bastos & Carvalho, 2002; Faquin, 2005). O fornecimento de nutrientes na solução nutritiva pode aumentar a absorção desses, pois proporciona uma concentração constante de nutrientes durante todo o período de cultivo da planta (Barbosa et al., 1999).

Dentre os nutrientes exigidos, o boro está envolvido em vários processos biológicos da planta, tais como absorção iônica, transporte e metabolismo de carboidratos, sínteses de lignina, ácidos nucleicos e proteínas, além de participar na divisão e diferenciação celular em tecidos meristemáticos. A participação do boro é essencial no desenvolvimento celular da planta, influenciando as propriedades físicas, estruturais e a diferenciação da parede celular (Manfredini, 2008).

Em estudo realizado por Almeida (2007), foi observado que o boro é um dos nutrientes mais exigidos pelo copo-de-leite. De acordo com a autora, as plantas cultivadas na ausência de boro manifestaram sintomas típicos de deficiência desse micronutriente, resultando na morte da gema apical e podridão interna dos rizomas.

Assim, a realização deste trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de boro no crescimento e desenvolvimento, teor e acúmulo de boro em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características gerais de *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng

O copo-de-leite, *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng é uma planta originária da África do Sul e pertencente à família Araceae. Essa espécie vegetal, em seu habitat natural, desenvolve-se em terrenos úmidos e margens de rios e lagos. É uma planta monocotiledônea, herbácea, entouceirante, rizomatosa, com crescimento em altura entre 0,60 e 1,00 m, possuindo folhas verde-escuras, cordiformes-sagitadas e de aspecto brilhante (Lorenzi & Souza, 2001). A inflorescência é do tipo espádice, de cor amarela, protegida por uma bráctea, denominada espata, de coloração branca. A espádice é constituída de flores masculinas na parte superior e de flores femininas na parte inferior (Salinger, 1991).

A planta de copo-de-leite pode ser propagada via semente, divisão de touceira e/ou rizoma ou por micropropagação. A propagação por sementes não é recomendável quando se necessita obter mudas uniformes (Salinger, 1991). A propagação por divisão de touceiras e/ou rizomas também não forma mudas uniformes, mas é uma opção para os pequenos produtores. As mudas produzidas por cultura de tecidos, por serem clones da planta-mãe, são mais uniformes, sendo essa propagação a mais recomendada, além das mudas serem livres de patógenos, garantindo assim um melhor resultado na formação e produção da cultura (Almeida & Paiva, 2005).

Regiões com temperaturas médias entre 16 e 22 °C são mais favoráveis para o desenvolvimento do copo-de-leite, porém, essa espécie vegetal suporta temperaturas de até 4°C (Salinger, 1991).

A temperatura influencia no florescimento do copo-de-leite. A indução do florescimento ocorre em temperaturas mais amenas e a redução ou interrupção do florescimento ocorre em temperaturas elevadas. Desse modo, a

produção de copo-de-leite é mais explorada em regiões de temperaturas mais amenas (Tija, 1989).

2.2 Produção de copo-de-leite

O copo-de-leite é uma cultura perene e dessa forma, o solo para a sua implantação deve ser bem drenado, garantindo assim uma produção eficaz por um longo tempo. A realização da análise de solo é de grande importância para a correção do pH, sendo o pH próximo de 6,0 o mais adequado para o desenvolvimento da cultura (Salinger, 1991).

A adubação com fertilizante básico formulado com NPK 10:10:10, na quantidade de 250 kg/1000 m², é recomendada para o cultivo de copo-de-leite, sendo essa adubação realizada no plantio, incorporando-a ao solo (Salinger, 1991). A adubação orgânica também é indicada para o copo-de-leite, sendo recomendada a aplicação no plantio de 20 L de esterco de curral curtido por m² (Almeida & Paiva, 2004). As recomendações para um manejo adequado da adubação na cultura do copo-de-leite ainda são bastante escassas, necessitando da realização de pesquisas voltadas para a obtenção de informações mais apuradas (Almeida & Paiva, 2005).

O cultivo adequado do copo-de-leite requer áreas bem drenadas, com irrigação controlada e constante, a fim de manter a umidade apropriada para o bom desenvolvimento das plantas. As áreas que constantemente ficam encharcadas, como por exemplo, áreas de várzea, não são apropriadas para a cultura de copo-de-leite, pois nessas, o controle de doenças, em especial a podridão mole, causada pela bactéria *Pectobacterium carotovorum*, é dificultado. O sistema de irrigação mais adequado para o cultivo comercial de copo-de-leite é o por gotejamento, pois nesse sistema, a irrigação é feita somente no solo, evitando-se o acúmulo de umidade nas folhas e inflorescências (Almeida & Paiva, 2005).

A colheita da inflorescência de copo-de-leite é feita quando a espata estiver totalmente expandida, com a ponta ainda virada para cima e sem a presença de pólen (Nowak & Rudnicki, 1990; Salinger, 1991). As inflorescências devem ser colhidas puxando-se a haste floral com cuidado para não causar injúrias à planta (Salinger, 1991). A inflorescência de copo-de-leite é muito sensível, assim, se não for possível o armazenamento em câmara fria, essa deve ser colhida e comercializada em seguida (Almeida & Paiva, 2004).

2.3 Nutrição mineral de plantas

As plantas necessitam de vários fatores para o seu crescimento e desenvolvimento, como luminosidade, temperatura, CO₂, água e nutrientes. As plantas absorvem os nutrientes de forma diferenciada, conforme os estádios fenológicos, condições climáticas e de manejo, meio de cultivo e idade da planta. Assim, para que a produção de uma cultura seja rentável é imprescindível o adequado manejo nutricional (Marschner, 1995).

Para a realização de um correto manejo da nutrição mineral, é necessário se ter um diagnóstico do estado nutricional da planta, o qual possibilita conhecer e avaliar suas condições nutricionais. As informações sobre os teores de nutrientes que uma determinada espécie vegetal pode conter em seus órgãos são muito importantes para o manejo nutricional adequado para cada cultura, levando em consideração os diferentes estádios de desenvolvimento da planta (Backes et al., 2008). Os órgãos da planta respondem a variações na concentração de nutrientes no substrato de formas diversas, fato importante para a realização da diagnose nutricional de plantas (Fontes, 2001).

Os elementos químicos para serem considerados essenciais para a sobrevivência da planta precisam satisfazer aos critérios de essencialidade, que são: o elemento é constituinte de compostos estruturais ou metabólicos das plantas; ou que a planta demonstra anomalias em seu desenvolvimento ou na

fase reprodutiva na ausência ou redução drástica da disponibilidade do elemento (Epstein & Bloom, 2006).

Os elementos com funções essenciais no metabolismo vegetal são classificados em macronutrientes, grupo no qual estão o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; e micronutrientes, grupo composto por boro, cloro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, selênio e zinco. Essa classificação baseia-se na concentração do elemento na planta, de acordo com o requerido para o crescimento, desenvolvimento e reprodução adequados (Marschner, 1995; Mengel & Kirkby, 2001; Epstein & Bloom, 2006; Malavolta, 2006).

2.4 Boro como micronutriente de plantas

O boro está envolvido em muitos dos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas, como a síntese e estruturação da parede celular, lignificação, metabolismo e transporte de carboidratos, metabolismo de ácido indolacético (AIA), metabolismo fenólico, metabolismo de RNA, metabolismo de ascorbato, respiração, divisão celular, germinação de grãos de pólen e crescimento do tubo polínico. Alguns nutrientes, como potássio e fósforo, têm o transporte pela membrana inibido na ausência de boro (Ribeiro & Braga, 1974; Gupta, 1979; Marschner, 1995; Power & Woods, 1997; Cakmak & Römheld, 1997; Malavolta, 2006).

Esse micronutriente exerce uma importante função no desenvolvimento, alongação celular e integridade da parede celular das plantas, sendo que mais de 95% do boro celular foi encontrado na parede celular em associação com pectinas (Hu et al., 1997; Power & Woods, 1997). O boro também possui a função de manutenção da integridade da membrana plasmática, por causa da sua capacidade de ligação com componentes de configuração cis-diol, como as glicoproteínas e os glicolipídios (Cakmak & Römheld, 1997).

O ácido bórico é a principal forma de boro absorvida pelas raízes (Furlani, 2004). A absorção de boro é influenciada por diversos fatores, como pH, textura do solo, umidade relativa, temperatura, teor de matéria orgânica no solo, mineralogia da argila, intensidade luminosa e taxa de transpiração (Brown, 1976; Hu & Brown, 1997; Rerkasem & Jamjob, 1997). Entre esses fatores, o que mais interfere na absorção de boro é a taxa de transpiração. Com o aumento da transpiração pela planta ocorre também o aumento na absorção desse micronutriente, sendo que a transpiração é influenciada pela umidade relativa, temperatura e intensidade luminosa. O processo de absorção de boro pelas plantas é de forma passiva, não-metabólica, que depende da concentração externa de ácido bórico, da permeabilidade da membrana, da formação de complexos no interior da célula e da taxa de transpiração (Hu & Brown, 1997).

No trabalho realizado por Marchetti et al. (2001), em que foram avaliadas duas fontes de boro (ácido bórico e bórax) e diferentes níveis do nutriente no cultivo de girassol em vaso com substrato areia, foi constatado que o maior rendimento em matéria seca foi obtido com a adição de $1,0 \text{ mg.dm}^{-3}$ de boro no substrato, sendo a fonte bórax mais eficiente para o fornecimento do nutriente.

O atraso no desenvolvimento do sistema radicular de plantas cultivadas com omissão de boro está relacionado a alterações na síntese de DNA e redução no conteúdo de RNA e, como consequência, ocorre a diminuição no conteúdo de proteína e acréscimo na atividade da RNAase (Chapman & Jackson, 1974; Krueger et al., 1987).

Estudando as alterações anatômicas em ápices radiculares de feijoeiro submetido a diferentes níveis de boro em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), Moraes-Dallaqua et al. (2000) verificaram que a omissão desse micronutriente provocou inibição da divisão e alongamento celular, hipertrofia de células, desorganização de elementos vasculares em raiz, o que impediu a

planta de completar o seu ciclo, morrendo por volta do 55º dia após o transplântio.

Em condições severas de deficiência de boro, a planta tem o crescimento do ramo principal interrompido, em que pode ocorrer a morte da gema apical, os internódios ficam mais curtos, causando o superbrotamento em nós e, como consequência, as plantas ficam com o porte reduzido, muito ramificadas e improdutivas, mas com a folhagem persistente (Silva et al., 1979). Os sintomas de toxidez de boro nas plantas manifestam-se com cloroses marginais e pontos cloróticos, que são agravados a partir das bordas do limbo foliar, região onde estão concentrados altos teores desse nutriente. Podem ocorrer também necrose e desfolhamento, em caso de toxidez mais severa (Papadakis et al., 2004).

Ao estudar os sintomas visuais de deficiência de macro e micronutrientes em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), a 30% da força iônica, com omissão individual de nutrientes, Almeida (2007), relatou sintomas característicos de deficiência de boro. No início, as folhas apresentaram-se mais espessas e de tonalidade mais escura. Com o tempo, as plantas reduziram o crescimento e as folhas mais novas não se expandiram totalmente, ocorrendo nessas manchas cloróticas. A morte da gema apical manifestou-se aos 107 dias de cultivo, paralisando o crescimento da planta. Essa autora observou também a formação de raízes curtas, finas e em menor volume e a ocorrência de podridão no interior dos rizomas.

Em estudos feitos com paricá (*Schizolobium amazonicum*), Lima et al. (2003), testando doses de boro em solução nutritiva de Bolle-Jones diluída 5 vezes, observaram sintomas de deficiência de boro nas folhas novas e raízes e, ainda, de toxidez nas folhas velhas. Esses autores concluíram que tanto a deficiência como o excesso de boro inibe o crescimento da planta, sendo a toxidez mais prejudicial.

As plantas dicotiledôneas são mais exigentes no suprimento de boro quando comparadas às monocotiledôneas. Desse modo, a manifestação de deficiência de boro ocorre com mais frequência em culturas de dicotiledôneas, sendo que essas requerem um cuidado maior no fornecimento desse micronutriente (Marschner, 1995). Em relação à toxidez, as plantas monocotiledôneas são mais afetadas do que as dicotiledôneas. Essa sensibilidade à toxidez de boro ocorre por causa das diferenças existentes na parede celular de monocotiledôneas e dicotiledôneas (Brown et al., 1992).

O boro não está identificado na composição de nenhum composto ou enzima de plantas, sendo sua essencialidade determinada pelo critério indireto (Malavolta, 2006). Desse modo, esse elemento químico tem a sua essencialidade questionada, devido as suas funções na fisiologia ou na bioquímica das plantas serem incertas (Epstein & Bloom, 2006).

2.5 Cultivo de plantas em solução nutritiva

A técnica da utilização de soluções nutritivas é uma importante ferramenta para a condução de estudos relacionados à nutrição mineral de plantas, como pesquisas de eficiência de absorção e utilização de nutrientes; avaliação de sintomas visuais de deficiência e de toxidez de nutrientes; estudos histológicos e morfológicos de raízes desenvolvidas em diferentes concentrações de nutrientes; interações entre nutrientes (antagonismos e sinergismos) e outros aspectos envolvidos na nutrição vegetal (Novais et al., 1991).

Cada espécie vegetal absorve os nutrientes na solução nutritiva de forma diferenciada, dependendo da concentração desses nas proximidades das raízes e do ambiente no qual a planta se desenvolve (Adams, 1994; Furlani et al., 1999). Desse modo, o conhecimento das exigências nutricionais da planta cultivada em solução nutritiva é muito importante para a formulação balanceada da solução (Franco & Prado, 2008).

Em pesquisa de nutrição mineral de plantas, diferentes soluções nutritivas já foram propostas sendo que, entre algumas dessas, nota-se diferenças consideráveis na concentração dos macronutrientes. Muitas das soluções que existem são modificações da solução original de Hoagland, formulada com base nas exigências nutricionais do tomateiro, sendo essa a mais utilizada na pesquisa de aspectos nutricionais de plantas (Furlani et al., 1999).

Para o cultivo de plantas em solução nutritiva, não existe uma formulação melhor do que a outra, devido à capacidade das plantas em se adaptarem às diversas condições nutricionais. Nos estudos iniciais em nutrição mineral, a composição das soluções nutritivas baseava-se na constituição química da solução do solo. Atualmente, a solução nutritiva é formulada, preferencialmente, com referência na composição química da folha, pois esse órgão é o que melhor retrata o estado nutricional da planta (Parker & Norvell, 1999).

Em estudo realizado com amor-perfeito (*Viola x wittrockiana*) por Pilla et al. (2006), testando concentrações da solução nutritiva para hortaliças folhosas de Furlani et al. (1999), e épocas de avaliação em cultivo hidropônico, esses autores observaram uma redução na altura de plantas, no comprimento do sistema radicular, no número de folhas e na massa fresca e seca da parte aérea com o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva.

Ao estudar o cultivo de cultivares de lisianto de corte em diferentes soluções nutritivas em sistema de fluxo laminar de nutrientes (NFT), Backes et al. (2007), verificaram que a solução-teste, ajustada de acordo com análises prévias feitas nas cultivares testadas, e a solução de Barbosa et al. (2000), indicada para o cultivo de crisântemo, proporcionaram melhores resultados no crescimento e acúmulo de massa quando comparadas à solução de Steiner (1984), modificada, indicada para o cultivo de espécies hortícolas para produção de flores e frutos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Lavras, localizado na região Sul de Minas Gerais, a 21°14' de Latitude Sul e 45°00' de Longitude Oeste de Greenwich, a altitude de 918 m. A precipitação média anual é de 1.529,7 mm e umidade relativa do ar de 76,2%. A temperatura média anual varia de 15,8°C no mês mais frio a 22,1°C no mês mais quente (Brasil, 1992). Na classificação climática de Koppen, o clima enquadra-se no tipo Cwa, com características Cwb, apresentando duas estações definidas: seca com temperaturas mais baixas, de abril a setembro, e chuvosa, com temperaturas mais elevadas, de outubro a março.

Utilizou-se para condução do experimento, casa de vegetação da área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, no período de abril a novembro de 2008.

As mudas utilizadas foram produzidas por micropropagação, no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Após a multiplicação *in vitro*, as plântulas foram transferidas para bandejas plásticas de 24 células contendo substrato comercial Plantmax® e aclimatizadas em estufa com nebulização intermitente, por um período de 40 dias, até atingirem a altura média de 11 cm.

As mudas foram retiradas do substrato e tiveram as raízes lavadas em água corrente. Em seguida, foram transferidas para bandeja plástica de 36 L, contendo a solução completa de Hoagland & Arnon (1950), número 2, diluída a 20% de sua força iônica, onde permaneceram por 15 dias em casa de vegetação. Após, foram transferidas para mesma solução diluída a 30%, permanecendo por 45 dias, para adaptação, em casa de vegetação.

Após a adaptação, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade de 3 L, pintados na face externa com tinta da cor alumínio, e fixadas

pelo caule por meio de uma placa de isopor de 25 mm, sendo então submetidas aos tratamentos. A solução nutritiva utilizada foi a solução completa de Hoagland & Arnon (1950), número 2 a 30% de sua força iônica, excetuando o ácido bórico, que foi adicionado conforme os tratamentos aplicados, nas doses de 0,05; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 2,00 mg.L⁻¹ de boro. A dose 0,05 mg.L⁻¹ de boro foi aplicada com o propósito de fornecer as plantas cultivadas nesse tratamento um resqúcio desse micronutriente para que essas conseguissem se desenvolver durante o período experimental sem chegar precocemente a morte.

As trocas das soluções foram feitas quinzenalmente e a solução nutritiva foi mantida sob aeração constante durante todo o período experimental. No preparo das soluções estoques dos nutrientes foram empregados reagentes p.a. e água destilada. As soluções nutritivas foram preparadas com a utilização de água deionizada e, no intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado com água deionizada, sempre que necessário. As plantas foram cultivadas sob 50% de sombreamento proporcionado pela tela Sombrite® disposta dentro da casa de vegetação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos, em 10 repetições e uma planta por parcela.

As características agronômicas foram avaliadas após sete meses de cultivo das plantas, sendo observados a altura; número de folhas; comprimento de folha, largura de folha, comprimento do pecíolo da folha; número de brotos; diâmetro do rizoma e medidas relacionadas ao crescimento do sistema radicular (comprimento total e comprimento distribuído em intervalos de diâmetros radiculares; área de superfície total e área de superfície distribuída em intervalos de diâmetros radiculares; volume total e volume distribuído em intervalos de diâmetros radiculares; diâmetro médio radicular; densidade de comprimento radicular).

A altura inicial das plantas foi avaliada no momento da instalação do experimento. As medidas de comprimento de folha, largura de folha e comprimento de pecíolo da folha foram mensuradas na folha mais nova totalmente expandida, sendo que a largura de folha e o comprimento de folha foram analisados a partir da inserção do pecíolo com o limbo foliar, medindo a largura no sentido do ponto de inserção e o comprimento no sentido da nervura central.

Para a obtenção dos dados das raízes, essas foram digitalizadas e analisadas com o auxílio do programa computacional WinRHIZO® (Régent Instruments, 2004) e do scanner fotográfico Epson® Perfection 3200.

A avaliação do comprimento radicular, da área de superfície radicular e do volume de raízes em diferentes diâmetros radiculares foi feita distribuindo-se os diâmetros em seis intervalos de 0,00 a 0,50 mm; 0,50 a 1,00 mm; 1,00 a 1,50 mm; 1,50 a 2,00 mm; 2,00 a 2,50 mm e acima de 2,50 mm.

A densidade de comprimento radicular foi obtida pela razão entre o comprimento total de raízes e volume de vaso.

As inflorescências produzidas durante a condução do experimento foram colhidas quando apresentaram padrão de colheita, conforme estabelecido por Nowak & Rudnicki (1990) e Salinger (1991), em que a espata estava totalmente expandida e ausente de pólen. Depois de colhidas, foram mensurados nas inflorescências o comprimento e diâmetro da haste; a largura e comprimento da espata.

Após as avaliações agronômicas, as matérias frescas das folhas, separadas em limbos e pecíolos, dos rizomas e dos sistemas radiculares foram pesadas em balança de precisão (0,01g). Em seguida, essas partes das plantas foram lavadas separadamente em água corrente e depois em água destilada, acondicionadas em saco de papel kraft, identificadas e secas em estufa de circulação forçada de ar com temperatura regulada entre 65 a 70°C até peso

constante. O mesmo procedimento foi adotado para as inflorescências (haste, espata e espádice) colhidas durante o período experimental. Após esse processo, determinaram-se as matérias secas dos limbos e dos pecíolos das folhas, dos rizomas, dos sistemas radiculares e das inflorescências em balança de precisão (0,001g).

O material vegetal seco foi moído em moinho tipo Willey para a determinação química do boro. O teor de boro, após digestão via seca, foi determinado por colorimetria (método da curcumina) (Malavolta et al., 1997).

Com base no teor de boro e na matéria seca foi determinado o acúmulo de boro nas folhas (limbos e pecíolos), nos rizomas, nos sistemas radiculares e nas inflorescências.

A translocação (%) de boro foi obtida por meio da fórmula:

$$\text{Translocação} = \frac{\text{acúmulo de boro na parte aérea}}{\text{acúmulo total de boro na planta}} \times 100$$

O acúmulo de boro na parte aérea corresponde ao acúmulo nas folhas e o acúmulo total de boro na planta é a soma dos acúmulos nas folhas, no rizoma, nas raízes e nas inflorescências.

A exportação (%) de boro pelas inflorescências foi determinada pela fórmula:

$$\text{Exportação} = \frac{\text{acúmulo de boro nas inflorescências}}{\text{acúmulo total de boro na planta}} \times 100$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pela análise de regressão polinomial com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Os dados de número de brotos foram transformados com o uso da fórmula $\sqrt{x+1}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de copo-de-leite não manifestaram sintomas visuais típicos de deficiência ou de toxidez de boro em suas folhas durante o período em que foram submetidas às diferentes doses de boro em solução nutritiva. Em todos os tratamentos aplicados, as plantas apresentaram florescimento. O aspecto geral da parte aérea apresentado pelas plantas pode ser observado na Figura 1. Nota-se pelas imagens, que as plantas tiveram um bom crescimento e desenvolvimento durante os 210 dias de cultivo.

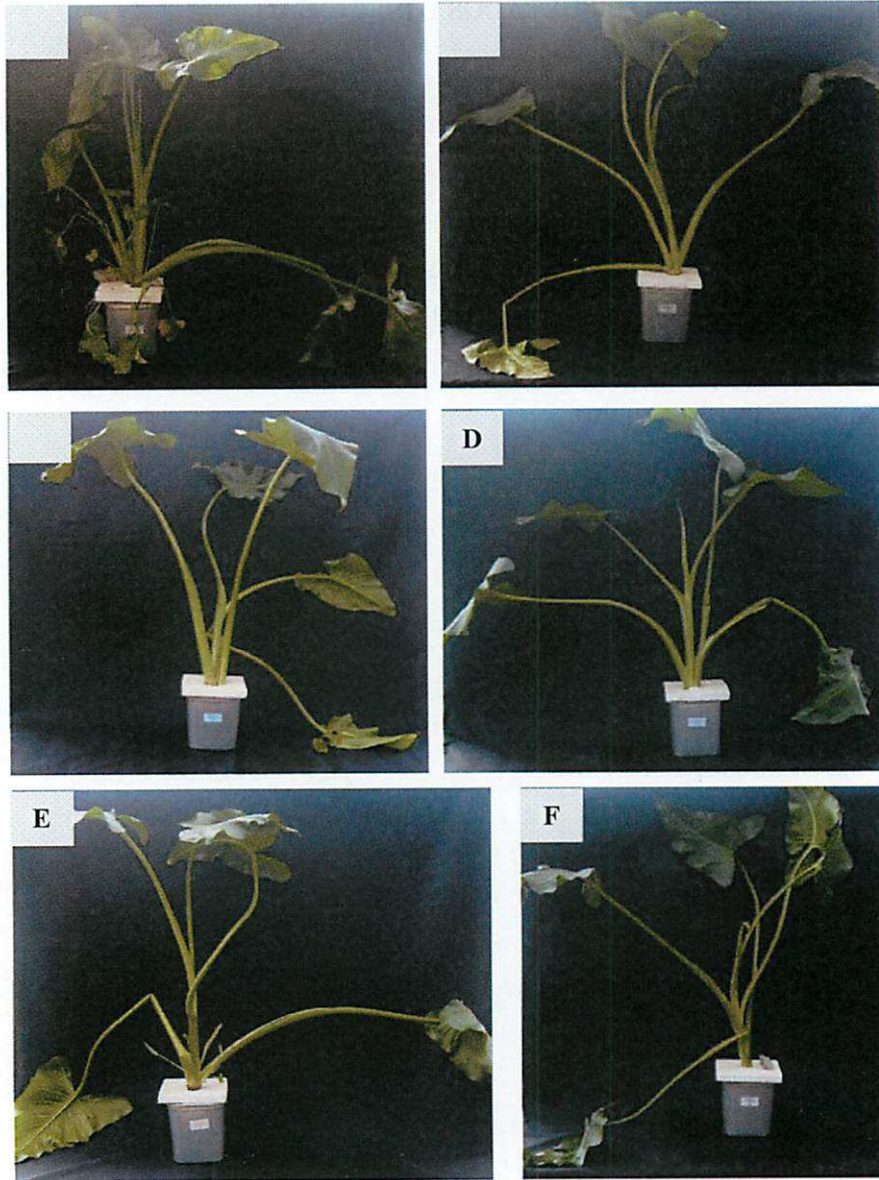


FIGURA 1. Aspecto das plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo: (A) $0,05 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (B) $0,25 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (C) $0,50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (D) $0,75 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (E) $1,00 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$ e (F) $2,00 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$.

As plantas cultivadas na menor dose de boro adicionada à solução nutritiva, antes de serem submetidas ao tratamento, permaneceram em solução completa para adaptação por 60 dias. Durante esse período, as plantas podem ter armazenado uma quantidade de boro tal que as possibilitaram crescer e desenvolver a parte aérea, de forma que não indicassem sintomas visuais de deficiência durante os 210 dias de cultivo. Porém, essas plantas eram mais quebradiças ao serem manejadas, em comparação as demais plantas cultivadas nas outras doses de boro.

Como a menor dose de boro aplicada na solução nutritiva foi de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, as plantas desenvolvidas nesse tratamento, tinham o fornecimento desse micronutriente todas as vezes que a solução nutritiva era trocada, mesmo que em quantidade reduzida, proporcionando assim um possível prolongamento da não manifestação de deficiência na parte aérea durante o período experimental.

Além disso, o ácido bórico é uma forma química neutra e a água utilizada para o preparo da solução foi deionizada, processo em que os íons presentes na água foram apenas neutralizados, assim, na água usada na solução nutritiva com a menor dose de boro e também nas demais soluções, poderia conter traços desse micronutriente.

Já nas maiores doses de boro aplicadas, pode-se inferir que as plantas de copo-de-leite não tenham manifestado sintomas visuais de toxidez na parte aérea, porque talvez essas doses fornecidas não fossem tóxicas o suficiente para afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas ou a quantidade de boro na solução nutritiva não tenha sido expressiva a ponto de causar sintomas visíveis de toxidez na parte aérea.

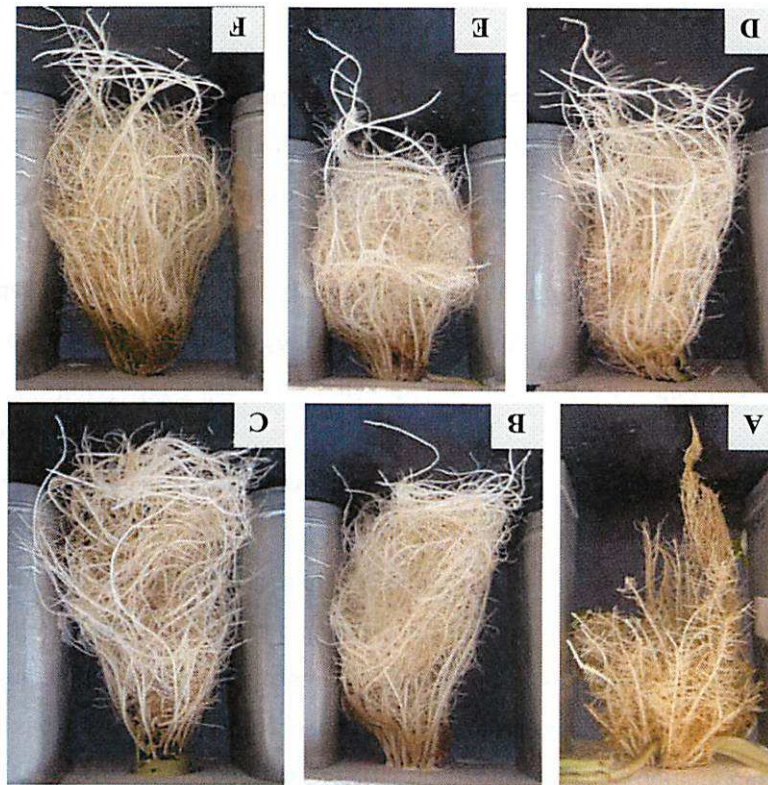
Em *Eucalyptus citriodora* cultivado sob diferentes doses de boro em solução nutritiva, Silveira et al. (2000), também observaram que em doses mais elevadas, de $1,0$ a $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$, as brotações não apresentaram sintomas de toxicidade, sendo que a faixa entre a deficiência e a toxidez foi ampla, pois nas

doses entre 0,125 a 4,0 mg.L⁻¹ não foram verificadas diferenças no desenvolvimento do eucalipto. Resultado semelhante foi constatado por Salvador et al. (2003), em goiabeira cultivada em solução nutritiva com adição de diferentes doses de boro, onde esses autores também observaram uma ampla faixa entre a deficiência e a toxidez de boro, nas doses de 0,125 a 3,00 mg.L⁻¹. Em manoneira, Silva et al. (2008), testando o efeito de doses de boro no cultivo dessa espécie vegetal em solução nutritiva, esses autores observaram que o desenvolvimento e a produção não foram afetados na condição de toxicidade de boro, cuja maior dose aplicada foi de 5,4 mg.L⁻¹. Contradizendo esses autores, Lima et al. (2003), verificaram que em plantas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) submetidas a diferentes doses de boro em solução nutritiva, os sintomas de toxidez nas plantas cultivadas nas maiores doses aplicadas, de 1,5 e 2,1 mg.dm⁻³, foram observados aos 30 dias após o transplantio, sendo a melhor dose para o cultivo dessa espécie de 0,15 mg.dm⁻³, assim a dose de boro requerida foi muito baixa. Assim, para o cultivo de copo-de-leite nas doses de 0,25 a 2,00 mg.L⁻¹ de boro na solução nutritiva, também pode ser constatado uma ampla faixa entre a deficiência e a toxicidade desse micronutriente.

Entretanto, ao comparar as imagens da Figura 2, observa-se que o sistema radicular da planta cultivada na menor dose de boro na solução nutritiva teve o crescimento e desenvolvimento reduzido em comparação às plantas cultivadas nas demais doses.

As raízes das plantas com deficiência de boro, segundo Marschner (1995), apresentam-se mais grossas, curtas e ramificadas, devido à inibição ou paralisção do alongamento das raízes primárias e secundárias, sendo esse um dos sintomas iniciais da carência desse micronutriente. O fornecimento adequado de boro é muito importante para a formação dos primórdios radiculares, assim como, para o posterior desenvolvimento do sistema radicular (Jarvis, 1986).

FIGURA 2. Aspecto geral do sistema radicular de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo: (A) 0,05 mg.L⁻¹ B; (B) 0,25 mg.L⁻¹ B; (C) 0,50 mg.L⁻¹ B; (D) 0,75 mg.L⁻¹ B; (E) 1,00 mg.L⁻¹ B e (F) 2,00 mg.L⁻¹ B.



A ocorrência de podridão interna no rizoma de copo-de-leite cultivado na omissão de boro em solução nutritiva foi observada por Almeida (2007). Nesse trabalho, não foi verificada a ocorrência desse sintoma de deficiência no interior do rizoma nas plantas cultivadas em solução nutritiva com a adição da menor dose de boro, após os 210 dias de cultivo.

4.1 Avaliação de características agronômicas

4.1.1 Altura das plantas

A altura inicial das plantas não diferiu significativamente (Tabela 1A), cuja média geral foi de 26,56 cm, o que permite confirmar que as plantas utilizadas na implantação do experimento estavam uniformes em relação a esse parâmetro analisado.

A altura máxima alcançada pelas plantas foi de 71,10 cm, na dose estimada de 1,05 mg.L⁻¹ de boro, tendo sido formadas plantas com menor altura em concentrações de boro menores ou superiores a essa (Figura 3).

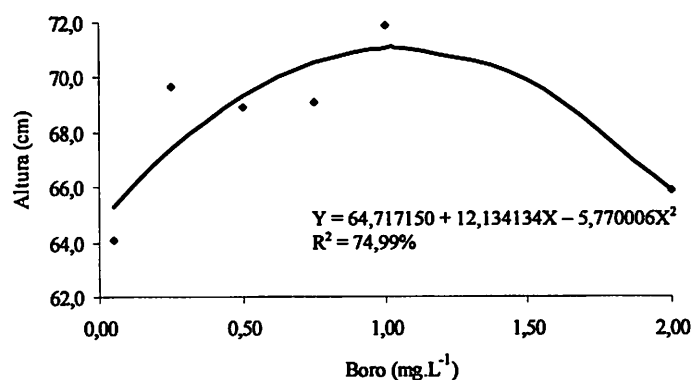


FIGURA 3. Altura (cm) de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

As plantas de copo-de-leite cultivadas sob diferentes doses de boro em solução nutritiva tiveram um maior incremento em altura na dose estimada de 1,18 mg.L⁻¹ de boro, com ganho máximo de 44,57 cm (Figura 4).

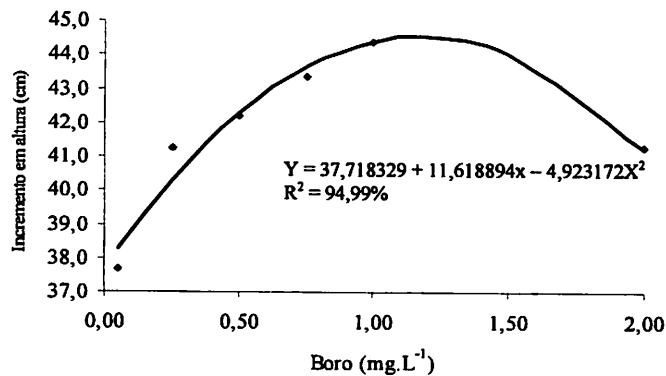


FIGURA 4. Incremento em altura (cm) de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Em trabalho realizado por Silveira et al. (2000), testando doses de boro em solução nutritiva no cultivo de eucalipto, também foi verificado que a altura foi influenciada pelas doses aplicadas. Já, em teste com cultivares de trigo desenvolvidas sob diferentes doses de boro em solução nutritiva, Furlani et al. (2003), não observaram diferenças significativas na altura das plantas. Resultado semelhante foi encontrado por Lima et al. (2003), em plantas de paricá cultivadas em solução nutritiva com adição de diferentes doses de boro.

4.1.2 Número e dimensões das folhas

O número de folhas, a largura de folha e o comprimento do pecíolo da folha de plantas de copo-de-leite não diferenciaram significativamente em função das diferentes doses de boro (Tabela 2A), onde as médias gerais foram respectivamente de 5,95; 24,77 cm e 65,18 cm. Ao contrário, Manfredini (2008),

observou aumento linear para o número de folhas em plantas de soja-perene cultivadas sob doses de boro em solução nutritiva.

Analisando o comprimento de folha, a dose de 1,03 mg.L⁻¹ de boro proporcionou 29,10 cm de comprimento, sendo essa a maior dimensão (Figura 5).

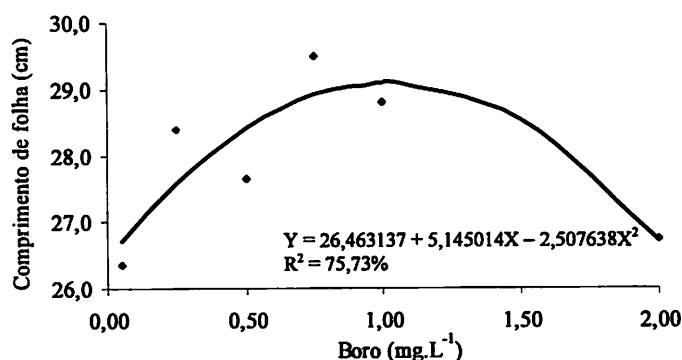


FIGURA 5. Comprimento (cm) de folha de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Ao comparar as respostas das plantas cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva em relação às dimensões das folhas, pode-se inferir que as plantas tiveram um bom desenvolvimento da parte aérea, pois não houve diferenças no número de folhas, na largura de folha das mesmas e no comprimento do pecíolo da folha, e o comprimento de folha variou aproximadamente em 3,10 cm entre o menor e o maior comprimento, ocorrendo valores entre 26,00 e 29,10 cm.

4.1.3 Diâmetro do rizoma e número de brotos

O diâmetro do rizoma e o número de brotos em plantas de copo-de-leite não apresentaram diferenças em função das doses de boro testadas (Tabela 3A),

com médias gerais de 2,79 cm e 1,51, respectivamente. Em plantas de paricá cultivadas sob doses de boro em solução nutritiva, Lima et al. (2003), observaram que o diâmetro do caule também não teve um incremento acentuado entre as doses aplicadas, porém, o decréscimo em diâmetro teve início na dose 0,07 mg.dm⁻³, o que talvez pudesse indicar um efeito tóxico. No entanto, em plantas de eucalipto, Silveira et al. (2000), constataram que as doses de boro aplicadas na solução nutritiva causaram diferenças significativas no diâmetro.

Em relação ao número médio de brotos, no estudo de Silveira et al. (2000), foi verificado também que as plantas de eucalipto não diferiram significativamente, resultado semelhante ao obtido nas plantas de copo-de-leite avaliadas nesse trabalho.

4.1.4 Análise do sistema radicular

4.1.4.1 Comprimento de raízes

O comprimento total radicular corresponde ao somatório do comprimento de todos os eixos radiculares formados. O maior comprimento radicular foi de 20.156,54 cm, na dose estimada de 1,19 mg.L⁻¹ de boro (Figura 6).

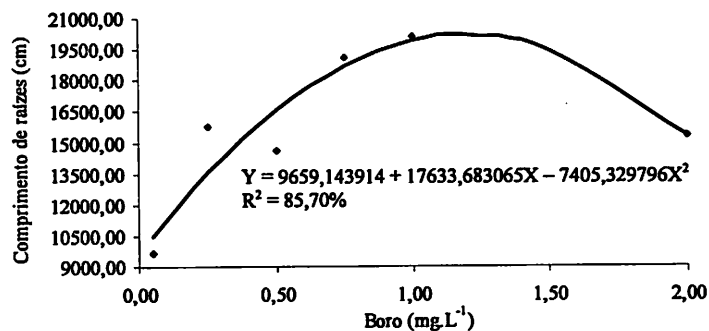


FIGURA 6. Comprimento total (cm) de raízes de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

O comprimento radicular é um indicador do potencial de absorção de água e nutrientes pelas plantas no substrato de cultivo, sendo que a melhor exploração do substrato ocorre quanto maior for o comprimento total de raízes (Atkinson, 2000; Zonta et al., 2006). Assim, nas diferentes doses de boro testadas em copo-de-leite, observou-se que o maior comprimento de raízes foi obtido na dose estimada de 1,19 mg.L⁻¹, ocorrendo uma maior exploração da solução nutritiva nessa dose.

O comprimento de raízes foi analisado de acordo com diferentes intervalos de diâmetros e os resultados são apresentados na Figura 7.

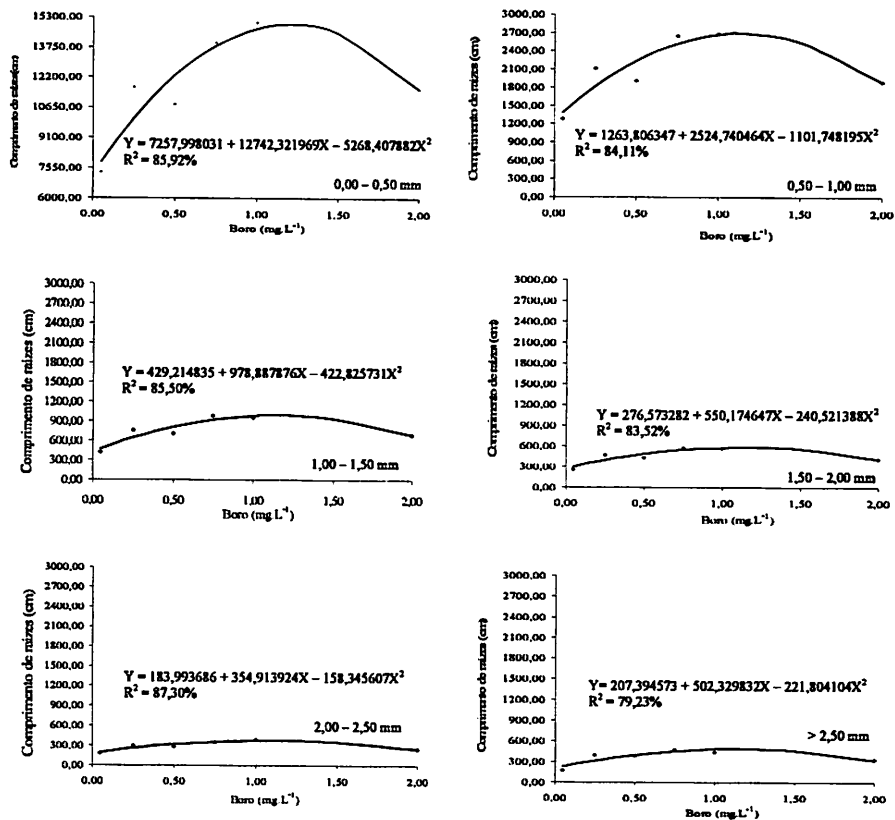


FIGURA 7. Comprimento de raízes (cm) distribuído em diferentes intervalos de diâmetros radiculares em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Ao comparar os comprimentos radiculares máximos obtidos nas diferentes classes de diâmetro, percebe-se que houve um maior incremento no comprimento das raízes com diâmetro entre 0,00 a 0,50 mm, correspondendo a 74,23% do maior comprimento total estimado. Portanto, as raízes de menor diâmetro, as mais finas, tiveram maior comprimento do que as demais. Essas

raízes, de acordo Zonta et al. (2006), são responsáveis pela absorção de água e nutrientes.

4.1.4.2 Área de superfície de raízes

A área de superfície radicular é caracterizada como sendo a superfície de contato entre as raízes e a solução do substrato de cultivo, cuja função é a absorção de água e nutrientes do substrato (Zonta et al., 2006). A área total de superfície de raízes aumentou até a dose de 1,16 mg.L⁻¹ de boro, onde obteve a área máxima de 3.697,99 cm² (Figura 8).

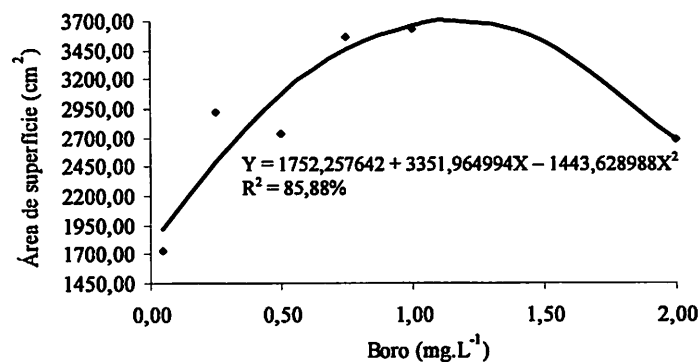


FIGURA 8. Área total de superfície de raízes (cm²) em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

A área de superfície de raízes foi avaliada em diferentes intervalos de diâmetros radiculares, cujos resultados são apresentados na Figura 9.

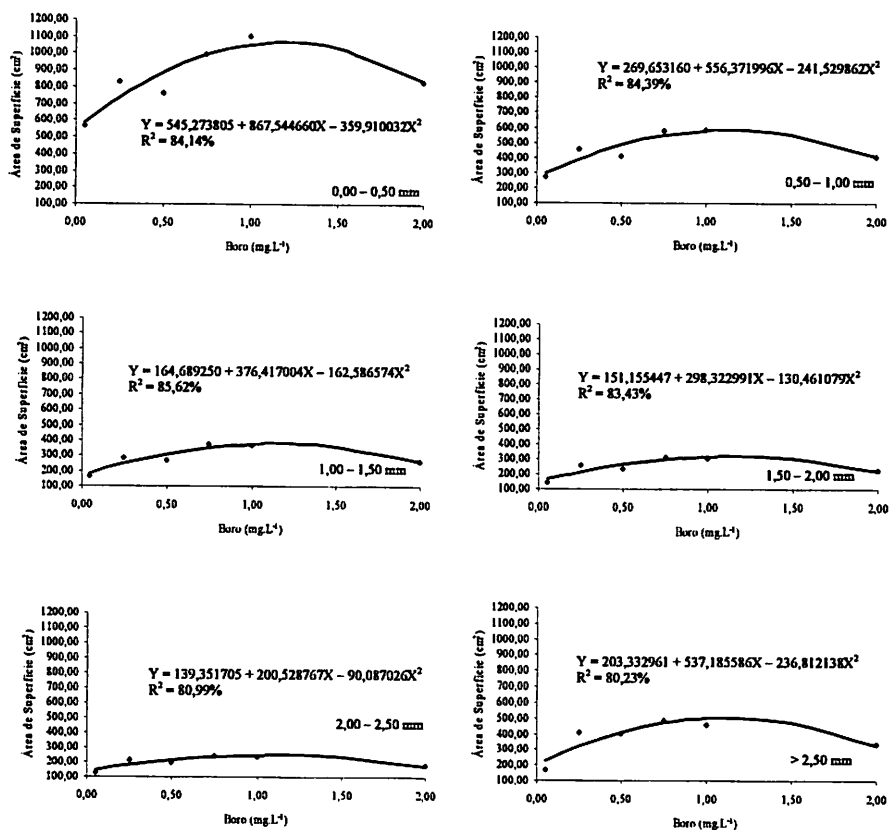


FIGURA 9. Área de superfície de raízes (cm²) distribuída em diferentes intervalos de diâmetros radiculares em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Em relação à maior área de superfície radicular obtida, as raízes com diâmetro entre 0,00 a 0,50 mm foram as que somaram maior extensão em área comparando com as demais classes, perfazendo 28,88% da área total em superfície radicular.

4.1.4.3 Volume de raízes

O volume radicular é o espaço ocupado pelo sistema radicular, e tem a função de explorar o volume do substrato onde as raízes se desenvolvem (Zonta et al., 2006). O maior volume total de raízes foi obtido na dose estimada de 1,14 mg.L⁻¹ de boro, formando 55,89 cm³ (Figura 10).

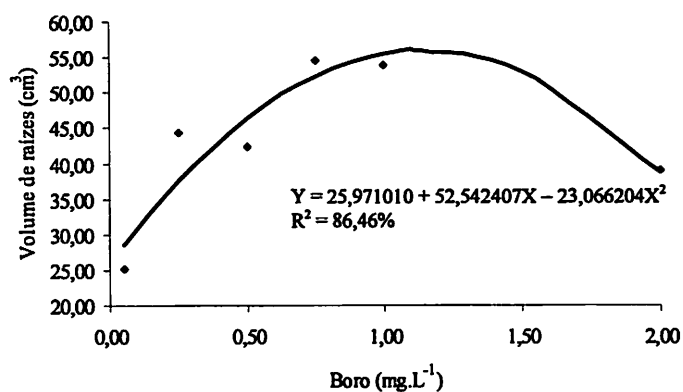


FIGURA 10. Volume total de raízes (cm³) em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

O volume de raízes foi avaliado de acordo com diferentes diâmetros radiculares e os resultados são apresentados na Figura 11.

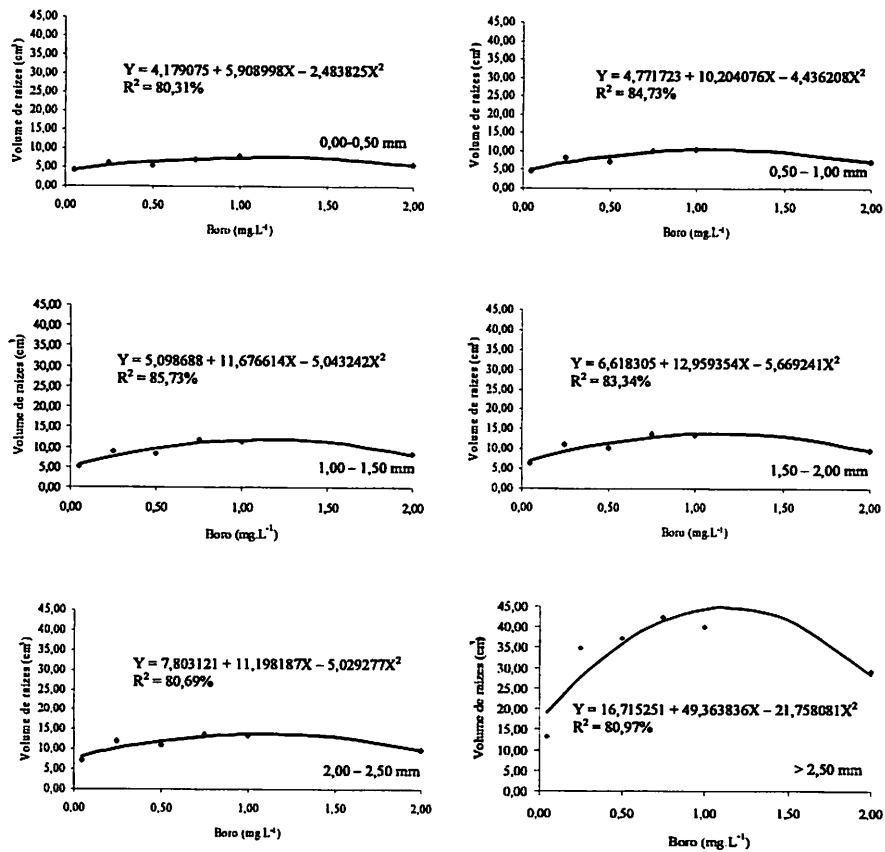


FIGURA 11. Volume de raízes (cm³) distribuído em diferentes intervalos de diâmetros radiculares em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

O volume de raízes com diâmetro acima de 2,50 mm foi o que mais se aproximou do maior volume radicular total. Assim, as raízes de maior diâmetro exploraram mais o volume do vaso de cultivo. Apesar de as raízes mais finas serem em maior quantidade, essas ocuparam um espaço menor de cultivo em comparação com as raízes de maior diâmetro.

4.1.4.4 Densidade de comprimento radicular

A densidade de comprimento radicular está relacionada com a exploração do sistema radicular no vaso de cultivo, sendo essa medida relacionada ao comprimento total obtido e o volume do vaso. A densidade do comprimento radicular teve incremento até a dose de 1,19 mg.L⁻¹ de boro, atingindo o valor máximo de 67,19 km.m⁻³ (Figura 12).

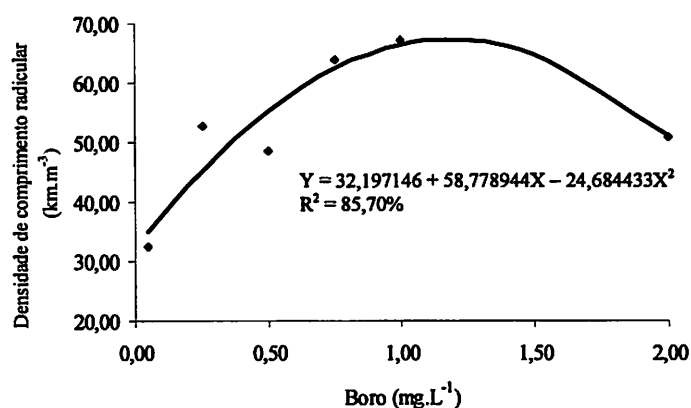


FIGURA 12. Densidade de comprimento radicular (km.m⁻³) em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

O boro é um micronutriente essencial para o desenvolvimento radicular e de tecidos meristemáticos. Assim, a sua deficiência causa anomalias nos pontos de crescimento das plantas (Malavolta, 2006). Os sistemas radiculares das plantas de copo-de-leite responderam bem ao boro aplicado até a dose de 1,19 mg.L⁻¹, sendo que, após essa dose, o boro possivelmente pode ter inibido o crescimento do sistema radicular em solução nutritiva.

4.1.4.5 Diâmetro médio das raízes

O diâmetro médio das raízes desenvolvidas em função das doses de boro aplicadas à solução nutritiva não diferiu significativamente, cujo valor médio foi

de 0,60 mm (Tabela 5A). O diâmetro radicular corresponde ao diâmetro médio dos eixos radiculares formados no sistema radicular, sendo que, em geral, é adotado para a raiz o formato de um cilindro. O diâmetro radicular está relacionado ao potencial de crescimento de raízes (Zonta et al., 2006).

O sistema radicular das plantas de copo-de-leite cultivadas nas diferentes doses de boro em solução nutritiva apresentou uma maior formação de raízes finas, sendo essa verificada pelo maior incremento em comprimento radicular e área de superfície de raízes com diâmetro entre 0,00 e 0,50 mm. O diâmetro radicular está relacionado com a velocidade de absorção e translocação de nutrientes, assim, quanto menor a espessura, menor a distância percorrida pelos nutrientes da plasmalema até os vasos do xilema e floema (Corrêa et al., 2006). Entretanto, o volume radicular foi mais expressivo nas raízes com diâmetro acima de 2,50 mm. As raízes de maior diâmetro foram as que mais exploraram o espaço para o seu crescimento. Assim, o sistema radicular das plantas de copo-de-leite desenvolveu-se de forma adequada, formando as raízes de fixação, as mais grossas, e as raízes de absorção, as mais finas, de acordo com as doses de boro aplicadas na solução nutritiva.

Ao testar a interação entre doses de cálcio e doses de boro no cultivo de soja-perene em solução nutritiva, Manfredini (2008), também verificou diferença no comprimento e na superfície radicular somente para as doses de boro testadas. No entanto, em estudo realizado por Corrêa et al. (2006), com diferentes cultivares de arroz cultivadas sob doses de boro aplicadas no solo em vaso, não foi observada diferença no comprimento radicular entre as cultivares nas doses testadas. Esses autores verificaram efeito significativo das doses de boro no diâmetro e na superfície radicular das cultivares de arroz analisadas, concordando com os resultados obtidos no cultivo de copo-de-leite.

4.1.5 Características das inflorescências produzidas

As características avaliadas nas inflorescências produzidas em plantas de copo-de-leite durante os 210 dias em que foram cultivadas em solução nutritiva não apresentaram diferenças comparando-se as diferentes doses de boro aplicadas (Tabela 9A). Foram avaliados número de inflorescências produzidas, comprimento de haste, diâmetro de haste, comprimento da espata e largura da espata, apresentando médias gerais de 1,24; 66,86 cm; 1,42 cm; 14,53 cm e 11,68 cm, respectivamente.

Nas imagens da Figura 13, pode-se perceber que não houve diferenças visuais nas inflorescências produzidas de copo-de-leite submetido a diferentes doses de boro em solução nutritiva, assim, as plantas produziram inflorescências de boa qualidade durante o período experimental.

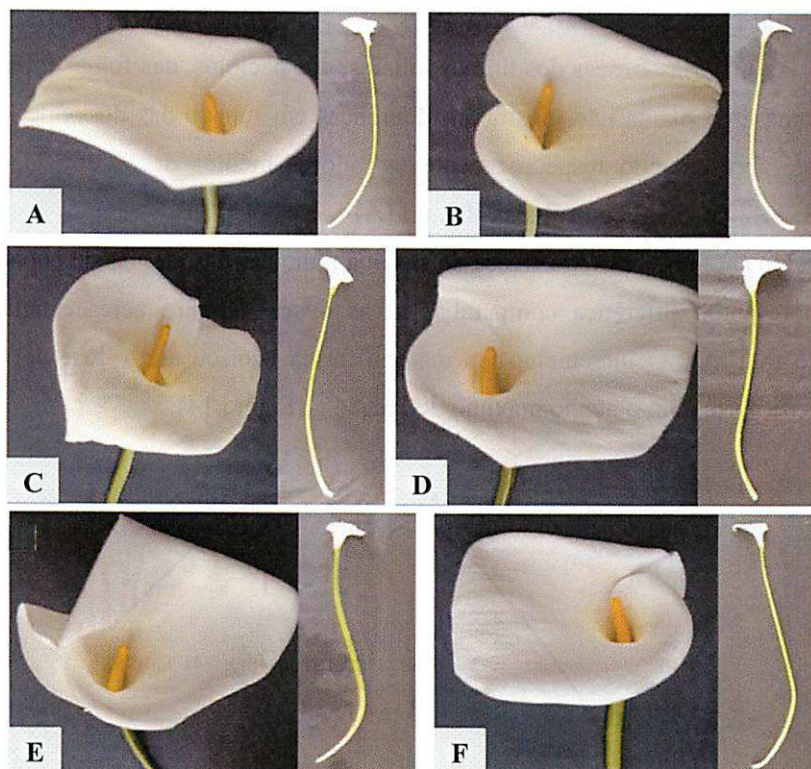


FIGURA 13. Aspecto geral de inflorescências de copo-de-leite produzido em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo: (A) $0,05 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (B) $0,25 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (C) $0,50 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (D) $0,75 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$; (E) $1,00 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$ e (F) $2,00 \text{ mg.L}^{-1} \text{ B}$.

As plantas que se desenvolvem na ausência ou na carência de boro, têm o seu florescimento afetado, podendo, em muitos casos não chegar a florescer (Malavolta, 2006). O tempo de adaptação das mudas e o fornecimento constante de boro na solução nutritiva, mesmo na menor dose, podem ter suprido a necessidade desse nutriente pelas plantas, fazendo com que essas conseguissem emitir inflorescências normais durante os 210 dias de cultivo.

4.2 Avaliação da matéria fresca

As matérias frescas dos limbos foliares, dos pecíolos, das folhas inteiras, do rizoma e da planta não mostraram diferenças em função das doses de boro testadas, apresentando respectivamente os valores médios de 97,06; 243,77; 340,83; 31,29 e 493,93 g (Tabelas 10A e 11A).

No entanto, a matéria fresca do sistema radicular das plantas de copo-de-leite apresentou diferença comparando-se as doses de boro acrescentadas à solução nutritiva. O incremento em matéria fresca ocorreu até a dose de 1,17 mg.L⁻¹ de boro, com o ganho máximo de 162,86 g (Figura 14).

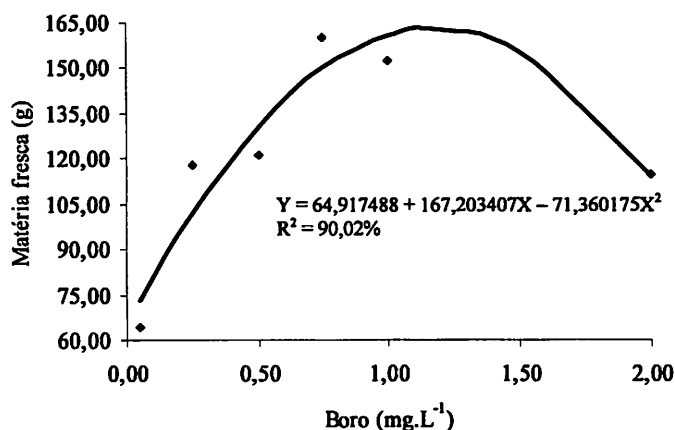


FIGURA 14. Matéria fresca (g) do sistema radicular de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

4.3 Avaliação da matéria seca

As matérias secas dos limbos foliares, dos pecíolos, das folhas inteiras, do rizoma, da inflorescência emitida e da planta não tiveram diferenças em relação às doses de boro acrescentadas à solução nutritiva para o cultivo de copo-de-leite, cujas médias gerais foram respectivamente de 9,53; 13,34; 22,87; 3,87; 3,39 e 29,60 g (Tabelas 12A e 13A).

Os valores de massa seca da parte aérea de plantas de soja-perene cultivadas sob doses de boro em solução nutritiva também não foram significativos nos estudos realizados por Manfredini (2008). Resultados semelhantes também foram obtidos por Salvador et al. (2003), em estudo com goiabeira, para o acúmulo de matéria seca nas folhas, caules e nas plantas cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro. No entanto, em plantas de paricá, Lima et al. (2003), observaram diferentes ganhos em matéria seca da parte aérea para as doses de boro testadas em solução nutritiva. Em mamoneira, Silva (2007), também verificou que as matérias secas do limbo foliar e do pecíolo foram afetadas pela deficiência de boro.

Contudo, a matéria seca do sistema radicular das plantas de copo-de-leite diferiu em relação às doses de boro adicionadas à solução nutritiva. O maior incremento em matéria seca foi observado na dose de 1,18 mg.L⁻¹ de boro, sendo de 3,54 g (Figura 15).

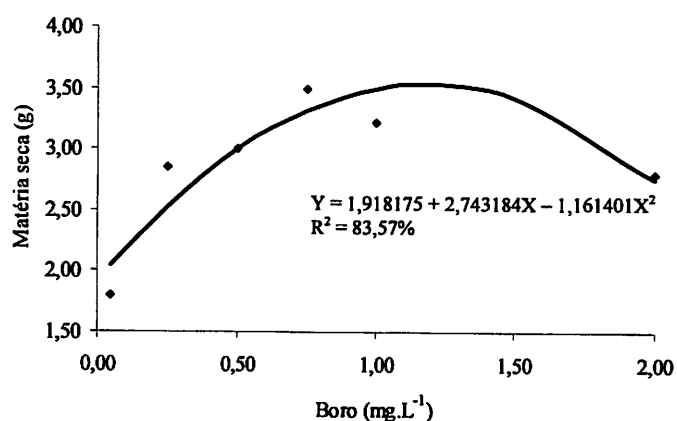


FIGURA 15. Matéria seca (g) do sistema radicular de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Resultado semelhante foi observado por Manfredini (2008), em plantas de soja-perene cultivadas sob doses de boro em solução nutritiva, sendo que o incremento em matéria seca de raízes ocorreu até a dose de $68 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ($0,74 \text{ mg.L}^{-1}$). Em mamoneira, Silva et al. (2008), verificaram que as plantas cultivadas na ausência de boro apresentaram menor matéria seca de raízes em comparação com as demais doses desse nutriente aplicadas na solução nutritiva.

4.4 Teor e acúmulo de boro

Os teores de boro nas folhas, no rizoma, no sistema radicular e nas inflorescências de plantas de copo-de-leite apresentaram diferenças em função das doses de boro aplicadas na solução nutritiva (Tabela 14A). Nas folhas, o teor de boro aumentou até a dose de $1,10 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro, com o valor de $40,60 \text{ mg.kg}^{-1}$ na matéria seca (Figura 16).

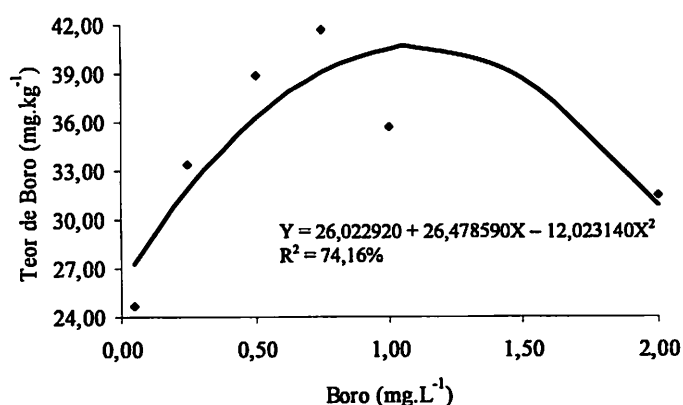


FIGURA 16. Teor de boro (mg.kg^{-1}) em folhas de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Em copo-de-leite, Almeida (2007), detectou os teores médios de boro nas folhas de $27,60 \text{ mg.kg}^{-1}$ nas plantas cultivadas com omissão de boro e de $41,57 \text{ mg.kg}^{-1}$ nas folhas de plantas com fornecimento de $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro na

solução nutritiva. No trabalho realizado por Silveira et al. (2000), testando doses de boro em solução nutritiva no cultivo de eucalipto, foi constatado que as plantas responderam de forma linear crescente as doses aplicadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Lima et al. (2003), em paricá, e por Salvador et al. (2003), em goiabeira, cultivados em solução nutritiva com diferentes doses de boro.

O suprimento adequado de boro para o bom desenvolvimento das plantas cultivadas difere quanto à exigência desse micronutriente nas diferentes espécies vegetais, levando em consideração a composição química das paredes celulares (Marschner, 1995). As concentrações de boro entre 30 e 50 mg.kg⁻¹ na matéria seca são consideradas adequadas para um crescimento normal das plantas, sendo que nas deficientes, as concentrações foliares encontradas são inferiores a 15 mg.kg⁻¹ (Dechen & Nachtigall, 2006).

As plantas de copo-de-leite cultivadas nas diferentes doses de boro em solução nutritiva não apresentaram diferenças no acúmulo de matéria seca nas folhas e o teor de boro foliar variou entre 24 a 42 mg.kg⁻¹, assim, pode-se inferir que as plantas tiveram um crescimento adequado da parte aérea em função dos tratamentos aplicados.

O teor de boro no rizoma teve acréscimo até a dose de 1,33 mg.L⁻¹ de boro, com 21,50 mg.kg⁻¹ na matéria seca (Figura 17).

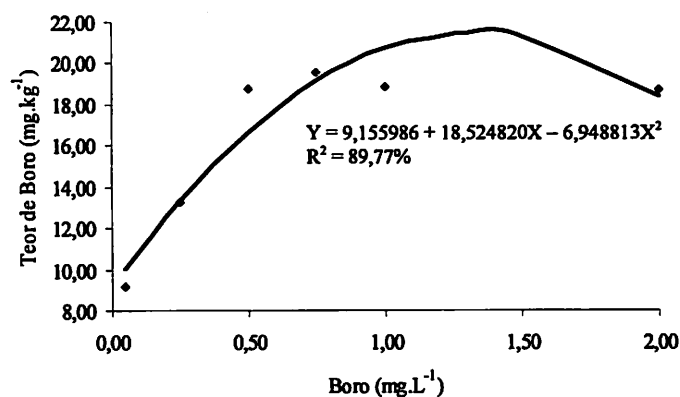


FIGURA 17. Teor de boro (mg.kg^{-1}) no rizoma de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

No trabalho desenvolvido por Almeida (2007), em copo-de-leite, as plantas cultivadas na ausência de boro apresentaram o teor médio de boro no rizoma de $5,36 \text{ mg.kg}^{-1}$ e as plantas com suprimento de $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro na solução nutritiva, apresentaram teor médio de $12,91 \text{ mg.kg}^{-1}$ desse micronutriente no rizoma. Nesse trabalho, os teores de boro no rizoma variaram entre 10 e 22 mg.kg^{-1} , sendo que o maior teor foi obtido na dose de $1,33 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro.

O teor de boro no rizoma está relacionado à quantidade absorvida desse nutriente pelo sistema radicular e armazenado nesse órgão de reserva para posterior suprimento da parte aérea. Desse modo, o teor de boro contido no rizoma das plantas de copo-de-leite teve comportamento semelhante ao volume total de raízes em resposta as doses de boro na solução nutritiva, ocorrendo aumento no teor desse nutriente no rizoma e no volume total radicular até a dose média entre esses dois parâmetros de $1,24 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro.

O incremento no teor de boro no sistema radicular ocorreu de forma linear. Assim, quanto maior a dose aplicada, maior foi o ganho no teor,

atingindo o valor de $37,71 \text{ mg.kg}^{-1}$ na matéria seca, na dose de $2,00 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro (Figura 18).

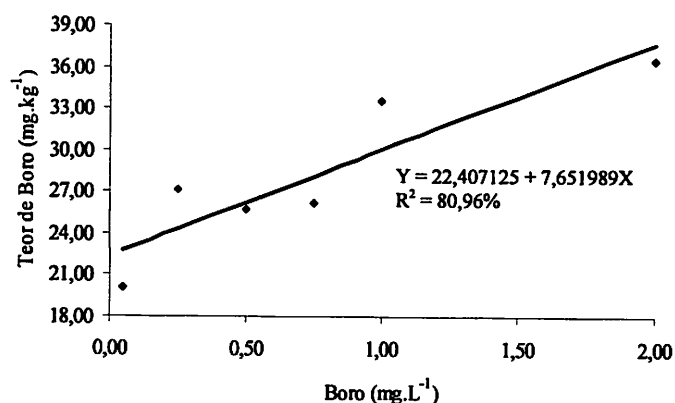


FIGURA 18. Teor de boro (mg.kg^{-1}) no sistema radicular de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

No estudo realizado por Furlani et al. (2003), testando diferentes doses de boro em solução nutritiva no cultivo de cultivares de trigo, esses autores também observaram o aumento linear no teor de boro contido nas raízes. Já, na matéria seca das raízes de plantas de paricá cultivadas sob doses de boro em solução nutritiva foi detectado por Lima et al. (2003), que o teor de boro aumentou até a dose de $1,90 \text{ mg.dm}^{-3}$. Ainda, mencionando o trabalho de Almeida (2007), as raízes das plantas de copo-de-leite desenvolvidas na omissão de boro continham em média o teor de boro de $38,72 \text{ mg.kg}^{-1}$ e as raízes desenvolvidas na solução nutritiva com $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro concentraram em média $31,59 \text{ mg.kg}^{-1}$.

As plantas de copo-de-leite desenvolvidas sob diferentes doses de boro em solução nutritiva responderam de forma linear positiva em relação ao teor de boro contido no sistema radicular, variando esse teor de 22 a 38 mg.kg^{-1} , sendo que quanto maior a dose de boro na solução, maior absorção desse

micronutriente pelo sistema radicular. Esse comportamento não foi semelhante em relação à parte aérea, constituída pelas folhas, onde o teor variou entre 24 e 41 mg.kg⁻¹, ocorrendo o aumento no teor até a dose estimada de 1,10 mg.L⁻¹ de boro.

O boro em solução chega até a área de absorção radicular por fluxo de massa, e devido a esse transporte passivo, é possível que ocorra absorção de quantidades tóxicas de boro pelo sistema radicular das plantas quando a concentração desse nutriente na solução é elevada (Dechen & Nachtigall, 2006).

O maior teor de boro nas inflorescências foi obtido na dose estimada de 0,99 mg.L⁻¹ de boro, com 29,87 mg.kg⁻¹ na matéria seca (Figura 19).

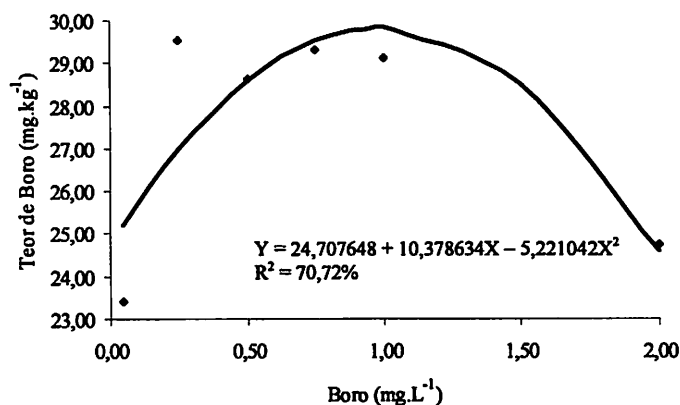


FIGURA 19. Teor de boro (mg.kg⁻¹) nas inflorescências de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

O teor de boro nas inflorescências variou entre 24 e 30 mg.kg⁻¹, sendo esse intervalo menor em comparação aos intervalos dos teores contidos no sistema radicular e nas folhas das plantas cultivadas nas diferentes doses de boro em solução nutritiva, contudo, a resposta as doses de boro no teor desse

nutriente nas inflorescências foi semelhante à nas folhas, aumentando até a dose estimada de 0,99 mg.L⁻¹ de boro.

Os acúmulos de boro nas folhas, no rizoma, no sistema radicular e nas inflorescências de copo-de-leite foram diferentes em função das doses de boro testadas na solução nutritiva (Tabela 15A). O maior acúmulo de boro nas folhas ocorreu na dose estimada de 1,04 mg.L⁻¹, com acúmulo de 982,90 µg.planta⁻¹ (Figura 20).

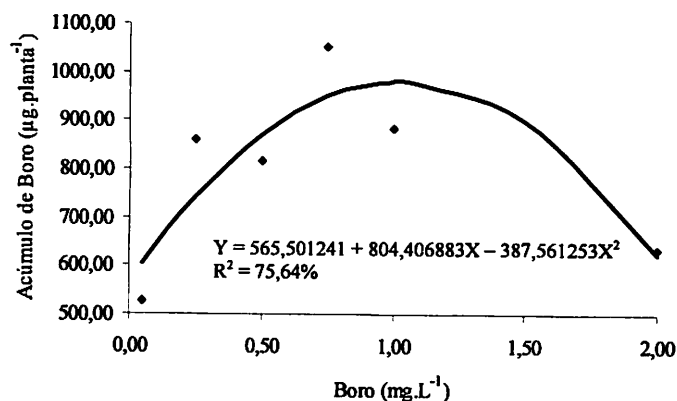


FIGURA 20. Acúmulo de boro (µg.planta⁻¹) nas folhas de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Em plantas de paricá crescidas sob diferentes doses de boro em solução nutritiva, Lima et al. (2003), verificaram o aumento no acúmulo de boro na parte aérea até a dose de 0,56 mg.dm⁻³, com o acúmulo máximo de 636,01 µg.planta⁻¹ na matéria seca. Em estudo realizado por Rodas (2008), em morangueiro, as plantas cultivadas em solução nutritiva com omissão de boro tiveram um acúmulo na parte aérea de 614,88 µg.planta⁻¹ de boro e as cultivadas na solução com 0,50 mg.L⁻¹ de boro (solução completa), o acúmulo de boro foi de 1806,38 µg.planta⁻¹ na parte aérea. Comparando esses resultados com o obtido nesse trabalho, pode-se inferir que o copo-de-leite não difere em relação ao acúmulo

de boro nas folhas, independente das doses testadas, pois as plantas acumularam entre 600 e 1000 $\mu\text{g.planta}^{-1}$, sendo o maior acúmulo obtido na dose de 1,04 mg.L^{-1} de boro na solução.

No rizoma, o maior acúmulo de boro foi obtido na dose de 1,27 mg.L^{-1} de boro, com o acúmulo de 78,99 $\mu\text{g.planta}^{-1}$ (Figura 21).

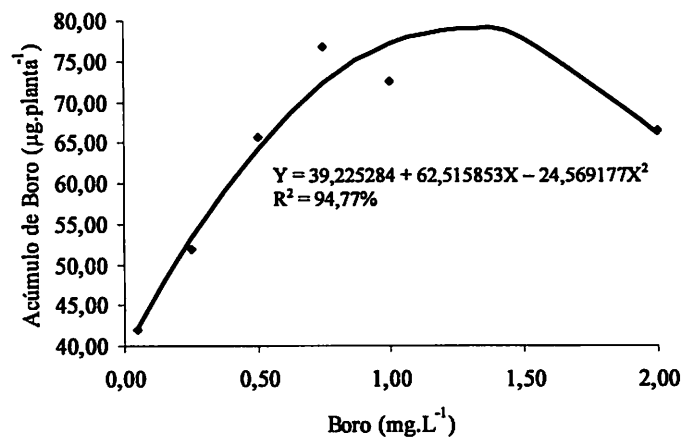


FIGURA 21. Acúmulo de boro ($\mu\text{g.planta}^{-1}$) no rizoma de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

O maior acúmulo de boro no sistema radicular ocorreu na dose estimada de 1,43 mg.L^{-1} de boro, cujo acúmulo foi de 115,01 $\mu\text{g.planta}^{-1}$ (Figura 22).

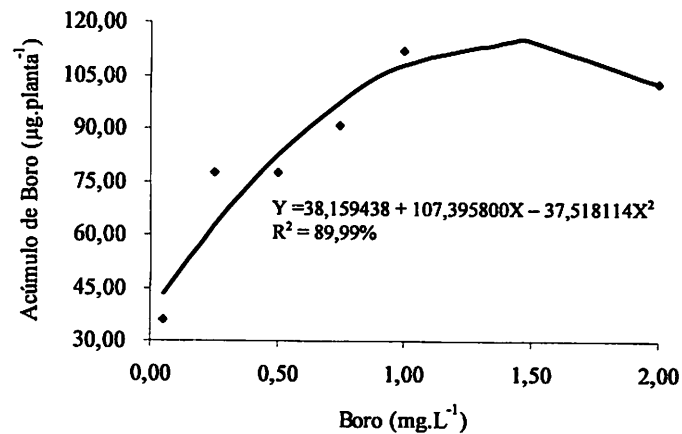


FIGURA 22. Acúmulo de boro ($\mu\text{g.planta}^{-1}$) no sistema radicular de plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

No estudo realizado por Lima et al. (2003), em plantas de paricá cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, esses autores verificaram o acréscimo no acúmulo de boro nas raízes até a dose de $0,60 \text{ mg.dm}^{-3}$, com o acúmulo máximo de $88,20 \mu\text{g.planta}^{-1}$.

Nas inflorescências, o acúmulo de boro aumentou até a dose de $1,05 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo de $106,19 \mu\text{g.planta}^{-1}$ (Figura 23).

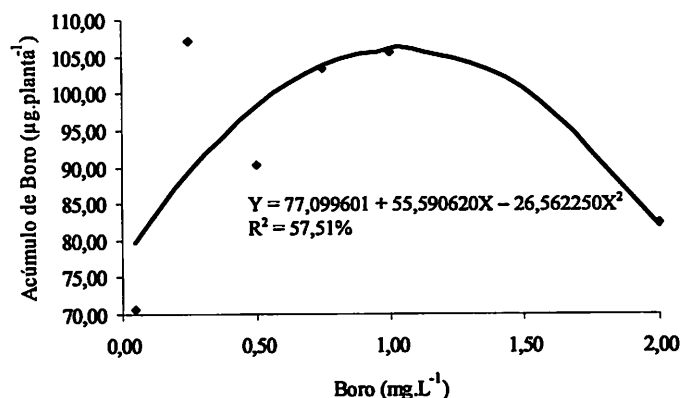


FIGURA 23. Acúmulo de boro ($\mu\text{g.plantá}^{-1}$) nas inflorescências produzidas de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de boro durante os 210 dias de cultivo.

O acúmulo de boro na planta está relacionado com a quantidade do nutriente acumulada na matéria seca em seus órgãos. O teor de boro é a quantidade do nutriente contido em 1 kg de matéria seca de um determinado órgão. O acúmulo de boro nos diferentes órgãos da planta foi determinado com base no teor do nutriente contido e no acúmulo de matéria seca de cada órgão, multiplicando-se o teor pela matéria seca correspondente.

Ao comparar os acúmulos de boro obtidos nos diferentes órgãos das plantas de copo-de-leite cultivadas sob doses de boro em solução nutritiva, nota-se que as folhas tiveram um acúmulo maior, com valor estimado de $982,90 \mu\text{g.plantá}^{-1}$. O rizoma acumulou menos boro que os demais órgãos, cujo teor foi de $78,99 \mu\text{g.plantá}^{-1}$. O sistema radicular e as inflorescências tiveram acúmulos de boro semelhantes.

A parte aérea da planta de copo-de-leite é composta somente pelas folhas, pois o caule dessa espécie vegetal é subterrâneo, denominado rizoma. Assim, a maior concentração em matéria seca foi obtida pelas folhas, e os demais órgãos das plantas obtiveram matérias secas semelhantes. O acúmulo

médio em matéria seca da parte aérea correspondeu a 77,27% do acúmulo da planta. Os acúmulos médios do rizoma e do sistema radicular corresponderam a 13,07% e 9,66%, respectivamente. Essa relação de acúmulo em matéria seca dos órgãos das plantas de copo-de-leite foi calculada com base nas médias gerais obtidas. Comparando a matéria seca obtida pelos órgãos das plantas e os acúmulos de boro, pode-se inferir que a parte aérea acumula mais boro que as demais partes da planta. Assim, a folha é o órgão das plantas que mais acumula boro (Sotiropoulos et al., 1999). Resultados semelhantes foram obtidos por Rosolem (1999), em cultivares de algodão crescidos em diferentes doses de boro em solução nutritiva e por Prado et al. (2006), em mudas de maracujazeiro desenvolvidas em diferentes doses de boro aplicadas no solo em vaso.

4.5 Translocação de boro

A translocação de boro na planta foi obtida pela razão entre o acúmulo de boro nas folhas e o acúmulo total de boro na planta, que corresponde ao somatório dos acúmulos nas folhas, no rizoma, no sistema radicular e nas inflorescências.

A translocação de boro em copo-de-leite desenvolvido sob doses de boro em solução nutritiva foi diferente (Tabela 16A). A translocação diminuiu linearmente em função das doses aplicadas, sendo que na menor dose, as plantas translocaram em média 79,21% de boro e na maior dose, as plantas translocaram em média 71,80% de boro (Figura 24).

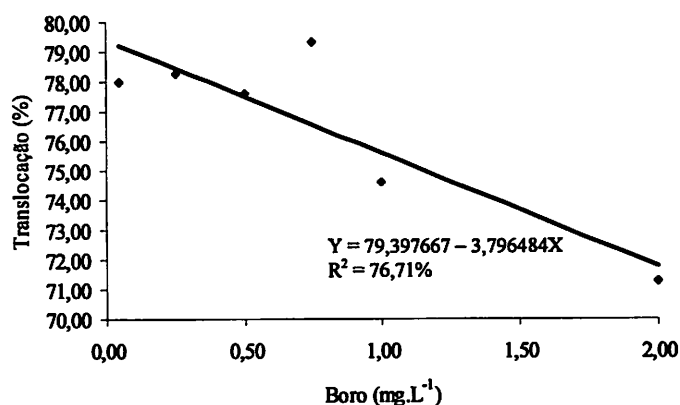


FIGURA 24. Translocação de boro (%) em plantas de copo-de-leite cultivadas em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Em doses menores, todo o boro absorvido pelas raízes foi translocado para a parte aérea das plantas de copo-de-leite, justificando assim, a não ocorrência de deficiência nas folhas e a formação de menor volume de raízes.

Resultado semelhante foi observado por Prado et al. (2006), em mudas de maracujazeiro desenvolvidas sob diferentes doses de boro, ocorrendo redução linear do índice de translocação de boro. Esses autores também relatam que as plantas deficientes em boro apresentaram maior habilidade no transporte desse nutriente das raízes para a parte aérea.

O boro, na maioria das plantas, não é redistribuído das folhas ou de outros órgãos para suprir as necessidades do crescimento. Esse micronutriente é translocado na planta principalmente através do xilema, sendo a mobilidade no floema muito limitada. Assim, o boro é acumulado nas folhas velhas e a parte aérea das plantas concentra mais boro do que o sistema radicular (Dechen & Nachtigall, 2006; Malavolta, 2006).

4.6 Exportação de boro pelas inflorescências

A exportação de boro pelas inflorescências de copo-de-leite produzidas durante os 210 dias de cultivo das plantas sob doses de boro em solução nutritiva foi determinada pela razão entre o acúmulo de boro nas inflorescências e o acúmulo total de boro na planta, sendo que houve diferença entre os tratamentos testados (Tabela 16A).

A exportação de boro foi menor na dose estimada 1,14 mg.L⁻¹, com 8,38% desse micronutriente exportado pelas inflorescências (Figura 25).

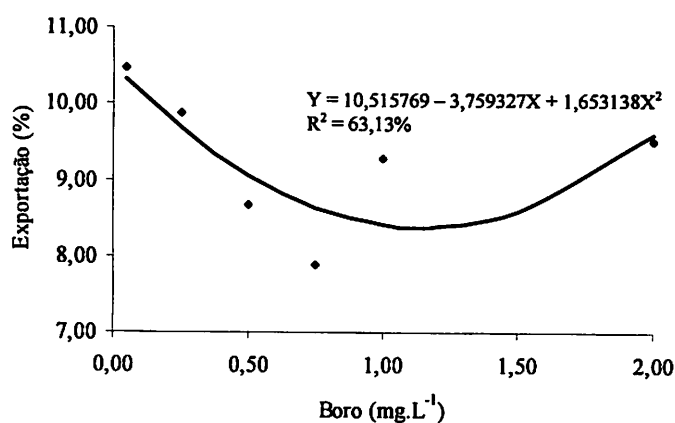


FIGURA 25. Exportação de boro (%) nas inflorescências de copo-de-leite cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de boro, após 210 dias de cultivo.

Em doses menores e superiores a 1,14 mg.L⁻¹ de boro, observa-se que houve uma maior concentração de boro nas inflorescências emitidas. Nas doses menores, a causa dessa maior exportação pode ter ocorrido para suprir a necessidade de boro pelas inflorescências, para que essas suportassem uma possível deficiência desse nutriente. Já em doses superiores, a maior exportação pode ter sido por causa de um possível fornecimento elevado de boro no cultivo de copo-de-leite.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, pode-se concluir que:

- A parte aérea e as inflorescências de plantas de copo-de-leite cultivadas nas doses de 0,05 a 2,00 mg.L⁻¹ de boro não manifestaram sintomas visuais de deficiência ou de toxidez desse micronutriente.
- O sistema radicular das plantas cultivadas na dose de 0,05 mg.L⁻¹ de boro na solução nutritiva teve o crescimento reduzido.
- A melhor dose para o desenvolvimento adequado das plantas de copo-de-leite em solução nutritiva é de 1,20 mg.L⁻¹ de boro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concentração de boro na solução de Hoagland & Arnon (1950), é de $0,50 \text{ mg.L}^{-1}$, na forma de ácido bórico, sendo essa solução bastante utilizada em experimentos de nutrição mineral de plantas. No desenvolvimento de plantas de copo-de-leite sob diferentes doses de boro nessa solução, observou-se que a melhor dose foi de $1,20 \text{ mg.L}^{-1}$. Assim, o copo-de-leite requer para o seu crescimento e desenvolvimento uma dose de boro bem maior que a recomendada pela solução de Hoagland & Arnon (1950).

A faixa entre a deficiência e a toxidez de boro no cultivo de copo-de-leite em solução nutritiva foi ampla nas condições testadas nesse trabalho, com doses variando entre $0,25$ a $2,00 \text{ mg.L}^{-1}$ desse nutriente.

Estudos com doses maiores a $2,00 \text{ mg.L}^{-1}$ de boro na solução podem ser realizados com o intuito de verificar a toxidez por esse micronutriente no cultivo de copo-de-leite.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. *Acta Horticulturae*, Cagliari, v. 1, n. 361, p. 245-257, June 1994.

ALMEIDA, E. F. A. **Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada.** 2007. 109 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. Cultivo de copo-de-leite. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 30-35, 2005.

ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura 2: cultivo de copo-de-leite.** Lavras: UFLA, 2004. 28 p. Texto acadêmico.

ATKINSON, D. Root characteristics: why and what to measure. In: SMIT, A. L.; BENGOUGH, A. G.; ENGELS, C.; NOORDWIJK, M. van.; PELLERIN, S.; GEIJNK, S. C. van de. (Ed.). **Root methods: a handbook.** Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 305-341.

BACKES, F. A. A. L.; BARBOSA, J. G.; CECON, P. R.; GROSSI, J. A. S.; BACKES, R. L.; FINGER, F. L. Cultivo hidropônico de lisianto para flor de corte em sistema de fluxo laminar de nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1561-1566, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n11/v42n11a07.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

BACKES, F. A. A. L.; BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; BACKES, R. L.; FINGER, F. L. Concentração e conteúdo de nutrientes em lisianto, cultivado em hidroponia, em sistema NFT. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 4, p. 495-500, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5304/5304>>. Acesso em: 13 nov. 2008.

BARBOSA, J. G.; KAMPF, A. N.; MARTINEZ, H. E. P.; KOLLER, O. C.; BOHNEN, H. Chrysanthemum cultivation in expanded clay: I. effect of the nitrogen-phosphorus-potassium ratio in the nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, v. 23, n. 9, p. 1327-1336, Sept. 2000.

BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; KAMPF, A. N. Acúmulo de macronutrientes em plantas de crisântemo sob cultivo hidropônico em argila expandida para flor de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 593-601, abr. 1999.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. **Manejo do solo e adubação para plantas ornamentais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 147 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília: SNI/INME, 1992. 84 p.

BROWN, J. C. Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress: iron deficiency and boron toxicity in alkaline soils. In: **WORKSHOP ON PLANT ADAPTATION TO MINERAL STRESS IN PROBLEM SOILS, 1976**, Beltsville. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1976. p. 83-94.

BROWN, P. H.; PICCHIONI, G.; JENKIN, M.; HU, H. Use of ICP-MS and ¹⁰B to trace the movement of boron in plants and soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, n. 17/20, p. 2781-2807, Nov. 1992.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 2, p. 71-83, June 1997.

CHAPMAN, K. S. R.; JACKSON, J. F. Increased RNA labelling in boron-deficient root-tip segments. **Phytochemistry**, Oxford, v. 13, n. 8, p. 1311-1318, Aug. 1974.

CORRÊA, J. C.; COSTA, A. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M. Doses de boro e crescimento radicular e da parte aérea de cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1077-1082, nov./dez. 2006. Disponível em: <<http://scielo.br/pdf/rbcs/v30n6/a17v30n6.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2009.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de Maria Edna Tenório Nunes. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p. Título original: Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p. Texto acadêmico.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. M. Nutrição de micronutrientes em mudas de goiabeira em resposta ao uso de soluções nutritivas. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30 n. 3, p. 403-408, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/3552/2495>>. Acesso em: 13 nov. 2008.

FURLANI, A. M. C.; CARVALHO, C. P.; FREITAS, J. G.; VERDIAL, M. F. V. Wheat cultivar tolerance to boron deficiency and toxicity in nutrient solution. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 359-370, Apr./June 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v60n2/15340.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180).

GUPTA, U. C. Boron nutrition of crops. In: BRADY, N. C. (Ed.). **Advances in agronomy**. New York: Academic, 1979. v. 31, p. 273-307.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: The College of Agriculture University of California-California Agricultural Experimental Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 2, p. 49-58, June 1997.

HU, H.; PENN, S. G.; LEBRILLA, C. B.; BROWN, P. H. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants: the mechanism of phloem mobility of boron. **Plant Physiology**, Rockville, v. 113, n. 2, p. 649-655, Feb. 1997.

JARVIS, B. C. Endogenous control of adventitious rooting in non woody cuttings. In: JACKSON, M. B. (Ed.). **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p. 191-222.

KRUEGER, R. W., LOVATT, C. J.; ALBERT, L. S. Metabolic requirement of *Cucurbita pepo* for boron. **Plant Physiology**, Rockville, v. 83, n. 2, p. 254-258, Feb. 1987.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura: produção e comercialização no estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2008. 101 p.

LIMA, S. F.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, C. A. Z.; CORRÊA, F. L. O. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.) submetido à aplicação de doses de boro. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 192-204. jul./dez. 2003. Disponível em: <<http://www.dcf.ufla.br/CERNE/Revista9n2-2003/%5B6%5D%20Comportamento%20do%20Paric%C3%A1%20-%20Sebasti%C3%A3o%20Ferreira%20Lima.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001. 1088 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Metodologia para análise de elemento em material vegetal. In: _____. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. p. 231-307.

MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja-perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes.** 2008. 103 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-15072008-125744/>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

MARCHETTI, M. E.; MOTOMYA, W. R.; FABRÍCIO, A. C.; NOVELINO, J. O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewFile/2566/2052>>. Acesso em: 16 nov. 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. New York: Academic, 1995. 889 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

MORAES-DALLAQUA, M. A.; BELTRATI, C. M.; RODRIGUES, J. D. Anatomia de ápices radiculares de feijão cv. carioca submetidos a níveis de boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 425-430, jul./set. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n3/2671.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2009.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA/SEA, 1991. p. 189-253.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants.** Portland: Timber, 1990. 210 p.

PARKER, D. R.; NORVELL, W. A. Advances in solution culture methods for plant mineral nutrition research. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy.** New York: Academic, 1999. v. 65, p. 151-213.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, K. N.; BOSABALIDIS, A. M.; THERIOS, I. N.; PATAKAS, A.; GIANNAKOULA, A. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' orange plants grafted on two rootstocks. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 3, p. 247-257, June 2004.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 305-309, ago. 2006. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/deptos/solos/renato/74.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2009.

PILLA, M. A. C.; HABER, L. L.; GRASSI FILHO, H. Uso racional de nutrientes no cultivo hidropônico de amor-perfeito. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 367-375, jul./set. 2006.

POWER, P. P.; WOODS, W. G. The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 2, p. 1-13, June 1997.

RÉGENT INSTRUMENTS. Imagem Analysis Systems for Plant Science. **WinRHIZO**[®], Canadian, 2004. Disponível em: <<http://www.regentinstruments.com>>. Acesso em: 04 fev. 2009.

RERKASEM, B.; JAMJOD, S. Genotypic variation in plant response to low boron and implications for plant breeding. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n. 2, p. 169-180, June 1997.

REZENDE, R. K. S. **Aspectos do cultivo *in vitro* e divergência genética em gébera (*Gerbera jamesonii*)**. 2005. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBEIRO, A. C.; BRAGA, J. M. Adsorção de boro pelo solo. **Experientiae**, Viçosa, v. 17, n. 12, p. 293-310, 1974.

RODAS, C. L. **Deficiências nutricionais no morangueiro: caracterização de sintomas visuais, produção e nutrição mineral**. 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSOLEM, C. A.; ESTEVES, J. A. F.; FERELLI, L. Resposta de cultivares de algodão ao boro em solução nutritiva. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 705-711, jul. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000300027&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 11 fev. 2009.

SALINGER, J. P. **Producción comercial de flores**. Zaragoza: Acribia, 1991. 371 p.

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, n. 2, p. 325-331, mar./abr. 2003. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/revista/27_2/art11.PDF>. Acesso em: 16 nov. 2008.

SILBERBUSH, M.; LIETH, J. H. Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 101, n. 1/2, p. 127-141, May 2004.

SILVA, D. H. **Boro em mamoneira: aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à deficiência e toxicidade**. 2007. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-11072007-162028/>>. Acesso em: 4 nov. 2008.

SILVA, D. H.; ROSSI, M. L., BOARETTO, A. E.; NOGUEIRA, N. L.; MURAOKA, T. Boron affects the growth and ultrastructure of castor bean plants. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 659-664, Nov./Dec. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v65n6/14.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2009.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; BATAGLIA, O. C.; HIROCE, R. Efeitos do boro em algodoeiro cultivado em condições de casa de vegetação. *Bragantia*, Campinas, v. 38, n. 1, p. 153-164, 1979. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v38n1/16.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2009.

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, jun. 2000. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr57/cap04.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

SOTIROPOULOS, T. E.; THERIOS, I. N.; DIMASSI, K. N. Calcium application as a means to improve tolerance of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* L.) to boron toxicity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 81, n. 4, p. 443-449, Oct. 1999.

STEINER, A. A. The universal solution. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Lunteren. **Proceedings...** Lunteren: ISOSC, 1984. p. 633-649.

TIJA, B. O. *Zantedeschia*. In: HALEVY, A. H. (Ed.). **Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC, 1989. v. 6, 753 p.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R.; ROSA, M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A. Resumo das análises de variância para as alturas inicial (H_i), final (H_f) e incremento em altura ($\Delta H = H_f - H_i$) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008....	61
TABELA 2A. Resumo das análises de variância para número de folhas (NF), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF) e comprimento do pecíolo da folha (CP) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	61
TABELA 3A. Resumo das análises de variância para diâmetro do rizoma (DR) e número de brotos (NB) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	61
TABELA 4A. Resumo das análises de variância para comprimento total de raízes (CTR), área de superfície total de raízes (ASTR) e volume total de raízes (VTR) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008	62
TABELA 5A. Resumo das análises de variância para diâmetro médio radicular (DMR) e densidade de comprimento radicular (DCR) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	62
TABELA 6A. Resumo das análises de variância para comprimento de raízes (CR) distribuído em diferentes intervalos de diâmetros radiculares de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	62

TABELA 7A. Resumo das análises de variância para área de superfície de raízes (ASR) distribuída em diferentes intervalos de diâmetros radiculares de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	63
TABELA 8A. Resumo das análises de variância para volume de raízes (VR) distribuído em diferentes intervalos de diâmetros radiculares de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	63
TABELA 9A. Resumo das análises de variância para número de inflorescências produzidas (NIP), comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento da espata (CE) e largura da espata (LE) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	64
TABELA 10A. Resumo das análises de variância para matéria fresca dos limbos (MFL), dos pecíolos (MFP) e das folhas inteiras (MFF) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	64
TABELA 11A. Resumo das análises de variância para matéria fresca do rizoma (MFR), do sistema radicular (MFSR) e da planta (MFPA) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008...	64
TABELA 12A. Resumo das análises de variância para matéria seca dos limbos (MSL), dos pecíolos (MSP) e das folhas inteiras (MSF) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....,	65
TABELA 13A. Resumo das análises de variância para matéria seca do rizoma (MSR), do sistema radicular (MSSR), da inflorescência emitida (MSIE) e da planta (MSPA) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	65

TABELA 14A. Resumo das análises de variância para teor de boro nas folhas (TBF), no rizoma (TBR), no sistema radicular (TBSR) e nas inflorescências produzidas (TBI) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	65
TABELA 15A. Resumo das análises de variância para acúmulo de boro nas folhas (ABF), no rizoma (ABR), no sistema radicular (ABSR) e nas inflorescências produzidas (ABI) em plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	66
TABELA 16A. Resumo das análises de variância para translocação de boro nas plantas (TB) e exportação de boro pelas inflorescências (EBI) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.....	66

TABELA 1A. Resumo das análises de variância para as alturas inicial (H_i), final (H_f) e incremento em altura ($\Delta H = H_f - H_i$) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		H_i	H_f	$\Delta H = H_f - H_i$
Doses de boro	5	17,9440 ^{ns}	78,6267*	53,3387*
Resíduo	54	8,0279	24,8630	21,9219
Média geral		26,56	68,27	41,71
CV (%)		10,67	7,30	11,23

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste de F.

TABELA 2A. Resumo das análises de variância para número de folhas (NF), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF) e comprimento do pecíolo da folha (CP) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		NF	CF	LF	CP
Doses de boro	5	0,1100 ^{ns}	14,8142*	8,3867 ^{ns}	35,4275 ^{ns}
Resíduo	54	1,0056	5,7162	7,8574	45,2551
Média geral		5,95	27,91	24,77	65,18
CV (%)		16,85	8,57	11,32	10,32

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste de F.

TABELA 3A. Resumo das análises de variância para diâmetro do rizoma (DR) e número de brotos (NB) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		DR	NB**
Doses de boro	5	0,0972 ^{ns}	0,7924 ^{ns}
Resíduo	54	0,2764	0,4124
Média geral		2,79	1,51
CV (%)		18,85	42,54

^{ns}Não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

**Dados transformados pela fórmula $\sqrt{x+1}$.

TABELA 4A. Resumo das análises de variância para comprimento total de raízes (CTR), área de superfície total de raízes (ASTR) e volume total de raízes (VTR) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		CTR	ASTR	VTR
Doses de boro	5	137 267 885,0170*	4 859 227,0510*	1 180,6625*
Resíduo	54	11 154 768,3694	305 725,3670	126,5901
Média geral		15 777,22	2 880,01	43,22
CV (%)		21,17	19,20	26,03

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 5A. Resumo das análises de variância para diâmetro médio radicular (DMR) e densidade de comprimento radicular (DCR) de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		DMR	DCR
Doses de boro	5	0,0026 ^{ns}	1525,1987*
Resíduo	54	0,0066	123,9419
Média geral		0,60	52,59
CV (%)		13,62	21,17

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste de F.

TABELA 6A. Resumo das análises de variância para comprimento de raízes (CR) distribuído em diferentes intervalos de diâmetros radiculares de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		0,00 < CR ≤ 0,50	0,50 < CR ≤ 1,00	1,00 < CR ≤ 1,50
Doses de boro	5	72 779 547,3778*	2 803 572,2788*	415 738,7325*
Resíduo	54	9 830 567,3384	342 279,3712	44 322,0224
Média geral		11 760,08	2 099,15	757,35
CV (%)		26,66	27,87	27,80

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		1,50 < CR ≤ 2,00	2,00 < CR ≤ 2,50	CR > 2,50
Doses de boro	5	134 036,9559*	53 516,9350*	117 809,7649*
Resíduo	54	11 500,8291	6 495,7018	12 045,2019
Média geral		458,18	298,02	371,05
CV (%)		23,41	27,04	29,58

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 7A. Resumo das análises de variância para área de superfície de raízes (ASR) distribuída em diferentes intervalos de diâmetros radiculares de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		0,00 < ASR ≤ 0,50	0,50 < ASR ≤ 1,00	1,00 < ASR ≤ 1,50
Doses de boro	5	343 035,4025*	135 842,9270*	61 394,4845*
Resíduo	54	59 575,9997	17 024,1491	4 848,5878
Média geral		850,60	454,97	290,87
CV (%)		28,70	28,68	23,94

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		1,50 < ASR ≤ 2,00	2,00 < ASR ≤ 2,50	ASR > 2,50
Doses de boro	5	39 450,7407*	18 476,0133*	133 014,4967*
Resíduo	54	3 195,2295	2 414,5580	13 188,4325
Média geral		249,59	203,17	378,72
CV (%)		22,65	24,19	30,32

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 8A. Resumo das análises de variância para volume de raízes (VR) distribuído em diferentes intervalos de diâmetros radiculares de plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		0,00 < VR ≤ 0,50	0,50 < VR ≤ 1,00	1,00 < VR ≤ 1,50
Doses de boro	5	16,4342*	45,4941*	58,9972*
Resíduo	54	3,1030	3,9742	5,2018
Média geral		6,23	8,16	9,01
CV (%)		28,29	24,42	25,30

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		1,50 < VR ≤ 2,00	2,00 < VR ≤ 2,50	VR > 2,50
Doses de boro	5	74,5242*	57,8202*	1 112,9016*
Resíduo	54	4,4391	7,3293	97,3408
Média geral		10,89	11,37	32,84
CV (%)		19,34	23,81	30,05

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 9A. Resumo das análises de variância para número de inflorescências produzidas (NIP), comprimento da haste (CH), diâmetro da haste (DH), comprimento da espata (CE) e largura da espata (LE) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		NIP	CH	DH	CE	LE
Doses de boro	5	0,3344 ^{ns}	378,3030 ^{ns}	0,0530 ^{ns}	1,3287 ^{ns}	1,8149 ^{ns}
Resíduo	54	0,1575	188,7295	0,0301	0,9129	0,9499
Média geral		1,24	66,86	1,42	14,53	11,68
CV (%)		32,07	20,55	12,17	6,58	8,35

^{ns}Não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 10A. Resumo das análises de variância para matéria fresca dos limbos (MFL), dos pecíolos (MFP) e das folhas inteiras (MFF) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		MFL	MFP	MFF
Doses de boro	5	430,2484 ^{ns}	4 157,3667 ^{ns}	7 082,8103 ^{ns}
Resíduo	54	634,2294	3 327,2789	6 513,9598
Média geral		97,06	243,77	340,83
CV (%)		25,95	23,66	23,68

^{ns}Não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 11A. Resumo das análises de variância para matéria fresca do rizoma (MFR), do sistema radicular (MFSR) e da planta (MFPA) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		MFR	MFSR	MFPA
Doses de boro	5	247,0123 ^{ns}	11 593,9275*	28 494,8211 ^{ns}
Resíduo	54	129,5562	1 628,5274	13 855,8293
Média geral		31,29	121,81	493,93
CV (%)		36,37	33,13	23,83

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste de F.

TABELA 12A. Resumo das análises de variância para matéria seca dos limbos (MSL), dos pecíolos (MSP) e das folhas inteiras (MSF) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		MSL	MSP	MSF
Doses de boro	5	10,1266 ^{ns}	23,8438 ^{ns}	60,2318 ^{ns}
Resíduo	54	5,2009	10,8292	29,9382
Média geral		9,53	13,34	22,87
CV (%)		23,93	24,67	23,92

^{ns}Não significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 13A. Resumo das análises de variância para matéria seca do rizoma (MSR), do sistema radicular (MSSR), da inflorescência emitida (MSIE) e da planta (MSPA) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		MSR	MSSR	MSIE	MSPA
Doses de boro	5	1,8712 ^{ns}	3,3818*	0,6551 ^{ns}	80,2344 ^{ns}
Resíduo	54	2,4387	1,2785	0,4285	57,5092
Média geral		3,87	2,86	3,39	29,60
CV (%)		40,34	39,53	19,33	25,62

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

^{ns}Não significativo pelo teste de F.

TABELA 14A. Resumo das análises de variância para teor de boro nas folhas (TBF), no rizoma (TBR), no sistema radicular (TBSR) e nas inflorescências produzidas (TBI) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		TBF	TBR	TBSR	TBI
Doses de boro	5	354,4475*	177,8244*	351,0490*	70,7769*
Resíduo	54	17,6418	7,0049	14,9107	5,7521
Média geral		34,32	16,40	28,21	27,46
CV (%)		12,24	16,14	13,69	8,73

*Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

UFLA - BIBLIOTECA CENTRAL

TABELA 15A. Resumo das análises de variância para acúmulo de boro nas folhas (ABF), no rizoma (ABR), no sistema radicular (ABSR) e nas inflorescências produzidas (ABI) em plantas de copo-de-leite cultivadas em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios			
		ABF	ABR	ABSR	ABI
Doses de boro	5	352 459,4642*	1729,1122*	7143,5892*	2173,4445*
Resíduo	54	17 617,6281	151,4605	321,1226	97,8958
Média geral		795,86	62,57	82,85	93,24
CV (%)		16,68	19,67	21,63	10,61

* Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

TABELA 16A. Resumo das análises de variância para translocação de boro nas plantas (TB) e exportação de boro pelas inflorescências (EBI) de copo-de-leite cultivado em diferentes doses de boro em solução nutritiva. UFLA, Lavras-MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		TB	EBI
Doses de boro	5	91,2029*	8,2781*
Resíduo	54	10,5233	2,4313
Média geral		76,52	9,28
CV (%)		4,24	16,79

* Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.