

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ABSORÇÃO DE BORO E CRESCIMENTO DO
MARACUJAZEIRO ADUBADO COM BORO E
MATERIAL DE CUPINZEIRO**

GISELE GARCIA DE SOUSA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2009**

**ABSORÇÃO DE BORO E CRESCIMENTO DO
MARACUJAZEIRO ADUBADO COM BORO E MATERIAL DE
CUPINZEIRO**

GISELE GARCIA DE SOUSA
Engenheira Agrônoma

Orientador: PROF. DR. JOSÉ OSCAR NOVELINO

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2009

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD

631.82 S725a	Sousa, Gisele Garcia de Absorção de boro e crescimento do maracujazeiro adubado com boro e material de cupinzeiro. / Gisele Garcia de Sousa. -- Dourados, MS : UFGD, 2009. 28f. Orientador: Prof. Dr. José Oscar Novelino. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Adubação – Boro. 2. Biofertilizantes. 3. Maracujá – Cultura. I. Título.
-----------------	---

**ABSORÇÃO DE BORO E CRESCIMENTO DO MARACUJAZEIRO
ADUBADO COM BORO E MATERIAL DE CUPINZEIRO**

por

Gisele Garcia de Sousa

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 29/06/2009

Prof. Dr. José Oscar Novelino
Orientador – UFGD/FCA

Prof^ª. Dra. Silvana de P. Quintão Scalon
Co-Orientador - UFGD/FCA

Prof^ª. Dra. Marlene Estevão Marchetti
UFGD/FCA

Prof. Dr. Raphael Maia Aveiro Cessa
UEMS

A Deus, fonte de toda a vida,

OFEREÇO.

“Tu és minha vida, outro Deus não há,
Tu és minha estrada, a minha verdade.
Em tua palavra eu caminharei,
enquanto eu viver e até quando Tu quiseres.
Já não sentirei temor, pois estás aqui,
Tu estás no meio de nós...
...Tu és minha paz, minha liberdade.
Nada nesta vida nos separará
Em tuas mãos seguras minha vida guardarás...”

Aos meus pais:

João Guimarães de Sousa
&
Ivanilda Garcia de Sousa

E aos meus filhos:

Luciano e Adriana

A minhas irmãs e irmão:

Gislene, Geysse e Gilberto

DEDICO.

Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer.

Obrigada a vocês, pelo apoio que sempre de deram nas minhas decisões e escolhas de vida.

Amo Vocês!

Aos meus amigos (a): Vanessa, Aida, Laura, Graziela, José Soares, Flavio Oliveira, Minari, Marcio Sandrini e Edson Talarico.

AGRADEÇO.

"O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos como algo separado do resto do universo, numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é uma espécie de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto por pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá alcançar completamente esse objetivo, mas lutar pela sua realização já é por si só parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior".

(Albert Einstein)

**Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse
feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser..
mas Graças a Deus, não somos o que éramos,
Imenso amor e carinho tenho por vocês!
Obrigada por tudo!!!**

(Gisele Garcia de Sousa)

AGRADECIMENTOS

“Te agradecerei, Senhor, de todo o meu coração”

Salmo 137: 1

Aos meus pais pelo incentivo durante essa caminhada, e por todos os valores que a mim ensinaram;

À Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, pela oportunidade a mim concedida;

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia que tornou possível a realização deste trabalho;

À Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela gentileza, orientação e apoio.

Ao Prof. Dr. José Oscar Novelino, pela orientação, apoio, sugestões, pela amizade, por todos os ensinamentos, pelo exemplo profissional e de vida, pela confiança em mim depositada, pela imensa contribuição para meu crescimento como pessoa e como profissional, paciência, estímulo, agradável convivência e pelo carinho a mim dedicado.

Aos professores (as) Manoel, Silvana, Marlene, Yara, Paula, Munir, Maria do Carmo, Honório, Lilian e Nestor pelo apoio, amizade e incentivos a mim prestados;

Ao Paulo meu amor pelo seu carinho, amor e dedicação, pelo apoio e compreensão a todos os momentos;

Aos meus irmãos (Gislene, Gilberto e Geysel) e aos meus cunhados (Cleir e Edilson) pelo apoio dado aos meus estudos, pelo carinho e compreensão;

A Gislene e Cleir, em especial pelo apoio, assistência, paciência e acolhimento para que eu pudesse concluir meu curso;

Aos meus sobrinhos Junior, Keko, Julia, Gabriela e Livia, por terem tornado os meus dias mais felizes;

Aos meus colegas de trabalho Fernando, Carlos Henrique, Marivaldo, João Sotoya, Sidney, Fábio, Carlos Gonçalves, Oliveira, Gladys, Wylker, Rubens, Raquel, Antônio Carlos, Marivilson, Sebastião e Regiane, pelo apoio, compreensão.

Ao Rodrigo pelo apoio, amizade, dedicação sempre presente em toda realização do trabalho;

Aos demais colegas de turma, pelo convívio e amizade durante o curso;

A todos que de alguma forma participaram deste trabalho e de minha vida acadêmica e profissional, o meu muito obrigado, e que Deus conceda a cada um, o dobro do bem que me fizeram!

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos gerais da cultura do maracujazeiro	2
2.2 Boro no sistema solo-planta	4
2.3 O material de cartão de ninhos de cupins de montículo	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Local do experimento e tipo de solo	9
3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	9
3.3 Instalação e desenvolvimento do experimento	9
3.4 Características avaliadas	11
3.5 Análises estatísticas	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 Análise de variância e coeficientes de correlação de Pearson para as características de plantas de maracujazeiro e do solo	13
4.2 Características de crescimento e absorção	14
5 CONCLUSÕES	24
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
QUADRO 1 Quadrados médios para matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule, teor de clorofila, concentração e acúmulo de boro em mudas de maracujazeiro e boro extraído por água quente, em função de doses de B (mg dm^{-3}) e de material de cartão de cupinzeiro de montículo (g dm^{-3})	13
QUADRO 2 Coeficientes de correlação linear simples entre componentes avaliados em plantas de maracujá e no solo	14

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1 Matéria seca da parte aérea de plantas em função de doses de boro e de material de cartão	15
FIGURA 2 Altura de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão	16
FIGURA 3 Área foliar de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão	17
FIGURA 4 Diâmetro de caule de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão	18
FIGURA 5 Teor de clorofila de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão	19
FIGURA 6 Teor de boro na parte aérea de plantas de maracujá em função da aplicação de boro e de material de cartão	20
FIGURA 7 Boro acumulado na parte aérea de plantas de maracujazeiro em função da aplicação de boro e de material de cartão	21
FIGURA 8 Boro do solo extraído por água quente em função da aplicação de boro e de material de cartão	22

SOUSA, Gisele Garcia de. **Absorção de boro e crescimento do maracujazeiro adubado com boro e material de cupinzeiro**. 2009. 28p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados – MS.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de doses de boro (B) e de material do cartão de cupinzeiro sobre componentes de crescimento, concentração e acúmulo de B na parte aérea de plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*), cultivadas em Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco doses de boro (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg dm⁻³), e quatro doses do material de cartão de cupinzeiro de montículo (0; 25; 50 e 75 g dm⁻³), com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída por vasos com capacidade máxima para 700 cm³ de amostras. O experimento foi realizado em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, em Dourados-MS. Os maiores valores de produção de massa seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e teor de clorofila são alcançados pelas aplicações conjuntas de material do cartão na maior dose e entre as duas maiores doses de B. O material de cartão de cupinzeiro foi pouco efetivo como fonte de B para promover alterações nos componentes de crescimento do maracujazeiro, avaliados.

Termos de indexação: *Passiflora edulis*, adubação boratada, biofertilizante.

SOUSA, Gisele Garcia de. **Boron absorption and growth of passion fruit plant fertilized with boron and termites mound nests material.** 2009. 28p. Dissertation (Thesis Master in Agronomy). Grande Dourados Federal University, Faculty of Agricultural Sciences, Dourados – MS.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of boron doses and nest of termites material on growth components, concentration and accumulation of boron in shoots of yellow passion fruit (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*), grown in Red Distrophic Latosol. The experimental delineation was randomized completely, in factorial design 5 x 4, with five doses of boron (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg dm⁻³), and four doses of the material termites mound nest (0; 25; 50 e 75 g dm⁻³), with four replications. The experimental unit was composed of vessels with up to 700 cm³ samples. The experiment was conducted in green house at the Faculty of Agricultural Sciences of UFGD, in Dourados-MS. The higher values of production on dry matter of shoots, plant height, leaf area, stem diameter and chlorophyll content are obtained by joint application of nest of termites material in maximum dose and between the two higher doses of B. The nest of termites material was low effective as boron source to promote changes on growth components of passion fruit plant, evaluates.

Index Terms: *Passiflora edulis*, borate fertilizer; biofertilizer.

1 INTRODUÇÃO

No ranking de produção mundial de frutas, o Brasil, com 43 milhões de toneladas produzidas anualmente, cultiva frutas tropicais, subtropicais e temperadas ao longo de todo o ano, superado apenas pela China e Índia.

Dentre as frutíferas tropicais o maracujazeiro está em franca expansão, em 2007 a área plantada de 47.032 ha, e produção de 664.286 t, superou em 45 % a registrada em 1998, com 298.255 t produzidas, apesar de problemas enfrentados na produção pela cultura, como a baixa qualidade de frutos e produtividade.

A contínua expansão dos plantios de maracujá demanda tecnologias de produção mais adequadas, capazes de elevar a produtividade e a rentabilidade dos pomares (CARVALHO et al., 2000).

Uma forma de aumentar a produtividade dos pomares e, especialmente, a precocidade da primeira produção consiste no emprego de mudas de qualidade na implantação do pomar, além de adubação apropriada que refletirá no estado nutricional da planta, o qual é um fator de extrema importância (PRADO et al., 2005).

Sobre a adubação do maracujazeiro existe pouca informação, embora essa prática seja importantíssima para pomares de elevada extração e exportação de nutrientes. Para garantir a expansão do maracujazeiro no Brasil, estudos sobre a nutrição mineral dessa frutífera são fundamentais, considerando a importância dos nutrientes na produção das culturas (NATALE et al., 2006).

Em geral, em se tratando de micronutrientes ainda há carências de informações sobre os efeitos da adubação com B na cultura do maracujazeiro, a qual tem sido feita de modo muito empírico, com pouco uso de informações oferecidas pela análise de solo.

Em comunidades onde a escassez de recursos materiais é grande, como ocorre nos assentamentos e pequenas propriedades rurais, o material orgânico do cartão de cupins de montículos pode ser uma alternativa como fonte de matéria orgânica e de nutrientes, dentre os quais o B, na produção de mudas de maracujazeiro.

O presente trabalho teve com objetivo avaliar os efeitos de doses de B e de material do cartão de cupinzeiro sobre componentes de crescimento, concentração e acúmulo de B na parte aérea de mudas de maracujazeiro e teores disponíveis de B no solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do maracujazeiro

A fruticultura brasileira é considerada uma das maiores do mundo em relação à quantidade produzida e, apesar de ser o maior produtor mundial de frutas tropicais, detém um volume pequeno de informações de pesquisa sobre estas, o que constitui uma forte limitação para seu crescimento no agronegócio (QUAGGIO e PIZA JUNIOR, 2001).

Os maracujazeiros pertencem à família *Passifloraceae*, amplamente distribuída pelos trópicos, a qual apresenta mais de 580 espécies, cuja maioria ocorre na América tropical. No Brasil são conhecidas mais de 200 espécies nativas de maracujazeiro, sendo que a mais cultivada é a que produz o maracujá-amarelo ou maracujá-azedo, devido à qualidade ácida do suco desses frutos (METELLI, 2000).

Segundo o autor acima citado, muitas espécies do gênero *Passiflora* são cultivadas devido as suas propriedades alimentícias, ornamentais ou medicinais, mas principalmente pela qualidade de seus frutos. Em termos nutricionais, o maracujá possui, em 100g de polpa, cerca de 13 mg de cálcio, 17mg de fósforo, 1,6 mg de ferro, 0,03 mg de vitamina B₁, 0,13 mg de vitamina B₂ e 30mg de vitamina C.

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) tem se destacado nos últimos anos dentre as frutíferas cultivadas comercialmente (NEGREIRO et al., 2006), sendo a espécie mais significativa do gênero *Passiflora*, em mais de 95% dos pomares comerciais do Brasil.

A produção de maracujá vem ganhando grande importância no Brasil, notadamente, a partir das últimas três décadas, o que coloca o País numa situação de destaque no ranking mundial, como o primeiro produtor (FALEIRO et al., 2005).

O mercado mundial de sucos, bebidas e néctares de frutas cresceu entre 7% e 8% ao ano no período entre 1999 e 2006. No Brasil, o consumo de sucos de frutas está em plena expansão em todas as regiões (AGRIANUAL, 2008).

No Brasil, os frutos do maracujá-amarelo são destinados em partes iguais para o mercado de frutas frescas e para a industrialização, cuja produtividade média tem variado entre 12 a 15 t ha⁻¹, com potencial para a produção de 30 a 35 t ha⁻¹ (RUGGIERO et al., 1996).

O maracujazeiro pode ser propagado por sementes e vegetativamente, por meio de enxertia ou estaquia, sendo que na cultura do maracujá-azedo é basicamente utilizada a reprodução via sementes, por ser o método mais simples de propagação desta cultura. Para a obtenção de mudas, com o objetivo de formar um pomar com as características desejáveis, inúmeros cuidados devem ser adotados, desde a obtenção das sementes até a sua implantação no campo (RUGGIERO et al., 1996).

A maioria dos novos pomares, no Brasil, ainda é implantada a partir de sementes retiradas de frutos selecionados pelos próprios produtores ou sementes selecionadas de fornecedores idôneos. É necessário utilizar sementes novas, com até seis meses da retirada dos frutos, para o maracujá-amarelo e roxo e com até 40 dias, para o maracujá-doce, quando a capacidade de germinação encontra-se na faixa dos 90% (METELLI, 2000).

O sucesso na formação do pomar depende da qualidade da muda e de seu adequado estado nutricional, garantindo maior pegamento e homogeneidade destas, podendo apresentar reflexos na precocidade de produção do pomar (LEONEL e PEDROSO, 2005). Para garantir a expansão do maracujazeiro no Brasil, estudos sobre nutrição mineral dessa frutífera são fundamentais, considerando a importância dos nutrientes na produção das culturas.

A produção de mudas de alta qualidade torna-se estratégia na formação de um pomar comercial com produção mais competitiva, visando às exportações (MINAMI, 1995).

Para se obter mudas de qualidade, vários fatores são importantes dentre os quais se destaca o substrato utilizado, que deve proporcionar retenção de água suficiente para permitir a germinação e, quando saturado, deve manter quantidades adequadas de espaços porosos para facilitar o fornecimento de oxigênio, indispensável no processo de germinação (SMIDERLE e MINAME, 2001).

A qualidade física do substrato é importante, por ser utilizado num estágio de desenvolvimento em que a planta é muito suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico. Assim, o substrato deve reunir características físicas e químicas que promovam, respectivamente, a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta (CUNHA et al., 2006). Dessa forma a escolha do substrato é de fundamental importância, para permitir que o sistema radicular se desenvolva, determinando o crescimento da parte aérea da muda (JABUR e MARTINS, 2002).

RUGGIERO et al., 1996; METELLI, 2000, sugerem que o substrato utilizado no enchimento dos sacos de plástico seja constituído por uma mistura de duas partes de terra de barranco, retiradas de locais pouco cultivados, duas partes de esterco de curral bem curtido e uma parte de material volumoso curtido. No caso de terra ser muito argilosa, acrescenta-se uma parte de areia grossa lavada. Aduba-se cada metro cúbico desta mistura com dois quilogramas de calcário dolomítico e um quilograma de superfosfato simples, peneirados, homogeneizados e esterilizados.

A germinação das sementes é influenciada pelo substrato, pois fatores como aeração, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, entre outros, podem variar de acordo com o material utilizado, favorecendo ou prejudicando a germinação das mesmas (WAGNER JÚNIOR et al., 2006).

Uma boa muda de maracujá deve ser sadia, ter pelo menos 25 cm de altura, 4 a 5 folhas verdadeiras vigorosas e estar emitindo a primeira gavinha (VERDIAL et al., 2000).

2.2 Boro no sistema solo-planta

O B é um micronutriente essencial às plantas, tendo sua deficiência no solo concorrido para a queda de produtividade de muitas culturas, nas diferentes partes do mundo. Nos solos brasileiros, o B é o micronutriente que, freqüentemente, se encontra deficiente, limitando, assim, a produção das culturas (FERREIRA e CRUZ, 1991).

O teor de B na crosta terrestre é de, aproximadamente $0,01 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto o conteúdo total de B nos solos varia de 3 a 100 mg kg^{-1} , com valores médios entre 10 a 20 mg kg^{-1} . Na fase sólida do solo, o B é encontrado nos minerais silicatados, adsorvidos em argilominerais, na matéria orgânica e nos hidróxidos de Al e Fe, segundo revisão de (DECHEN E NACHTIGALL, 2007).

Segundo Malavolta (2006), os principais minerais de B de ocorrência nos solos são a axinita ($\text{Ca}_2(\text{Mn,Fe})\text{Al}_2(\text{BO}_3)(\text{Si}_4\text{O}_{12})(\text{OH})$), boracita ($\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), a colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), damburita ($\text{CaB}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), datolita (CaBSiO_4OH), dumortierita ($(\text{Al,Fe})_7\text{O}_3(\text{BO}_3)(\text{SiO}_4)_3$), a ulexita ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) e a turmalina ($(\text{Na, Ca})(\text{Al, Fe, Mg})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3 \text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})$), sendo que a maior parte do B do solo vem da turmalina, cujos teores variam entre 8,0 a 12,0 % de B total.

O B presente no solo é quantificado em duas formas distintas, a total e a disponível, sendo a total representada no solo pelas formas contidas nos minerais, na

matéria orgânica e adsorvida ou fixada, formas estas não absorvidas pelas raízes das plantas, cujos teores variam com o tipo de mineral contendo B e com os teores de matéria orgânica do solo. O B disponível é representado pela fração dissolvida na solução do solo, pelas formas inorgânicas sujeitas a dissolução e pelo associado à matéria orgânica, que pode ser mineralizada. (FERREIRA e CRUZ, 1991).

Os mesmos autores acima citados comentam que a disponibilidade de B às plantas é influenciada pelas seguintes características do solo: pH do solo, matéria orgânica, teor de óxidos de ferro e de alumínio, teor e qualidade da fração argila, textura, umidade do solo e pela interação com outros íons.

Em geral, o B encontra-se nas camadas superficiais dos solos bem drenados, ligado à matéria orgânica, sendo esta a mais importante fonte deste nutriente para as plantas, da qual é liberado para a solução do solo (MALAVOLTA, 2006).

Na solução do solo o B está presente como ácido bórico não dissociado, (H_3BO_3) e dissociado como ânion $\text{B}(\text{OH})_4^-$, com evidências de que o H_3BO_3 predomine até o limite de pH 7,0 e, a partir do qual, predomina a forma iônica, $\text{B}(\text{OH})_4^-$ (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Aceita-se como disponível para a planta a fração de B que pode ser extraída por água quente ou por uma solução de acetato de amônio 1 mol L^{-1} com pH 4,0 (MALAVOLTA, 1980).

A absorção iônica é influenciada por fatores externos tais como a tensão de O_2 , o pH do meio, a concentração iônica externa, o efeito do íon acompanhante do elemento e outros íons presentes e os fatores internos tais como o nível de carboidratos respiráveis e de sais, espécies e variedades, intensidade transpiratória, tamanho e a morfologia de raízes (MALAVOLTA, 2006).

O B em solução move-se até as raízes por meio de fluxo de massa, até que ocorra um equilíbrio entre as concentrações do nutriente nas raízes e na solução, Em decorrência dessa absorção passiva, podem-se verificar situações em que quantidades tóxicas são absorvidas pelas plantas (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O processo da absorção do B, segundo Malavolta (2006) não é bem explicado, mas há quase consenso de que o processo de difusão do $\text{B}(\text{OH})_3$ é passivo, através da plasmalema, com a formação de ligações B-cisdiol com açúcares e outros compostos polihidroxílicos do citoplasma, como a força motora para a entrada do elemento na célula.

O movimento do B se dá pela corrente transpiratória, via xilema, com pouca mobilidade no floema, mas dependendo da espécie pode haver alguma redistribuição (MALAVOLTA, 2006).

O acúmulo de B ocorre nas folhas velhas, nas quais a concentração é maior nas pontas e margens e, em geral, a parte aérea apresenta maior teor de B do que as raízes. O movimento do B junto com o fluxo transpiratório, talvez seja a razão para o aparecimento de sintomas de deficiência nos pontos de crescimento (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O B é um elemento de baixa mobilidade de redistribuição na planta. Está comprovado que as plantas em estado inicial de crescimento absorvem o B com maior intensidade do que plantas adultas, sendo pequena a mobilidade de redistribuição dos tecidos velhos para jovens (DECHEN e NACHTIGALL, 2007), cuja falta de redistribuição ou redistribuição insuficiente tem as seguintes conseqüências: 1) sintomas de deficiência ocorrem em tecidos em crescimento – meristemas florais e vegetativos, pólen, fruto, raízes; 2) a toxidez de B se expressa nas folhas velhas; 3) há um acúmulo de B no tecido com a idade, aumentando o gradiente basipetalo da concentração (MALAVOLTA, 2006).

Os primeiros autores do parágrafo acima citados consideram que os teores de B nas plantas variam de 10 a 50 mg kg⁻¹ de matéria seca, considerando teores de 30 a 50 mg kg⁻¹ como adequados para um crescimento normal das plantas, enquanto plantas deficientes apresentam teores foliares menores do que 15 mg kg⁻¹ de B.

O B atua em vários processos biológicos importantes, como componente ativo e essencial do substrato, alterando sistemas enzimáticos e a translocação de açúcares e metabolismo de carboidratos, além de desempenhar papel importante no florescimento, crescimento do tubo polínico, no acúmulo de fenóis, nos processos de frutificação, no metabolismo do N e na atividade de hormônios, além de influenciar na fotossíntese (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

Os mesmos autores acima citados argumentam que a deficiência de B interrompe o crescimento e desenvolvimento e a maturação das células, além de intervir na absorção e no metabolismo dos cátions, principalmente do Ca (indispensável na formação da pectina das membranas celulares), na absorção de água e no metabolismo de glicídios. A deficiência de B provoca acúmulo de açúcares nos tecidos e plantas com paredes menos resistentes.

As plantas deficientes em B sofrem atrofia e, posteriormente, necrose das pontas de ramos, podendo ocorrer ou não excesso de brotações laterais logo abaixo da gema atrofiada. As folhas novas crescem pouco e apresentam textura coriácea com ondulações dos bordos e encurvamento (RUGGIERO et al., 1996).

Em plantas deficientes em B observa-se inibição do crescimento radicular, ausência ou anormalidade na diferenciação vascular, principalmente em relação ao floema e necrose do ápice radicular (GUPTA, 1993; MARSCHNER, 1995). Com o colapso dos vasos condutores, tem-se a redução do crescimento das raízes que não recebem quantidade suficiente de fotossintatos e, finalmente, a absorção de água e de nutrientes também é afetada; com prejuízos para o crescimento da planta conforme constatado por Prado et al.,(2006) em revisão sobre o maracujazeiro.

Quanto aos efeitos da adubação boratada na produção das culturas Yamada (2000), enfatiza a necessidade de pesquisas que efetivamente contribuam para se recomendar com mais precisão este tipo de adubação. Particularmente, no que se refere ao uso do B na produção de mudas de maracujazeiro, os resultados além de escassos são inconstantes.

Natale et al. (2006), em trabalho desenvolvido com adubação nitrogenada e potássica sobre o estado nutricional de mudas de maracujazeiro-amarelo, verificaram que a mesma teve efeito significativo no aumento dos teores dos micronutrientes (Fe, Mn, Zn e B), enquanto a aplicação de potássio causou redução dos teores de Mg e B.

Na avaliação da concentração de micronutrientes em mudas de maracujazeiro-doce em função da calagem, Fonseca et al. (2005) concluíram que o aumento do nível de saturação por bases, aumentou o teor B na matéria seca da parte aérea de maracujazeiro-doce cultivado em um Latossolo Vermelho Distrófico.

Em estudo sobre a aplicação de B (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg dm⁻³ B) ao substrato de produção de mudas de maracujazeiro amarelo, para o estabelecimento dos níveis críticos deste nutriente no solo e na planta, Prado et al. (2006) constataram que as mudas de maracujazeiro responderam à aplicação deste micronutriente em substrato com baixa concentração (0,06 mg dm⁻³), extraído com água quente. O maior desenvolvimento das plantas esteve associado à dose próxima de 0,5 mg dm⁻³ de B e à concentração de 0,4 mg dm⁻³ de B no substrato e um teor de 22 mg kg⁻¹ de B na parte aérea.

2.3 O material de cartão de ninhos de cupins de montículo

Este material de cor cinza escura a negra se localiza na parte central de ninho de cupins de montículo é, geralmente, mais rico em nutrientes do que o solo adjacente onde o ninho foi formado, conforme estudos de caracterização realizados por diversos autores (PERES FILHO et al., 1990; NOVELINO e FERNANDES, 2000).

Os efeitos da aplicação do material do cartão de cupins sobre alguns atributos da fertilidade do solo ainda são escassos na literatura brasileira.

Estudos realizados a campo por Oliveira e Paiva (1985) visando a produção de alface, os autores constataram que a aplicação de 50 g/cova de material de cupinzeiro (montículo inteiro triturado), resultou no aumento de 288% na massa da parte aérea desta cultura em relação à testemunha.

Novelino et al. (2001) avaliaram os efeitos de doses de material do cartão de cupinzeiro de montículo e de doses de fósforo sobre a produção de massa seca da parte aérea do sorgo forrageiro. Eles constataram a partir de equações de regressão ajustadas para matéria seca da parte aérea em função de dose de material do cartão tanto na ausência quanto na presença de doses de fósforo, que a matéria seca foi significativamente influenciada pelos fatores em estudo.

França et al. (2007) avaliaram características da fertilidade de amostras de três classes de solos fertilizadas com material de cartão de cupinzeiro e observaram a ocorrência de aumentos lineares de todas as características avaliadas, exceto para pH, que decresceu. Eles concluíram que o material do cartão de cupinzeiro, associado à calagem, em doses acima do recomendado para os adubos orgânicos convencionais, como os esterco de animais, deve contribuir para elevar a qualidade da fertilidade dos solos estudados.

NOVELINO (2009) estudou em casa de vegetação os efeitos de doses de material de cartão de cupins de montículo, associado a dinamizações da homeopatia *Phosphorus* em algumas variáveis de crescimento de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. O autor concluiu que o material do cartão influenciou positivamente apenas a produção de matéria seca da parte aérea e teor de clorofila do sorgo, porém de forma muito menos expressiva do que a homeopatia *Phosphorus*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento e tipo de Solo

O experimento foi realizado em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura média.

A amostra de solo foi coletada no horizonte A, na profundidade de 0 a 20 cm, de uma área sob vegetação natural de Cerrado, sem cultivo prévio, secada ao ar, destorroadas, passadas através de peneira com malhas de 2 mm de abertura, homogeneizadas e submetida a análises químicas e físicas de rotina.

Os resultados das análises físicas e químicas de caracterização do solo realizadas conforme métodos descritos em Embrapa (1997) são os seguintes: teor de argila: 250 g kg⁻¹; silte: 10 g kg⁻¹, areia fina: 410 g kg⁻¹, areia grossa: 330 g kg⁻¹; densidades aparente: 1,32 g cm⁻³ e densidade de partículas: 2,70 g cm⁻³; volume total de poros (calculado): 0,51 dm³ dm⁻³; pH em água: 5,2; matéria orgânica do solo: 21,0 g kg⁻¹; P (Mehlich1): 1,1 mg dm⁻³; K (Mehlich1): 0,07 cmol_c dm⁻³; Ca, Mg e Al trocáveis: 0,9, 0,2 e 0,6 cmol_c dm⁻³, respectivamente; soma de bases: 1,17 cmol_c dm⁻³, H+Al: 3,8 cmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0: 4,97 cmol_c dm⁻³, P-remanescente: 35 mg L⁻¹ e boro extraído pelo método da água quente: 0,22 mg dm⁻³.

3.2 Delineamento experimental e descrição dos Tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 4, com quatro repetições, constituído por cinco doses de B (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg dm⁻³), tendo como fonte o ácido bórico (170 g kg⁻¹ de B solúvel em água) e quatro doses do material de cartão de cupinzeiro (0; 25; 50 e 75 g dm⁻³), totalizando 80 unidades experimentais constituídas por vasos com capacidade máxima de 700 cm³.

3.3 Instalação e desenvolvimento do experimento

A amostra do solo coletada foi dividida em quatro porções iguais e submetidas à correção da acidez, com elevação da saturação por bases a 60%, tendo por

referência os resultados da análise de caracterização, utilizando-se uma mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio, na relação estequiométrica Ca:Mg igual a 4:1, por meio de incubação durante 30 dias, com o teor de água sendo mantido próximo a 60% do volume total de poros do solo.

Decorrido o período de incubação, as amostras de cada porção foram submetidas à secagem ao ar, destorroadas, passadas através de peneira com malhas de 2 mm de abertura e homogeneizadas em uma única amostra.

O material do cartão, parte central e escurecida do ninho de cupins de montículo, foi coletado em área de pastagem degradada sob Latossolo Vermelho Distroférrico, textura muito argilosa, seco ao ar durante três dias, triturado manualmente, passado através de peneira com malhas de 2 mm de abertura e homogeneizado.

Os resultados da análise da amostra composta do material de cartão submetida à caracterização química para carbono orgânico total e nitrogênio total, utilizando-se procedimentos descritos em Mendonça e Matos (2005), fósforo total por digestão nítrico perclórica, segundo Malavolta (1997) e B solúvel em água quente, segundo Abreu e Abreu (2001) são os seguintes: 118,4 g kg⁻¹ de carbono orgânico total; 4,80 g kg⁻¹ de nitrogênio total, 1,74 g kg⁻¹ de fósforo total, 0,25 mg dm⁻³ de B solúvel em água quente e relações C/N = 25 e C/P = 68.

Para composição das parcelas as doses do material de cartão, correspondentes a cada tratamento, juntamente com 210 mg dm⁻³ de fósforo na forma de superfosfato triplo (em partículas menores do que 0,84 mm) foram homogeneizadas com 600 dm³ do solo e transferidas para vasos com capacidade máxima para 700 cm³ de amostra.

A dose de fósforo utilizada corresponde a 60% da maior dose recomendada para a realização de ensaios com este nutriente em casa de vegetação, definida a partir do valor de fósforo remanescente da amostra do solo em estudo, segundo Alvarez V. et al. (2000).

Uma adubação básica com macro (exceto o fósforo) e micronutrientes (exceto o B) foi aplicada em volumes de 25 mL, a cada amostra do vaso, tendo por referência a recomendação apresentada em Novais et al. (1991). O nitrogênio, tendo como fonte a uréia, foi parcelado em quatro aplicações, sendo ¼ na adubação básica, antes da semeadura e o restante em três coberturas com intervalos de 15 dias.

Os tratamentos com B foram veiculados em 25 mL de solução aquosa e aplicados por meio de pipeta volumétrica.

Após 24 horas da realização da adubação básica cada vaso recebeu quatro sementes selecionadas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) e todos eles foram transferidos para a casa de vegetação.

As irrigações freqüentes foram realizadas com volumes de água destilada, necessários ao preenchimento de 60% do volume total de poros da amostra do solo e com reposições das perdas por evapotranspiração controladas por pesagens.

Aos 30 dias após a semeadura foi realizado um desbaste, deixando-se duas plantas por vaso e aos 90 dias após a semeadura foram feitas às avaliações, antes e após a colheita.

3.4 Características avaliadas

Imediatamente antes da colheita foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas, diâmetro de caule e teor de clorofila e, após a colheita, área foliar, massa seca da parte aérea, teor e acúmulo de B da parte aérea e B extraído em água quente.

A altura de plantas foi realizada com o uso de régua, com medição desde a sua base até a última inserção.

O diâmetro de caule foi avaliado a um centímetro da superfície do solo, por meio de um paquímetro digital.

O teor de clorofila foi avaliado em todas as folhas das duas plantas por vaso, por meio do clorofilômetro portátil e manual, modelo SPAD-502.

A parte aérea das plantas de maracujazeiro foi coletada, as folhas destacadas e imediatamente submetidas à determinação de área foliar no medidor de área foliar LICOR 3100.

A biomassa da parte aérea das plantas foi lavada em água destilada, acondicionada em sacos de papel perfurado, seca em estufa com circulação forçada de ar em temperatura de 65°C até peso constante, onde foi determinada a massa seca, seguido de moagem e homogeneização.

As análises dos teores de B na parte aérea foram realizadas nos extratos de digestão via seca, segundo Malavolta et al. (1997). Os teores de B acumulado na parte

aérea foram calculados a partir dos produtos de massa seca da parte aérea com os teores de B na parte aérea.

Os teores de B disponível no solo foram extraídos pelo método de água quente, em forno microondas, segundo Abreu e Abreu (2001).

3.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos para cada componente de planta e solo avaliados foram submetidos às análises de variância, ajuste de equações de superfície de resposta e correlações por meio do aplicativo computacional SAEG (RIBEIRO Jr, 2001).

As equações de superfície de resposta, tendo tais componentes de planta e solo como variáveis dependentes de doses de B e de material do cartão de cupinzeiro foram ajustadas conforme procedimentos descritos em Alvarez V. (1985).

As significâncias estatísticas dos coeficientes dos modelos ajustados foram testadas pelo teste de t, para os coeficientes dos parâmetros e pelo teste de F para o coeficiente de determinação, nos níveis de probabilidade de $p < 0,01 (**)$ e $p < 0,05 (*)$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância e coeficientes de correlação de Pearson para as características de plantas de maracujazeiro e do solo.

Foram observadas interações significativas entre B e o material de cartão para todos os componentes avaliados na parte aérea das plantas de maracujazeiro e para o B no solo extraído por água quente (Quadro 1).

Quadro 1 – Quadrados médios para matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule, teor de clorofila, concentração e acúmulo de boro em mudas de maracujazeiro e boro extraído por água quente, em função de doses de B (mg dm^{-3}) e de material de cartão de cupinzeiro de montículo (g dm^{-3}).

Fonte de Variação	G.L.	Matéria Seca da parte aérea	Altura de plantas	Área Foliar	Diâmetro de caule
Boro (B)	4	2,81564**	40,90464**	59.160,95**	1,18072**
Material cartão (MC)	3	8,11575**	74,15868**	151.006,3**	2,95215**
B x MC	12	1,33880**	22,73591**	35.890,27**	0,56019**
Resíduo	60	0,13496	1,45493	2078,231	0,03657
C.V. (%)	---	18,3	10,9	15,4	7,7

Fonte de Variação	G.L.	Teor de Clorofila	Concentração de B na parte aérea	Acúmulo de B na parte aérea	B extraído água quente
Boro (B)	4	0,000022**	221,2854**	0,00241**	0,05874**
Material cartão (MC)	3	0,000023**	3025,946**	0,00091*	0,01585**
B x MC	12	0,000017**	1011,695**	0,00301**	0,00282**
Resíduo	60	0,000005	55,75104	0,00033	0,00107
C.V. (%)	---	8,0	26,5	39,0	13,5

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de F.

Os coeficientes de correlação simples, de Pearson, entre as médias dos componentes avaliados na parte aérea de mudas de maracujá, obtidos na colheita e após a mesma e no solo, estão apresentados no Quadro 2.

De modo geral, constatou-se a existência de correlação entre todos os componentes avaliados. Os melhores coeficientes de correlação (r) obtidos foram entre

componentes da planta tais como matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e teor de clorofila.

Quadro 2 – Coeficientes de correlação linear simples entre componentes avaliados em plantas de maracujazeiro e no solo⁽¹⁾

Componentes de plantas	Codificação	1	2	3	4	5	6	7
Matéria seca parte aérea	1	---	---	---	---	---	---	---
Altura de plantas	2	0,97**	---	---	---	---	---	---
Área foliar	3	0,98**	0,97**	---	---	---	---	---
Diâmetro de caule	4	0,99**	0,97**	0,97**	---	---	---	---
Teor de clorofila	5	0,64**	0,71**	0,72**	0,65**	---	---	---
Teor de B parte aérea	6	-0,71**	-0,69**	-0,69**	-0,69**	-0,40*	---	---
Acúmulo de B parte aérea	7	0,47*	0,49*	0,48*	0,47*	0,37ns	0,13ns	---
Boro extraído do solo	8	0,08ns	0,07ns	0,08ns	0,10ns	0,28ns	0,20ns	0,25ns

** e * = Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t. ⁽¹⁾ Análises realizadas após o cultivo das plantas de maracujá.

Em concordância com resultados obtidos na literatura, os teores de B na parte aérea correlacionaram inversamente ($p < 0,05$) com todos os componentes da planta, acima mencionados, cujos coeficientes de correlação variaram de -0,40 a -0,71.

4.2 Características de crescimento e absorção

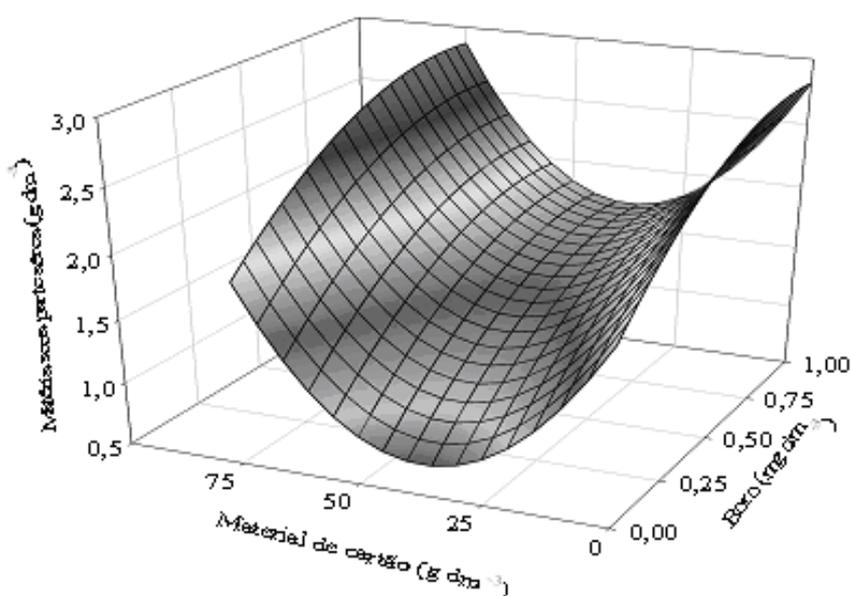
A produção de matéria seca da parte aérea de plantas de maracujá foi influenciada tanto pelas doses de B como pelas doses de MC (Figura 1).

A produção máxima de matéria seca da parte aérea (2,88 g/vaso) ocorre com a aplicação conjunta de 75 g dm⁻³ de material de cartão e de 0,90 mg dm⁻³ de B. O incremento de produção de matéria seca da parte aérea nessa dose é estimado em 49,7% a mais, em relação a aquele obtido com as doses de 75 g dm⁻³ de material de cartão e sem a adição de B.

Todavia, quando se avalia a influência da dose isolada de 75 g dm⁻³ de material de cartão, a produção de massa seca foi de 1,92 g/vaso, constata-se que o incremento de matéria seca estimado pelo modelo é de apenas 2,8% em relação à testemunha (1,87 g/vaso). Embora o material de cartão tenha B (0,25 mg dm⁻³) a quantidade disponibilizada para as plantas provavelmente tenha sido insuficiente para

promover alterações mais expressivas na produção de matéria seca da parte aérea de plantas de maracujazeiro, o que deve justificar o baixo percentual de incremento (2,8%), acima mencionado.

Sem o emprego de material de cartão o efeito da aplicação de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, sobre a produção de matéria seca da parte aérea ($2,83 \text{ g/vaso}$), estimada pelo modelo (Figura 1), superou em 51,3% à produção obtida sem a aplicação de B e material de cartão, o que é justificado pelo baixo teor inicial de B do solo estudado ($0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ de B), segundo critério de interpretação da análise de solo descrito em Sousa e Lobato (2004).

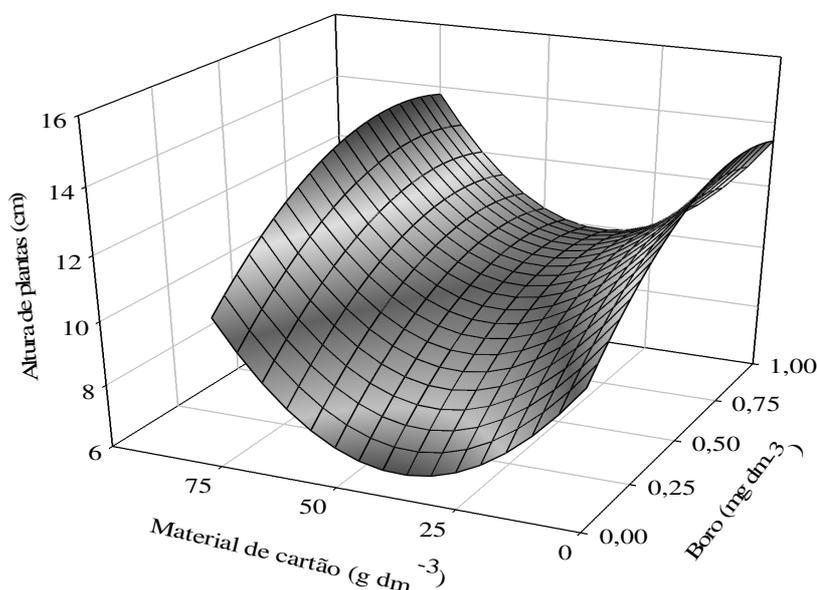


$$\hat{y} = 1,87208 - 0,06081**MC + 2,13103**B + 0,00082**MC^2 - 1,18309**B^2 \quad R^2 = 0,61**$$

Figura 1 – Matéria seca da parte aérea de plantas de maracujazeiro em função de doses de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

A matéria seca da parte aérea apresentou um comportamento quadrático pelas doses de B, como consequência dos incrementos promovidos nas características de desenvolvimento, tais como diâmetro do caule, altura e área foliar das plantas. Esses resultados podem ser devidos aos efeitos do B, observados no crescimento da parte aérea das plantas de maracujazeiro, devido a funções relacionadas ao crescimento meristemático e atividades dos hormônios, que estimula o desenvolvimento e o alongamento das partes jovens das plantas (MALAVOLTA et al., 1997).

A altura máxima de plantas (14,1 cm) pode ser atingida com as doses de 75 g dm⁻³ de MC, juntamente com 0,76 mg dm⁻³ de B (Figura 2).



$$\hat{y} = 10,33790 - 0,19290**MC + 9,06004**B + 0,00263**MC^2 - 5,95929**B^2 \quad R^2 = 0,51**$$

Figura 2 – Altura de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

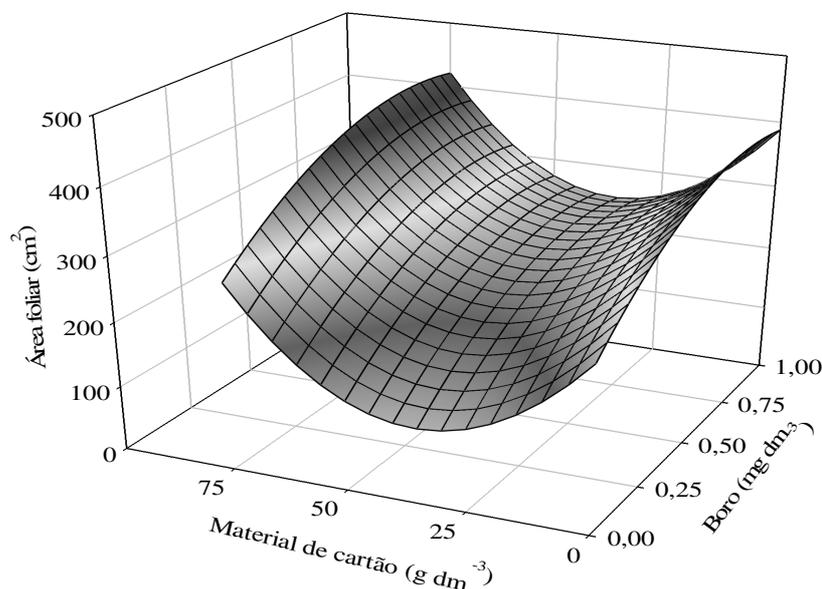
Em relação à testemunha, com altura de plantas de (10,34 cm), o incremento de altura de plantas (3,2%) proporcionado pela adição de 75 g dm⁻³ de material de cartão (10,66 cm) e sem a aplicação de B é bem menor do que aquele (33,3%) observado pela aplicação somente de B na dose de 0,76 mg dm⁻³ de B, cuja altura foi de (13,78 cm).

A atuação do B em processos biológicos como metabolismo de carboidratos, metabolismo do N, atividade de hormônios e na fotossíntese, Dechen e Nachtigall (2007), influencia o acúmulo de biomassa e a divisão celular nos pontos de crescimento, o que pode resultar em aumento na altura das plantas.

A área foliar máxima de plantas (429,1 cm²/vaso) pode ser obtida com as doses conjuntas de 75 g dm⁻³ de material de cartão e de 0,81 mg dm⁻³ de B, modelo (Figura 3).

Em relação à testemunha, com área foliar de (253,36 cm²/vaso), o incremento de área foliar de plantas (13,0%) promovido somente pela aplicação de 75 g dm⁻³ de MC, estimado em (286,38 cm²/vaso), é bem menor do que aquele (56,3%)

observado pela aplicação isolada de B na dose de $0,81 \text{ mg dm}^{-3}$ de B com área foliar estimada de $396,04 \text{ cm}^2/\text{vaso}$.



$$\hat{y} = 253,3560 - 7,78190**MC + 352,8160**B + 0,10963**MC^2 - 218,1010**B^2 \quad R^2 = 0,55**$$

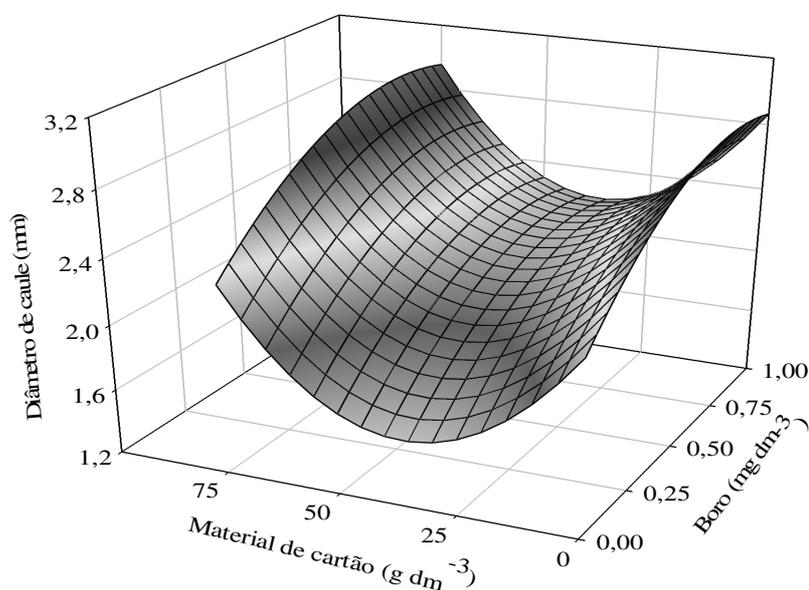
Figura 3 – Área foliar de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

A área foliar pode ser considerada um índice de produtividade, dado a importância dos órgãos fotossintetizantes na produção biológica (SCALON *et al.*, 2003). Sendo a fotossíntese, por sua vez, dependente da extensão da área foliar e do tempo de permanência das folhas em plena atividade na planta, o aumento na área foliar proporcionada por doses de B pode resultar no aumento da taxa de interceptação de radiação solar com conseqüente aumento no metabolismo de carboidrato e de produtividade das plantas.

O diâmetro máximo de caule de plantas de maracujá (3 mm) foi atingido com as doses de 75 g dm^{-3} de material de cartão em associação com $0,79 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, tendo por referência o modelo (Figura 4).

Relativamente à testemunha, com diâmetro de 2,26 mm, incremento de diâmetro de caule de plantas (4,0%) foi promovido somente pela aplicação de 75 g dm^{-3} de material de cartão (2,35 mm), enquanto que o observado pela aplicação somente de B na dose de $0,79 \text{ mg dm}^{-3}$ de B é de 40,4% e o diâmetro de 2,91 mm.

Segundo Larcher (2000), o crescimento em diâmetro apresenta uma relação direta com a fotossíntese líquida, a qual depende dos carboidratos e auxinas acumulados e de um balanço favorável entre fotossíntese líquida e respiração.



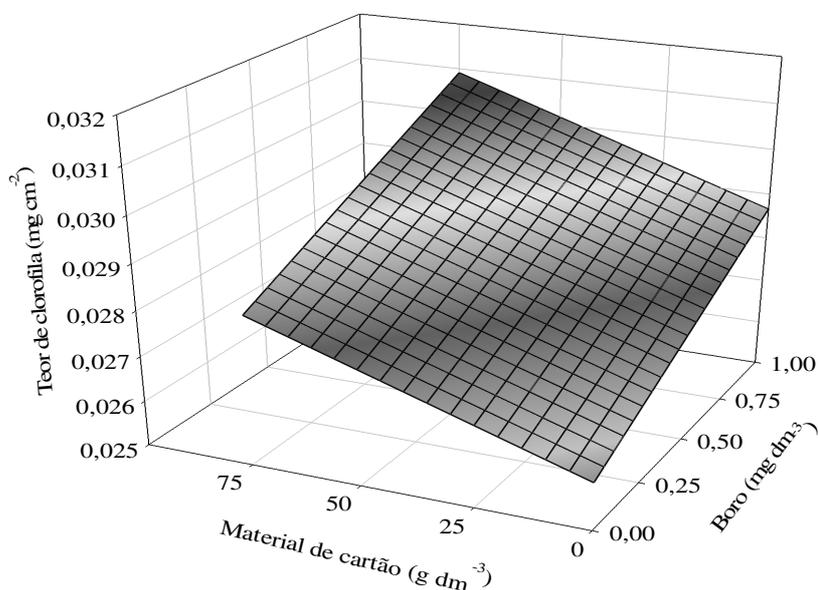
$$\hat{y} = 2,26383 - 0,03634 \times **MC + 1,65399**B + 0,00050**MC^2 - 1,05129**B^2 \quad R^2 = 0,62**$$

Figura 4 - Diâmetro de caule de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

O diâmetro do colo tem sido reconhecido como um dos melhores indicadores de padrão de qualidade. As mudas de pequeno diâmetro e muito altas são consideradas de qualidade inferior às menores, quando comparadas com aquelas de maior diâmetro de colo. Um maior diâmetro do colo está associado a um desenvolvimento mais acentuado da parte aérea e, em especial, do sistema radicular, favorecendo a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio conforme revisão de Grave et al. (2007).

Para o teor de clorofila (Figura 5), constata-se resposta linear a B e a material do cartão, estimado nas plantas de maracujazeiro ($0,0309 \text{ mg cm}^{-2}$), ocorre com a aplicação de material do cartão e B nas doses máxima, 75 g dm^{-3} e $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente. Ainda com base no mesmo modelo e considerando a dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, em associação com 75 g dm^{-3} de material de cartão, o teor de clorofila obtido ($0,0306 \text{ mg cm}^{-2}$) supera em 19% a aquele observado ($0,0260 \text{ mg cm}^{-2}$) para o tratamento sem a adição de B e de material do cartão.

Mesmo o R^2 sendo baixo, o valor do teste F para o modelo linear ajustado foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, o que indica que há potencial para resposta das plantas de maracujazeiro à aplicação de doses até de $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de B.



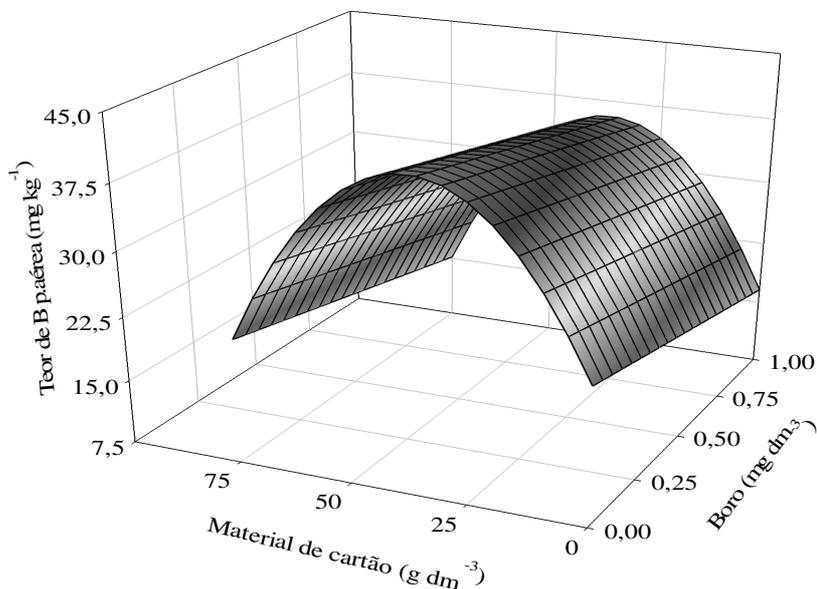
$$\hat{y} = 0,02604 + 0,00003 \text{ MC} + 0,00262 \text{ B} \quad R^2 = 0,37^{**}$$

Figura 5 – Teor de clorofila de plantas de maracujá em função de doses de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

O B desempenha papel importante no metabolismo de N e é provável que a influência causada por doses de B e material do cartão nos teores de clorofila esteja associada a alterações no metabolismo deste macronutriente. A deficiência de nitrogênio (N) proporciona menor síntese de clorofila, tendo como consequência prejuízos na utilização de luz solar como fonte de energia no processo fotossintético, ocasionando assim, perdas na capacidade da planta de realizar funções essenciais como, por exemplo, a absorção de nutrientes (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

O teor máximo de B na parte aérea de plantas de maracujá ($42,56 \text{ mg kg}^{-1}$) modelo (Figura 6), poderá ser atingido com a dose de $36,81 \text{ g dm}^{-3}$ de material de cartão e sem a aplicação de B. Considerando a dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B em associação com 75 g dm^{-3} de material de cartão, verifica-se que o teor de B obtido ($15,86 \text{ mg kg}^{-1}$) é inferior em 62,7% a aquele estimado para o teor máximo na parte aérea ($42,56 \text{ mg kg}^{-1}$), o que evidencia o efeito de diluição deste nutriente no tecido

vegetal em decorrência do maior ganho de biomassa da parte aérea em relação à absorção do mesmo.



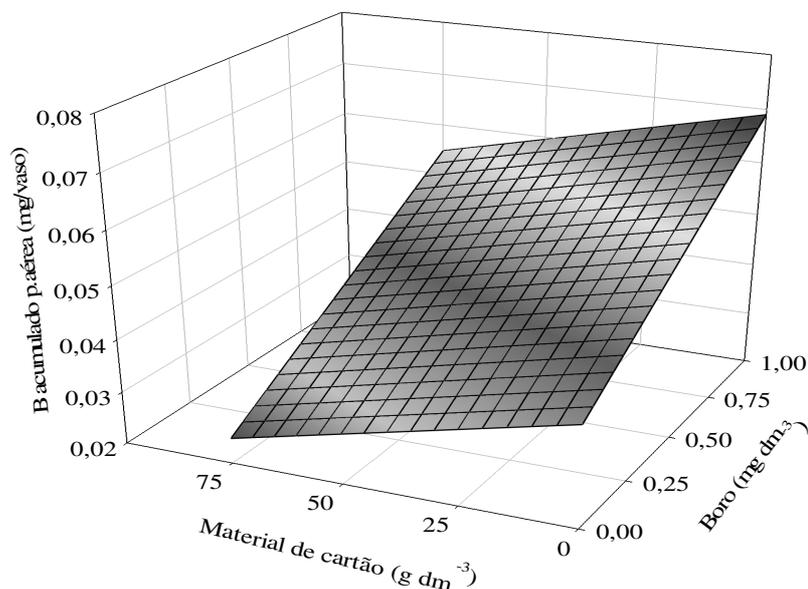
$$\hat{y} = 23,49030 + 1,03586 MC - 6,86175 B - 0,01407 MC^2 \quad R^2 = 0,30^{**}$$

Figura 6 - Teor de boro na parte aérea de plantas de maracujá em função da aplicação de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

O teor de B na parte aérea das plantas de maracujazeiro ($15,86 \text{ mg kg}^{-1}$) estimado para a produção máxima de matéria seca da parte aérea é inferior ao encontrado por Prado et al. (2006), que foi de 22 mg kg^{-1} de B, em estudo sobre níveis críticos deste nutriente para a formação de mudas de maracujazeiro amarelo.

O acúmulo máximo de B na parte aérea de plantas de maracujazeiro ($0,069 \text{ mg/vaso}$), estimado a partir do modelo da Figura 7, poderá ser alcançado com a dose de $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de B e sem a adição de material do cartão.

Na dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B em associação com 75 g dm^{-3} de material de cartão, o acúmulo estimado de B na parte aérea ($0,052 \text{ mg/vaso}$) é inferior em 24,6 % a aquele estimado como máximo ($0,069 \text{ mg/vaso}$). A ocorrência de coeficientes de correlação $\geq 0,47$ e significativos ($p < 0,05$) entre B acumulado na parte aérea e alguns componentes de crescimento do maracujazeiro (matéria seca, altura de plantas, diâmetro de caule e área foliar) sugerem a influência direta da adubação boratada sobre tais componentes, ou seja, aumentos nas doses de B aplicado proporcionaram aumentos nos valores de produção de matéria seca, altura de plantas, diâmetro de caule e área foliar.

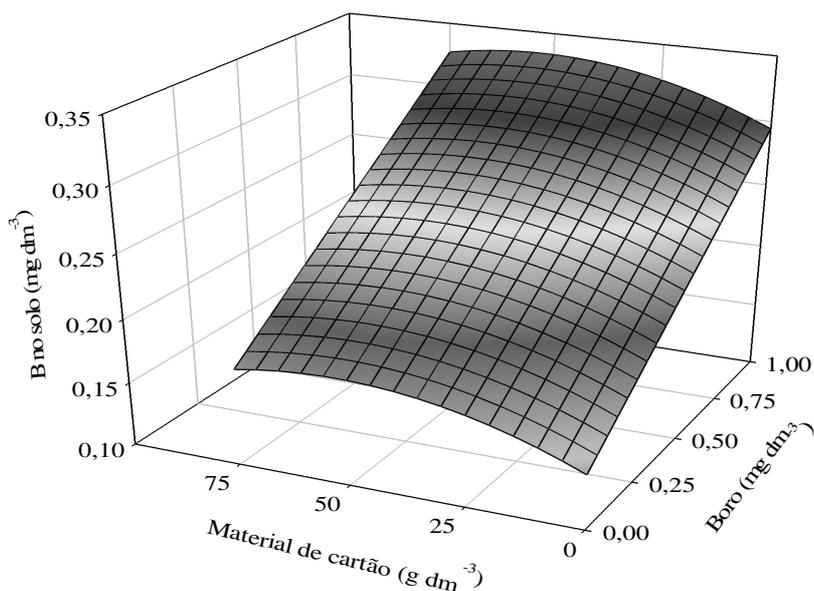


$$\hat{y} = 0,03907 - 0,00019 MC + 0,02998 B \quad R^2 = 0,23^{**}$$

Figura 7 – Boro acumulado na parte aérea de plantas de maracujazeiro em função da aplicação de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

O teor máximo de B do solo pelo extrator água quente ($0,33 \text{ mg dm}^{-3}$) (Figura 8) poderá ser obtida com a dose de $53,2 \text{ g dm}^{-3}$ de material do cartão, associada a $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, enquanto que tal extração sem a adição de B, atinge valor de $0,18 \text{ mg dm}^{-3}$ que, em relação a testemunha ($0,14 \text{ mg dm}^{-3}$), é superior em 29%, somente com a adição de $53,2 \text{ g dm}^{-3}$ de material de cartão. A adição isolada de B ($0,29 \text{ mg dm}^{-3}$), promove extração que supera em 106% a aquela observado para a testemunha.

No que refere a dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, numa aplicação conjunta do material do cartão na dose máxima de 75 g dm^{-3} , percebe-se que a extração estimada de B ($0,31 \text{ mg dm}^{-3}$), praticamente não diferiu da máxima extração ($0,33 \text{ mg dm}^{-3}$). Isto sugere que, com a elevação na dose do material do cartão de $53,2$ para 75 g dm^{-3} , a contribuição deste material para o B extraível pela água quente é desprezível quando se avalia a interpretação da análise de B em solo do Cerrado, como observado em Sousa e Lobato (2004), que consideram como nível médio deste nutriente, valores que variam de $0,3$ a $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$.



$$\hat{y} = 0,14271 + 0,00149 MC + 0,15153 B - 0,000014 MC^2 \quad R^2 = 0,78^{**}$$

Figura 8 – Boro do solo extraído por água quente em função da aplicação de boro e de material de cartão de cupinzeiro.

Prado et al. (2006), no entanto, trabalhando com a mesma cultura, constataram que o maior crescimento das plantas esteve associado à dose próxima de $0,50 \text{ mg dm}^{-3}$ de B e ao conteúdo de $0,40 \text{ mg dm}^{-3}$ de B no solo. No presente estudo o valor do conteúdo de B no solo, avaliado pelo extrator água quente para a produção máxima de matéria seca da parte aérea é estimado em $0,31 \text{ mg dm}^{-3}$.

A aplicação de material do cartão alterou de modo semelhante à produção de matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule, com comportamentos caracterizados por valores mínimos, com ocorrências entre as doses de 25 a 50 g dm^{-3} de material de cartão, mas que superam a testemunha quando da aplicação de 75 g dm^{-3} .

A falta de estudos sobre a dinâmica de nutrientes, especialmente do B, deste material do cartão e considerando que os demais nutrientes foram elevados a níveis considerados adequados, por meio de adubação química, para o crescimento das plantas de maracujazeiro, é provável que tais comportamentos de queda e ascensão, observados para estes quatro componentes das plantas acima mencionados, estejam relacionados a

mecanismos de dissolução do B do material do cartão e sua adsorção e dessorção pelos constituintes da fase sólida do solo.

Diferentemente da produção de matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule, os teores de clorofila tiveram aumentos diretamente proporcionais às doses de B e de material do cartão.

Para todos os sete componentes avaliados na parte aérea de plantas de maracujazeiro, a aplicação de B resultou em resposta quadrática, exceto para o teor de clorofila e acúmulo de B, que apresentaram respostas lineares. A aplicação de B ocasionou alterações positivas muito mais expressivas de tais componentes do que a aplicação de material do cartão, o que está relacionado com o nível de disponibilidade deste nutriente detectado na caracterização do solo em estudo.

Quanto ao comportamento observado nos modelos de superfície de resposta, ajustados para matéria seca, altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule, avaliados na parte aérea, fica caracterizado declínios máximos destes fatores com a aplicação em torno de 35 g dm^{-3} do material do cartão, sem e com a aplicação de B, sendo possível admitir alterações na disponibilidade do B, em decorrência de interações com a matéria orgânica humificada do material do cartão aplicado ao solo, o qual só passa a disponibilizar este nutriente em doses superiores a 35 g dm^{-3} .

Tendo a matéria seca como referência dentre os componentes avaliados na parte aérea de plantas, pode-se considerar a dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B como a indicada para a produção de plantas de maracujazeiro no solo deste estudo, uma vez que para os demais componentes as doses estimadas deste micronutriente variaram de 0,76 a $0,82 \text{ mg dm}^{-3}$.

Quanto ao aspecto de relação de substituição da adubação boratada pela aplicação de material do cartão, para a produção de $1,92 \text{ g/vaso}$ de matéria seca da parte aérea, com base no modelo ajustado (Figura 1), percebe-se que as aplicações isoladas de 75 g dm^{-3} de material de cartão ou de $0,023 \text{ mg dm}^{-3}$ de B se equivalem, nas condições estudadas. O B aplicado em dose de aproximadamente 9% da menor dose estudada ($0,25 \text{ mg dm}^{-3}$), produz efeito semelhante à aplicação do material de cartão na maior dose (75 g dm^{-3}), para a obtenção, em geral, dos maiores valores de produção de matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e teor de clorofila. Estes resultados revelam a baixa eficiência do material do cartão no fornecimento de B para as plantas de maracujazeiro.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizada a pesquisa, os resultados obtidos permitem concluir que:

1. Os maiores valores de produção de massa seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e teor de clorofila são alcançados pelas aplicações conjuntas de material do cartão na maior dose e entre as duas maiores doses de B.

2. O material de cartão de cupinzeiro foi pouco efetivo como fonte de B para os componentes de crescimento do maracujazeiro, avaliados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. F. de e ABREU, C.A. de. Determinação de boro em água quente, usando aquecimento com microonda. In: RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Editores. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 2001. p.231-239.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2008. 552p.

ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. de. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, 2000. p. 27-32.

ALVAREZ V., V.H.; **Avaliação da fertilidade do solo**. Superfícies de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1985. 75p.

CARVALHO, A.J.C.; MARTINS, D.P.; MONNERAT, P.H.; BERNARDO, S. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1101-1108, 2000.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. de M.; SARMENTO, R. de A.; CUNHA, G. de M.; AMARAL, J. F. T. do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.207-214, 2006

DECHEN, A. R e NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; RENILDES LÚCIO F. FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. E NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª Ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.91-132.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997. 212p.

EPSTEIN, H.; BLOM, 2006. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: Germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: EMBRAPA CERRADOS, 2005, 677p.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Org.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.734p.

FONSECA, E. B. A.; CARVALHO, J. G. de; PASQUAL, M.; CORRÊA, J. B. D. Concentração de micronutrientes em mudas de Maracujazeiro-doce propagado por sementes em função da calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 43-51, 2005.

FRANÇA, R.C.; INOCÊNCIO, M.F.; PAIM, L.R.; NOVELINO, J.O. Atributos da fertilidade de amostras de solo submetidas à aplicação de material do cartão de cupinzeiro de montículo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Londrina. **Resumos ...** Londrina,PR. 2007. 1 CD-ROM. Trabalho 3205-1036.

GRAVE, F; FRANCO, E.T.H.; PACHECO, J.P.; SANTOS, S.R. Crescimento de plantas jovens de Açoita-cavalo em quatro diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.4, p.289-298, 2007.

GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 237p.

JABUR, M. A.; MARTINS, A. B. G. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos: limoeiro-cravo (*Citrus Limonia* Osbeck) e tangerineira-cleópatra (*Citrus Reshni* Hort. ex Tanaka) em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.24, n.2, p.514-518, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Rima Artes e Textos. 531p. 2000

LEONEL, S. e PEDROSO, C. J. Produção de mudas de maracujazeiro-doce com uso de biorregulador. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v. 27, n. 1, p. 107-109, 2005.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 595p.

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

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MENDONÇA, E.de S.; MATOS, E.da S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa,MG: UFV, 2005. 107p.

METELLI, L. M. M. Produção de frutíferas tropicais. **Agropecuária**, 2000. 239p.

MINANI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo. T.A. Queiroz, 1995. 135p.

NATALE, W.; PRADO, R. M. de; ALMEIDA, E. V.; BARBOSA, J. C. Adubação nitrogenada e potássica no estado nutricional de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 28, n. 2, p. 187-192, 2006.

NEGREIROS, J. R. da S.; AMERICO JR. W.; ÁLVARES, V. de S.; SILVA, J. O. da C.; NUNES, E. S.; ALEXANDRE, R. S.; PIMENTEL, L. D.; BRUCKNER, C. H. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e

desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, 2006.

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. **Método de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-253.

NOVELINO, J.O. **Efeito de *phosphorus* dinamizado e de material de cupinzeiro em algumas variáveis de crescimento de *sorghum bicolor* (L.) Moench**. 2009. 24 p. Monografia (Estágio Pós-Doutoral em Homeopatia Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR.

NOVELINO, J.O.; CUNHA, L.A.G.; MARCHETTI, M.E. Material de termiteiro do cupim-de-montículo (Isoptera: Termitidae) e níveis de fósforo influenciando o crescimento do sorgo granífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. **Resumos ...** Londrina-PR. 2001. p. 161.

NOVELINO, J.O.; FERNANDES, W.D. Termiteiros do cupim-de-montículo *Cornitermes* Spp. (Isoptera: Termitidae). I. Características químicas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3/FERTBIO, 2000, Santa Maria. **Resumos ...** Santa Maria-RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. p.54.

OLIVEIRA, L.A.; PAIVA, W.O. de.. Utilização de cupinzeiro e esterco de galinha como adubo em alface num Podzólico Vermelho-Amarelo da região de Manaus. Manaus,AM: **Acta Amazônica**, Brasília,DF, v. 15, n. 1-2. p. 13-18, 1985.

PERES FILHO, O; SALVADORI, J.R.; SANCHEZ, G. NAKANO, O.; TERÁN, F.O. Componentes do material utilizado na construção do termiteiro do cupim-de-montículo, (Isoptera: Termitidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília,DF, v.25, n.2, p.167-171. 1990.

PRADO, R. M. de; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá,PR, v. 27, n. 3, p. 493-498, 2005.

PRADO, R.M. de; 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,SP, v.28, n.2, p.305-309, 2006.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. D.Micronutrientes para fruteiras tropicais. In:FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. (Org.). **Micronutrientes elementos tóxicos e metais pesados na agricultura**. 1ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2001. p 459-491.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301p.

RUGGIERO, C; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C. de; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R. da; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria de

Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília, DF. EMBRAPA-SPI, 1996. (Publicações Técnicas Frupex, 1996).

SCALON, S. P. Q. *et al.* Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SMIDERLE, O. S.; MINAME, K. Emergência e vigor de plântulas de goiabeira em diferentes substratos. **Revista Científica Rural**, n.6, n.1, p.38-45, 2001.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Editores Técnicos. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2^a ed. Brasília,DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

VERDIAL, M. F.; LIMA, M. S.; NETO, J. T.; DIAS, C. T. S.; BARBANO, M. T. Métodos de formação de mudas de maracujazeiro amarelo. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.795-798, 2000.

WAGNER JÚNIOR, A.; ALEXANDRE, R. S.; NEGREIROS, J. R. S.; PIMENTEL, L. D.; COSTA E SILVA, J. O.; BRUCKNER, C. H. Influência do substrato na germinação e desenvolvimento Inicial de plantas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 643-647, 2006.

YAMADA, T .Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba,SP, n. 90, p. 1-5. 2000.