



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA**

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AUGUSTO JOSÉ SILVA PEDROSO**

**DOSES CRESCENTES DE CORRETIVO E BORO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE NUTRIENTES E AVALIAÇÃO DE INCIDÊNCIA DA BROCA DAS MELIÁCEAS NO MOGNO**

ertação

92

2

2

**BELÉM-PA  
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

AUGUSTO JOSÉ SILVA PEDROSO

**DOSES CRESCENTES DE CORRETIVO E BORO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE NUTRIENTES E AVALIAÇÃO DE INCIDÊNCIA DA BROCA DAS MELIÁCEAS NO MOGNO**

Universidade Federal Rural  
da Amazônia  
BIBLIOTECA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior

Co-Orientador: Dr. Orlando Shiguelo Ohashi

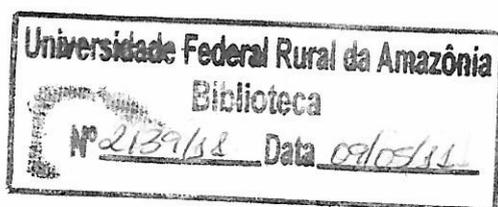
Biblioteca



21390019

BELÉM-PA  
2011

T  
634.92  
P372



---

Pedroso, Augusto José Silva

Doses crescentes de corretivo e boro no crescimento, produção de matéria seca, teor de nutrientes e avaliação de incidência da broca das meliáceas no mogno./ Augusto José Silva Pedroso. – Belém, 2011.

70 f.:il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

1. *Swietenia macrophylla* 2. calagem 3. *Hypsipyla grandella* I. Título.

---

CDD – 634.92



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AUGUSTO JOSÉ SILVA PEDROSO**

**DOSES CRESCENTES DE CORRETIVO E BORO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE NUTRIENTES E AVALIAÇÃO DE INCIDÊNCIA DA BROCA DAS MELIÁCEAS NO MOGNO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em Março de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior - Orientador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Pesquisador Dr. Alexandre Mehl Lunz – 1º Examinador  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Pesquisador Dr. Jorge Luiz Piccinin – 2º Examinador  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Prof. Dr. George Rodrigues da Silva – 3º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

A Deus, acima de todas as coisas;

**AGRADEÇO!**

Ao Estado do Pará e todo o povo paraense;

Aos meus pais, José Emanuel Pedroso e Paulina Pedroso que sempre me apoiaram e acreditaram  
em mim;

Aos meus irmãos, Anderson e Aida Leticia Pedroso;

Aos meus tios Anselmo e Rosilene Lima;

À minha Avó Eremita Silva

À minha namorada Sannah Birani, que esteve sempre ao meu lado.

Com Amor e Carinho;

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença em minha vida me concedendo força e iluminando meu caminho para conclusão deste trabalho;

A meus pais e meus irmãos, pela compreensão, atenção e amor mesmo em meus inúmeros momentos de ausência;

Ao meu orientador prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior e meu co-orientador prof. Dr. Orlando Shiguelo Ohashi pela confiança depositada, ensinamentos e amizade;

À minha namorada Sannah Birani, pela cumplicidade, força e pelo carinho e atenção;

Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA e todo seu corpo docente e funcionários, pela oportunidade de realizar este curso aperfeiçoando meus conhecimentos;

À coordenação do Programa de Pós-Graduação, pela confiança e oportunidade oferecida;

À CAPES pela concessão de bolsa;

As colegas e amigas Adriane da Rocha, Naísa Leal, Mábia Maria, Rosilda, Patrícia Maia e Elaine Santos pelo companheirismo e amizade;

Aos amigos Gilson Matos, Bruno Brabo, Josemar Vasconcelos e Marcos Albuquerque;

Ao Eng. Agrônomo Jessivaldo Galvão, pelo apoio no trabalho e amizade;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	8
1.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
1.1.1 Características gerais do mogno brasileiro.....	11
1.1.2 Estoque, manejo e conservação de mogno na Amazônia brasileira.....	12
1.1.3 Broca das meliáceas ( <i>Hypsipyla grandella</i> , Zeller 1848).....	14
1.1.3.1 Danos.....	15
1.1.3.2 Controle.....	16
1.1.4 Nutrição mineral de espécies florestais.....	17
1.1.4.1 Nutrição edáfica.....	17
1.1.4.2 Importância da correção do solo.....	18
1.1.4.2.1 Cálcio.....	19
1.1.4.3 Boro.....	20
<b>2 DOSES CRESCENTES DE CORRETIVO E BORO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE NUTRIENTES E AVALIAÇÃO DE INCIDÊNCIA DA BROCA DAS MELIÁCEAS NO MOGNO</b>	
2.1 INTRODUÇÃO.....	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.2.1 Local do experimento.....	26
2.2.2 Coleta de substrato e obtenção de sementes de mogno para produção de mudas ..	26
2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	27
2.2.4 Instalação e condução do experimento.....	28
2.2.5 Análises químicas.....	29
2.2.5.1 Solo.....	29
2.2.5.2 Tecido vegetal.....	30
2.2.6 Variáveis analisadas.....	30
2.2.6.1 Altura e diâmetro do coleto.....	30
2.2.6.2 Produção de matéria seca e teor de nutrientes.....	30
2.2.6.3 Porcentagem de ataque e comprimento de galeria.....	31
2.2.7 Análise estatística.....	31
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
2.3.1 Crescimento e produção de matéria seca.....	33
2.3.2 Teor de nutrientes.....	39
2.3.3 Indução de resistência.....	49
2.4 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento, produção de matéria seca, teor de nutrientes e o controle de *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) cultivadas em substrato de Latossolo Amarelo, sob doses crescentes de corretivo e boro. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial ( $4 \times 4 + 1$ ), com tratamento adicional (testemunha absoluta), sendo quatro doses de corretivo (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 t.ha<sup>-1</sup>) e quatro doses de boro (1, 2, 3, e 4 mg.kg<sup>-1</sup> de substrato) como fatores. As características avaliadas foram altura da parte aérea; diâmetro do coleto; matéria seca do caule, parte aérea e raízes; relação parte aérea/raiz; teor de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na matéria seca; comprimento de galeria e porcentagem de ataque de *H. grandella*. A altura das mudas de mogno não foi influenciada pelas doses de corretivo e boro. A dose de corretivo de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> foi a que se mostrou mais próxima dos valores máximos estimados pelas equações de regressão para as variáveis matéria seca das folhas e da parte aérea e relação parte aérea/raiz. As doses de boro influenciaram negativamente a matéria seca da raiz. Para o diâmetro e matéria seca do caule e da raiz, foi observada interação significativa entre as doses de corretivo e boro. Os melhores resultados para as variáveis de crescimento analisadas em mudas de mogno foram encontrados na dose de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo e 1,0 mg.kg<sup>-1</sup> de boro. Os dois fatores avaliados não apresentaram significância ( $p < 0,05$ ) para a porcentagem de ataque de *H. grandella* sobre as mudas de mogno. A interação entre as doses de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo e 4,0 mg.kg<sup>-1</sup> de boro foi a mais vantajosa na redução do comprimento de galeria da broca das meliáceas.

**Palavras chaves:** *Swietenia macrophylla*, calagem, adubação, *Hypsipyla grandella*

**ABSTRACT:** The objectives of this study was to evaluate the growth, dry matter production, nutrient content and control of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in seedlings of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) plants grown in substrate Oxisol under increasing doses of lime and boron. The experimental design was completely randomized, factorial arrangement (4x4 +1), with additional treatment (control), four doses of lime (0,5; 1,0; 1,5 and 2,0 t ha<sup>-1</sup>) and four doses of boron (1, 2, 3 and 4 mg.kg<sup>-1</sup> of substrate) factors. The characteristics evaluated were height of plant, stem diameter, dry weight of stem, leaves, shoot and root, shoot/root relation; macro (N, P, K, Ca, Mg and S) and micronutrients (B, Cu, Fe, Mn and Zn) in dry matter, length and percentage of the gallery attack of *H. grandella*. The height of mahogany seedlings was not influenced by doses of lime and boron. The dose of lime to 1,5 t ha<sup>-1</sup> was the one that was closer than the maximum values estimated by regression equations for the variables of leaves and stem and root/shoot relation. The boron levels adversely affected the root dry matter. For the diameter and weight of stem and root, there was significant interaction between doses of lime and boron. The best results for the growth variables in mahogany seedlings were found at a dose of 1,5 t ha<sup>-1</sup> of lime and 1,0 mg.kg<sup>-1</sup> of boron. The two factors evaluated were not statistically significant ( $p < 0,05$ ) for the percentage of attack *H. grandella* on the mahogany seedlings. The interaction between doses of 1,5 t ha<sup>-1</sup> of lime and 4,0 mg.kg<sup>-1</sup> of boron was the most advantageous in reducing the length of the drill gallery of Meliaceae.

**Keywords:** *Swietenia macrophylla*, liming, fertilization, *Hypsipyla grandella*

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A exploração e o processamento industrial da madeira estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. Em 2004, o setor madeireiro extraiu 24,5 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, o equivalente a cerca de 6,2 milhões de árvores. Essa matéria-prima gerou 10,4 milhões de metros cúbicos de madeira processada (tábuas, produtos beneficiados, laminados, compensados, etc.). O processamento ocorreu em 82 pólos madeireiros situados principalmente nos Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia. Após o processamento a madeira amazônica foi destinada tanto para o mercado doméstico (64%) como para o externo. Em particular, as exportações tiveram um incremento extremamente significativo, passando de US\$ 381 milhões em 1998 para US\$ 943 milhões em 2004 (LENTINI; VERÍSSIMO; PEREIRA, 2005).

O mogno (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) é a espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical (LENTINI; VERÍSSIMO; PEREIRA, 2005). A madeira comercializada no mercado internacional é originária de floresta nativa onde a exploração não é feita de maneira sustentável. Em consequência, as populações naturais de mogno estão sendo severamente reduzidas ao longo de sua área de ocorrência.

O elevado valor comercial do mogno se deve à beleza, cor, durabilidade e estabilidade dimensional da madeira, sendo bastante usado em móveis finos, laminados, construções civis (portas, janelas e painéis), navais e aeronáuticas, esculturas e instrumentos musicais (GROGAN; BARRETO; VERÍSSIMO, 2002). Devido essas características tecnológicas serem bastante apreciadas, essa espécie vem sofrendo uma exploração seletiva associada com práticas predatórias e ilegais. Dessa forma, o governo brasileiro tomou algumas medidas para a sua preservação, dentre elas, a Portaria nº 3 de 08 de janeiro de 2004 que veio estabelecer e regulamentar os procedimentos para exportação, importação, certificação de origem e reexportação de espécies da flora que estão protegidas pela Convenção sobre Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES), dentre as quais o mogno está inserido no anexo II. Outra medida foi tomada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que publicou a Normativa nº 7 de 2003 que regulamenta os procedimentos relativos às atividades de Planos de Manejo Florestal Sustentável que contemplem a exploração da espécie (IBAMA, 2011).

A implantação de mogno em escala comercial é limitada pelo ataque de *Hypsipyla*

*grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae), cuja lagarta se alimenta do broto terminal da planta, ocasionando o seu tombamento e a deformação ou ramificação da árvore, que perde seu valor econômico (OHASHI et al., 2002).

Existem várias pesquisas relacionadas às necessidades nutricionais e desenvolvimento da cultura do mogno (SILVA et al., 2007a, 2007b; SANTOS et al., 2008; TUCCI; LIMA; LESSA, 2009; SOUZA et al., 2010), porém são quase inexistentes trabalhos que utilizam a nutrição mineral de plantas como forma de combater o ataque de *H. grandella*.

Uma das fases mais importantes no cultivo de espécies florestais é a produção de mudas. Mudas de qualidade adequada são fundamentais no crescimento e desenvolvimento das espécies, e necessitam do conhecimento das características das plantas, notadamente suas necessidades nutricionais e suas respostas à correção do substrato e à adição de fertilizantes (CARNEIRO, 1995). A crescente demanda de tecnologia para exploração de espécies nativas exige informações sobre silvicultura nos diversos campos de conhecimentos, dentre eles, os da fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas (CARVALHO 2006).

Grande parte dos solos da Amazônia apresentam características químicas inadequadas, como a acidez elevada, alto teor de  $Al^{3+}$  trocável e deficiência de nutrientes, principalmente Ca, Mg, P e K, tornando necessária a sua correção para que possam ser utilizados sob diferentes sistemas de cultivos econômicos, inclusive como substrato para produção de mudas (VIEIRA; SANTOS, 1987). A correção da acidez do solo é utilizada para diminuir as concentrações de  $Al^{3+}$  e Mn, fornecer Ca e Mg às plantas, aumentar a disponibilidade de P e melhorar as propriedades físicas do solo através da agregação permitindo desenvolvimento das raízes, aumentando a aeração e circulação de água (MALAVOLTA, 1980a).

Ohashi et al. (2005) utilizaram plantas de mogno brasileiro no município de Aurora do Pará para avaliar os efeitos da adubação com boro, correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola no controle da *H. grandella*. Os resultados indicaram a possibilidade do cálcio e do boro no solo exercerem influência positiva na redução do ataque de *H. grandella*, o que motivou a realização deste ensaio.

Em virtude da sua função estrutural, o cálcio atua na manutenção da integridade física da parede celular e, por apresentar baixa mobilidade, a sua deficiência provoca à morte dos tecidos mais novos da planta, principalmente, a gema apical (WHITE; BROADLEY, 2003).

O boro está relacionado a diversos processos no metabolismo do vegetal, tais como absorção iônica, transporte e metabolismo de carboidratos, sínteses de lignina, ácidos nucléicos e proteínas, além de atuar na divisão e diferenciação celular nos tecidos meristemáticos. Estudos sugerem atuação do boro na biogênese da parede celular. A

participação do boro no desenvolvimento celular da planta é de suma importância, influenciando propriedades físicas, estruturais e a diferenciação da parede celular (GOLDBACH; WIMMER, 2007).

À vista desse conhecimento, parece possível que em plantas adequadamente nutridas em cálcio e boro, seja melhorado o crescimento e diminuídos os danos causados pelo ataque de *H. grandella*, dependendo da quantidade aplicada.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, produção de matéria seca da planta, teor de nutrientes e o controle de *Hypsipyla grandella* em mudas de mogno cultivadas em substrato de Latossolo Amarelo, sob doses crescentes de corretivo e boro.

## 1.1 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1.1 Características gerais do mogno brasileiro

*Swietenia macrophylla* King, conhecida comumente por mogno, aguano, araputanga, cedro-i, mogno brasileiro, pertence à família Meliaceae, predominantemente tropical, possuindo 51 gêneros e cerca de 1400 espécies (PINHEIRO, 2000). O gênero *Swietenia* é encontrado desde o norte da província de Vera Cruz (México) até a Amazônia, compreendendo três espécies: *S. macrophylla* King, *S. humilis* Zucc e *S. mahogany* (Linnaeus) Jaquin. Segundo Carvalho (2007) entre essas três espécies, *S. macrophylla* é a que ocupa a maior área de distribuição geográfica, indo da região sul do México até o Brasil.

O mogno é uma árvore perenifólia a decídua, com as maiores árvores na idade adulta podendo atingir dimensões próximas de 70 metros de altura e 3,50 metros de DAP (diâmetro à altura do peito). O tronco é ereto, levemente acanalado e com raízes tabulares na base, o fuste é retilíneo e cilíndrico. As folhas são compostas, arranjadas em espiral nos ramos, paripinadas, medindo de 25 a 45 centímetros de comprimento. A espécie ocorre em várias condições ecológicas. As condições de solo toleráveis são variáveis, desde solos profundos pobremente drenados, solos argilosos ácidos e pantanosos, até solos alcalinos bem drenados oriundos de planaltos calcários, incluindo solos derivados de rochas ígneas e metamórficas. Na Amazônia, segue quase em concordância com os depósitos terciários, especialmente de origem vulcânica, aluvial (CARVALHO, 2007).

As excepcionais qualidades da madeira do mogno e vantagens comparativas em relação a outras madeiras, a indicam para fins nobres. É uma madeira moderadamente densa (0,48 a 0,85 g.cm<sup>-3</sup>), com 12 a 15% de umidade; o alburno é estreito e bem contrastado, branco-amarelado ou quase incolor, diferente do cerne que é castanho claro e levemente amarelado; a textura é média e uniforme, com cheiro indistinto e gosto levemente amargo; a superfície é lustrosa com reflexos dourados, e geralmente lisa ao tato; a resistência é moderada ao apodrecimento e alta ao ataque de cupins de madeira seca; é pouco permeável à penetração de soluções preservantes; é fácil de ser trabalhada permitindo excelente acabamento, por isso é utilizada para mobiliários de luxo, painéis, lambris, objetos de adornos, acabamentos internos com molduras, assoalhos dentre outras qualidades (CARVALHO, 2006).

Segundo Lamprecht (1990) o crescimento em altura do mogno é muito rápido em condições favoráveis de elevada luminosidade e abertura de dossel. Classificada como espécie pioneira ou secundária tardia, o mogno regenera-se em clareiras abertas na floresta (PENNINGTON<sup>1</sup> et al., 1981 citados por GROGAN; BARRETO; VERÍSSIMO, 2002).

A germinação das sementes ocorre rapidamente no sub bosque, após o início da estação chuvosa (MORRIS; NEGREROS-CASTILLO; MIZE, 2000). A viabilidade de sementes na época da dispersão é geralmente maior que 90%. As sementes não têm mecanismo de dormência em longo prazo, mas podem sobreviver quatro a seis meses no campo durante o período seco (GULLISON et al., 1996) e até dez meses em condições de seca e frio.

### **1.1.2 Estoque, manejo e conservação de mogno na Amazônia brasileira**

A maior reserva natural de mogno encontra-se no Brasil, ocorrendo em manchas dispersas ao longo dos Estados do Acre, do Amazonas (região sudoeste), de Rondônia, do Mato Grosso (região norte) e do Pará (região sul) (BARROS et al., 1992; VERÍSSIMO et al., 1992; CARVALHO, 2007). Conforme os dados publicados por Terezo (1999), o mogno tem sua área de ocorrência na Amazônia brasileira, em forma de arco, a partir do Rio Araguaia na região sudeste do Estado do Pará até as fronteiras com o Peru (ao sul) e a Bolívia (ao leste). O Estado do Acre (100%) está integralmente inserido na área de ocorrência do mogno, seguido de Rondônia (97,2%), Pará (46,7%), Mato Grosso (23,6%), Amazonas (21,4%), Maranhão (0,85%) e Tocantins (0,27%).

Segundo Terezo (2002) a área de ocorrência natural do mogno na Amazônia brasileira está estimada em 1.518.964 km<sup>2</sup>, das quais as terras indígenas representam 22,5%. Estima-se que atualmente apenas 1/3 da área total de ocorrência do mogno corresponde às áreas de reservas naturais remanescentes exploráveis. Essas áreas representam um potencial da ordem de 13.044.973 m<sup>3</sup> que, se considerar uma taxa de exploração anual de 250 mil m<sup>3</sup>/toras/ano, resulta em um tempo mínimo de persistência dos atuais estoques de 52 anos. Ainda segundo esse autor, considerando-se um incremento anual de 0,01 m<sup>3</sup>/ha haverá um acréscimo de

---

<sup>1</sup> PENNINGTON, T. D.; STYLES, B.T.; TAYLER, D.A.H. *Meliaceae*. Flora Neotropica Monograph 28: 1-472. 1981.

volume de 845.944 m<sup>3</sup>/ano, superior a demanda atual de 250.000 m<sup>3</sup>/ano, o que poderia tranquilizar em termos de abastecimento de mercado. Porém, as questões sociais da posse e uso da terra são pontos importantes com relação à perda de habitat natural de ocorrência do mogno na região. Isto se deve ao fato de que o mogno é uma espécie indicadora de bons solos, com isto estradas são abertas para exploração da espécie e posteriormente são usadas para invasões e colonização ilegais.

A exaustão do estoque de mogno tem deixado em alerta a comunidade florestal e o Governo Federal, que por meio de Portarias, Decretos, Leis e Medidas Provisórias tenta contingenciar e coibir a exploração da espécie na região Amazônica.

Entre 1971 e 2001, estima-se que o Brasil explorou cerca de 5,7 milhões de metros cúbicos, gerando uma renda bruta de aproximadamente US\$ 3,9 bilhões, considerando um preço médio histórico US\$ 700,00/m<sup>3</sup> (GROGAN; BARRETO; VERÍSSIMO, 2002).

Um dos fatores que proporcionaram a grande procura pelo mogno foi o esgotamento dos estoques naturais do mogno caribenho, *S. mahogany*. Assim o interesse dos madeireiros se voltou para Amazônia, onde se encontram as maiores reservas naturais do planeta (RODAN; NEWTON; VERÍSSIMO, 1992). Dessa forma, o Governo Brasileiro tomou algumas medidas para a sua preservação, dentre elas, a Portaria nº 3 de 08 de janeiro de 2004 que veio estabelecer e regulamentar os procedimentos para exportação, importação, certificação de origem e reexportação de espécies da flora que estão protegidas pela Convenção sobre Comércio Internacional de Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES), dentre as quais o mogno está inserido no anexo II. Outra medida foi tomada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que publicou a Normativa nº 7 de 2003 que regulamenta os procedimentos relativos às atividades de Planos de Manejo Florestal Sustentável que contemplem a exploração da espécie (IBAMA, 2011).

Mesmo com a redução do estoque de mogno, a Amazônia Legal ainda é o segundo maior produtor de madeira tropical do mundo, atrás apenas da Indonésia, cujo consumo anual de madeira em tora tem superado os 30 milhões de metros cúbicos. Os outros países da Bacia Amazônica (Bolívia, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa e Suriname) produzem conjuntamente 13 milhões de metros cúbicos em tora (FAO, 2004<sup>2</sup> apud LENTINI; VERÍSSIMO; PEREIRA, 2005).

---

<sup>2</sup> FAO 2004. <http://www.apps.fao.org/page/collections?subset=forestry>

Por não existirem inventários nacionais dessa espécie, não só no Brasil, como no México e na Bolívia, as estimativas de estoques naturais de mogno são especulativas. Essas informações são essenciais para definir estoques genéticos e subsidiar políticas de exploração e manejo desses recursos, assim como planejar estratégias de conservação em escala regional e geográfica.

Pesquisas recentes apontam o manejo florestal bem planejado como factível para a preservação da espécie. Da mesma forma, as linhas de pesquisa de diversas instituições estão seguindo uma diretriz segura para a preservação “*in situ*” e “*ex situ*”, resguardando material genético para o melhoramento da espécie, inclusive para assegurar o êxito de reflorestamentos com progênies melhoradas e enxertadas com espécies resistentes à *Hypsipyla grandella*, hoje considerada a mais importante praga da espécie (TEREZO, 1999; OHASHI et al., 2005; LUNZ et al., 2009). Bascopé, Bernardi e Lamprecht (1957), Sudam (1979), Mahroof et al., (2002) e outros autores citam que as plantas de *S. macrophylla* são fortemente atacadas por *H. grandella* quando em condições de viveiro e em plantios puros, todavia, podem ocorrer infestações, com menor intensidade, em alguns plantios consorciados e florestas naturais.

### 1.1.3 Broca das meliáceas (*Hypsipyla grandella*, Zeller 1848)

Dourojeani<sup>3</sup> (1973) apud Silva (2003) ratifica que as meliáceas são hospedeiras de lepidópteros das famílias Pyralidae, Stenomidae e Gracillariidae, das quais a importante é a primeira com as espécies *Hypsipyla robusta* Moore (1886), *H. ferrealis* Hampson (1929) e *H. grandella*, Zeller (1848). Dentre as meliáceas de importância comercial (*Cedrela* spp., *Carapa* spp. e *Swietenia* spp.), o mogno é menos atacado por *H. grandella*. Tendo, ainda assim, seu cultivo limitado pelos ataques do inseto (CARVALHO, 2006).

---

<sup>3</sup> DOUROJEANI, M. J. Considerações sobre el problema *Hypsipyla grandella* (Zeller) em laas plantaciones de Meliaceae em el Peru. PROCEEDINGS FIRST SYMPOSIUM ON INTEGRATED CONTROL OF *Hypsipyla grandella* (CATIE) II. Turrialba, Costa Rica, p. 60-2, 1973.

### 1.1.3.1 Danos

As lagartas de *H. grandella* alimentam-se de frutos, flores e câmbio de muitas meliáceas, como *Swietenia macrophylla*, *Cedrella odorata* L. e *Carapa guianensis* Aubl., sendo que o maior dano ocorre quando penetram nos brotos terminais de plantas jovens, pois sucessivas infestações resultam em raquitismo e deformação permanente e irreversível do fuste da planta (GRAY, 1972). Os sintomas do ataque são exsudação de goma e serragem, provenientes da atividade larval, folhas secas em meio à folhagem verde, e emissão de novos ponteiros a cada ataque consecutivo (Figura 1), que também são atacados (GRIFFITHS, 2000; OHASHI et al., 2002). As galerias descendentes promovem a seca e, eventualmente, a queda da região apical. O crescimento e a formação de um tronco retilíneo, que é o grande objetivo comercial da cultura, são seriamente prejudicados (GRIJPMMA, 1976; OHASHI et al., 2000) com perda em altura de 35% nos três primeiros anos (OHASHI et al., 2005). Segundo Lunz et al. (2009), essa atividade larval ocorre igualmente em brotos e ramos laterais adjacentes, especialmente quando a larva migra para esses locais, após o esgotamento das partes não lignificadas da madeira onde se encontra (Figura 1).



**Figura1:** Danos causados por *Hypsipyla grandella* em mudas de mogno cultivadas em casa de vegetação. Belém, PA. 2010.

Mayhew e Newton (1998) afirmam que *H. grandella* é a praga mais importante e limitante para a cultura do mogno, sendo que a fase mais susceptível é entre três a seis anos e nesta fase a planta varia de dois a oito metros de altura.

Um fator relevante a se considerar no manejo integrado de pragas é o nível de dano

econômico, que consiste nos prejuízos causados pela densidade mínima da praga que causa perdas econômicas (Figura 2). Para plantas de mogno, o nível é de apenas uma lagarta por planta, pois uma fêmea ovípara de 65 ou até 200 ovos durante três a quatro dias. Portanto, é muito provável que apenas uma fêmea fertilizada tem condições de ovipositar em todas as plantas de mogno em um hectare (OHASHI et al., 2002).



Figura 2: Ataque de *H. grandella* em mogno. Aurora do Pará, PA. 2010.

#### 1.1.3.2 Controle

Speight (2001) aponta quatro direcionamentos para o controle integrado de *H. grandella*: i) resistência da planta hospedeira, através da busca e emprego de material genético de alta qualidade; ii) manejo silvicultural, com estabelecimento de métodos adequados para produção de mudas saudáveis, seleção de sítios para promover um crescimento vigoroso das plantas, promoção de crescimento inicial por meio do uso de fertilizantes, combate a ervas daninhas, condução de um fuste reto e poda e incorporação de material de plantio resistente sob regimes de silvicultura apropriados, enfatizado o uso de espécies mistas; iii) uso de semioquímicos, como controle químico localizado com pesticidas sistêmicos de baixa liberação, com vistas a controlar as populações da praga; iv) controle biológico com aplicação inundativa de inimigos naturais e de técnicas de monitoramento para detectar picos

populacionais.

No município de Aurora do Pará, Ohashi et al. (2005) utilizaram plantas de mogno para avaliar o efeito da adubação com boro, correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola para o controle de *H. grandella*, e foi observado a possibilidade do cálcio e boro no solo exercerem influência positiva na redução do ataque da broca. Silva et al. (2009), avaliando o efeito do cálcio no controle da *H. grandella* em mudas de mogno cultivadas em hidroponia, observaram que a aplicação de cálcio em solução nutritiva reduziu o comprimento de galeria de infecção e exerceu uma boa perspectiva quanto sua ação no controle da praga.

#### **1.1.4 Nutrição mineral de espécies florestais**

##### **1.1.4.1 Nutrição edáfica**

Os nutrientes minerais têm funções específicas no metabolismo, no crescimento e no desenvolvimento das plantas. O aumento ou redução da concentração dos nutrientes no solo poderá afetar na planta a absorção, a translocação e a redistribuição de um determinado nutriente, o que permite conseqüentemente, caracterizar as diferentes deficiências nutricionais. A maioria dos micronutrientes é, via de regra, constituinte de enzimas e é essencial somente em pequenas quantidades, porém o boro também desempenha papel estrutural na planta. Os macronutrientes, por sua vez, participam da estrutura de compostos orgânicos, tais como proteínas e ácido nucléicos, ou atuam como solutos osmóticos. As diferenças quanto à função dos elementos minerais refletem nas suas concentrações médias adequadas ao crescimento da planta. Esses valores variam dependendo da espécie, da idade e disponibilidade do elemento mineral (MARSCHNER, 1995; MENGEL; KIRKBY, 2001; EPSTEIN; BLOOM, 2004; TUCCI et al., 2007).

Na Amazônia, o conhecimento acerca das necessidades nutricionais das espécies nativas ainda é restrito. As pesquisas sobre a nutrição mineral são bastante dificultadas pela grande diversidade de espécies vegetais, distribuídas pelos mais diversos ecossistemas. Além disso, as intrincadas relações físicas, químicas e biológicas existentes influenciam diretamente

na dinâmica dos nutrientes na relação solo-planta (RODRIGUES, 2002).

De acordo com Furtini Neto et al. (1999), as espécies florestais nativas de diferentes grupos ecológicos tendem a se comportar distintamente em relação às necessidades nutricionais, sendo que as espécies dos estádios sucessionais iniciais possuem maior capacidade de absorção de nutrientes, quando comparadas àquelas dos estádios subsequentes. Desse modo, as informações disponíveis indicam que nos plantios realizados com espécies florestais nativas, em comparação aos plantios de clímax, pioneiras e secundárias iniciais, devem receber adubação correta em qualidade e quantidade, especialmente quando realizada em solos pobres, que normalmente é o caso dos solos utilizados no reflorestamento com essas espécies (CARVALHO, 2006; TUCCI et al., 2007; TUCCI et al., 2010).

Mann et al. (1996) verificaram que a calagem favorece o crescimento de espécies florestais, muito embora os autores ressaltem que existam espécies bastante tolerantes à acidez, não apresentando respostas pronunciadas à calagem, como é o caso da *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth. e *Machaerium paraguariense* Hassl.. Furtini Neto et al. (1999) verificaram que, de maneira geral, o aumento na saturação por alumínio limita sensivelmente o desenvolvimento de *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby, *Stenolobium stans* Juss., *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. e *Cedrela fissilis* Vell., enquanto que a calagem favorece o crescimento destas espécies em altura, diâmetro e produção de biomassa.

#### 1.1.4.2 Importância da correção do solo

A grande maioria dos solos de terra firme da Amazônia é naturalmente ácida, em razão da pobreza em bases do material de origem ou de processos pedogenéticos (TUCCI, 1991). A baixa fertilidade constitui, segundo Rodrigues (1996), o fator de maior limitação regional para desenvolvimento das plantas. A decomposição rápida e contínua da matéria orgânica, como consequência das altas temperaturas e umidade, é também apontada como responsável pela alta acidez desses solos (MALAVOLTA, 1987).

Solos de natureza ácida, só produzem de maneira satisfatória e sustentável se forem realizadas práticas agronômicas de correção da acidez, que mais contribui para o aumento da eficiência dos fertilizantes, pois aumenta a produtividade e a rentabilidade da agropecuária (ANDA, 1981; VITTI, 1987; RAIJ, 1991). Resultados positivos da aplicação de corretivos,

em diferentes culturas, têm sido observados em vários trabalhos conduzidos em diferentes regiões do Brasil, em que a acidez do solo é fator limitante para a produção (LIMA JUNIOR, 2005; TUCCI et al., 2007; SILVA et al., 2007a; TUCCI et al., 2010). Segundo Raij (1991) as respostas das culturas à correção do solo ocorrerão se este for suficientemente ácido.

O corretivo mais utilizado para esta finalidade é o calcário. De acordo com a natureza química dos seus constituintes, os corretivos são classificados em carbonatos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e magnésio (MALAVOLTA; PIMENTEL GOMES; ALCARDE, 2000) e tem como objetivo principal corrigir os problemas relacionados à acidez do solo e diminuir os efeitos tóxicos de  $Al^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  (PAULA et al., 1991). A correção do solo contribui ainda para elevar os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , aumentar cargas dependentes de pH, diminuir a lixiviação de  $K^+$ , diminuir a fixação de P, neutralizar o  $Mn^{2+}$ , aumentar a disponibilidade de  $MoO_4^{2-}$ ; aumentar a atividade microbiana e liberar nutrientes pela decomposição da matéria orgânica; melhorar o ambiente do solo para bactérias associadas a fixação simbiótica do N (MALAVOLTA, 1981; OSAKI, 1991; RAIJ, 1991).

Alguns corretivos como, por exemplo, calcário calcítico e dolomítico, têm como características além da correção da acidez, o suprimento de cálcio e/ou magnésio.

#### 1.1.4.2.1 Cálcio

O cálcio é o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre, representando mais de 3% da sua composição. O teor de cálcio trocável em solos normais varia de 65 a 85 % de sua capacidade de troca total (CARVALHO; CHALFOUN, 1991).

Elemento imóvel quanto à redistribuição na planta, os sintomas de deficiência de Ca aparecem primeiramente nas folhas novas, havendo deformação e clorose foliar e, nos estágios mais avançados, o amolecimento do tecido devido à alteração na estrutura da parede celular, evoluindo para necrose (MENGEL; KIRKBY, 2001). Essas deficiências ocorrem pois o cálcio não pode ser mobilizado para outros tecidos e redistribuído via floema.

Esse macronutriente também exerce inúmeras funções no crescimento e desenvolvimento vegetal. O atraso no amadurecimento de frutos e na senescência e abscisão foliar, a melhoria na qualidade dos frutos e hortaliças e as alterações na resposta geotrópica, na fotossíntese e em outros processos como divisão celular, movimentos citoplasmáticos e

aumento do volume celular são algumas funções do cálcio nas plantas (MENGEL; KIRKBY, 2001).

O cálcio é considerado um nutriente essencial e estrutural nas plantas, pois é um dos principais integrantes da parede celular, onde os pectatos de cálcio existentes na lamela média são essenciais para o aumento da rigidez da parede celular e dos tecidos da planta (MARSCHNER, 1995). É absorvido na forma de cátion divalente ( $\text{Ca}^{2+}$ ) da solução do solo pelo sistema radicular e translocado das raízes, via xilema, através de fluxo de massa (WHITE, 1998).

O cálcio funciona também como componente da amilase (enzima da germinação e hidrólise do endosperma). A plasticidade da parede celular depende do fornecimento adequado de cálcio para a formação de ligações de cálcio-pectina (TING, 1982). Quando há deficiência, as membranas começam a “vazar”, a compartimentação celular é rompida e a ligação do cálcio com a pectina da parede celular é afetada. O pectato de cálcio da lamela média atua como “cimento” entre uma célula e outra, sendo depositado durante a citocinese (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Em âmbito metabólico, atua na manutenção da estrutura e funcionamento das membranas celulares (com pouco cálcio ocorre o efluxo ou “vazamento” de compostos e íons difusíveis); na germinação de pólen e crescimento do tubo polínico (cofator enzimático); ativador das ATP-ases, enzimas da fosforilação que participam da absorção iônica (FAQUIN, 2001). O cálcio ajuda converter o N-nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) em formas necessárias para a formação da proteína, e contribui, também, para aumentar a resistência às doenças. Importante para a fecundação das flores, fixação dos botões florais e da frutificação, pois é neste momento que ocorre uma multiplicação de novas células (NUTRIFATOS, 2006).

Para Faquin (2001) o cálcio é um nutriente exigido em quantidades muito variadas em diferentes culturas, dentro de limites, cerca de 10 até 200  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

#### 1.1.4.3 Boro

Cardoso (1978) acredita ser lógico que o boro possa existir em grande número de minerais primários e secundários do solo, nos mais variados graus de estabilidade e solubilidade. Segundo o mesmo autor, os três maiores sítios inorgânicos de adsorção do boro

no solo são: hidróxidos de ferro e alumínio presentes como revestimento ou associados aos minerais de argilas, óxido de ferro e alumínio e minerais de argila do tipo micácio. Rhoads, Ingvalson e Hatcher (1970) levantaram a hipótese de que outros minerais presentes nas frações silte e argila do solo, afora as argilas de camadas silicatos, possam também ter a capacidade de adsorverem o boro em quantidades apreciáveis.

Para Dantas (1991), é possível encontrar no solo o boro em duas formas: a total e a disponível. Na primeira, o boro é constituído pelas suas formas contidas nos minerais, na matéria orgânica e adsorvida ou fixada (não absorvíveis pelas plantas), enquanto a segunda é encontrada na solução do solo, estando disponível para as plantas; menos de 5% de boro total no solo está disponível às plantas.

Barger (1962) propôs dois mecanismos pelos quais um nutriente pode ser transportado para a superfície das raízes: difusão e convecção ou fluxo de massa e observou que o fluxo de massa foi o mecanismo dominante no transporte do boro para as raízes da soja.

A matéria orgânica, segundo Malavolta (1980a), é a principal fonte de boro para as plantas, já que a decomposição da mesma libera grande quantidade de boro para a solução do solo, através da mineralização. Também segundo Malavolta, Boaretto e Paulino (1991), a disponibilidade dos micronutrientes, inclusive o boro é afetada por fatores como pH, condições de óxido-redução, matéria orgânica e a presença de outros íons. Malavolta (1980b) relata que a absorção do boro ocorre na faixa de pH 4,0-8,0, sendo absorvido nas formas  $H_3BO_3$  e  $H_2BO_3^-$ .

Segundo Malavolta (1980a), a concentração de boro nos tecidos das plantas monocotiledôneas, varia geralmente entre 6 e 18  $mg.kg^{-1}$ , e nas dicotiledôneas de 20 a 60  $mg.kg^{-1}$ . Em razão disso, a deficiência de boro em cereais é menos comum no campo. Em relação à redistribuição, principalmente nos elementos do floema, Malavolta, Boaretto e Paulino (1991) sugerem que o boro pode ser considerado imóvel na planta, sendo translocado principalmente através do xilema. Todavia, atualmente é aceito que o boro, bem como o cálcio, é imóvel ou tem mobilidade limitada no floema. A principal função deste elemento é facilitar o transporte de açúcares através das membranas, uma vez que o borato forma complexos com compostos poli-hidroxílicos (açúcares e fenóis), os quais atravessariam mais facilmente as membranas celulares, comparados com as moléculas de açúcares altamente polarizadas. Malavolta (1979) ressalta que o boro é particularmente importante para o desenvolvimento das partes mais novas da planta, sendo estas regiões muito exigentes.

O boro desempenha funções importantes na planta, tais como metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares (sacarose); organização de funcionamento das

membranas (ATP-ase e absorção iônica); síntese de ácido nucléico (DNA e RNA) e fitohormônios (AIA e auxinas); formação e lignificação das paredes celulares; alongação e divisão celular, principalmente na atividade dos tecidos meristemáticos; germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico; floração e expressão sexual; ativação do zinco. As deficiências de boro, em geral, ocorrem em solos com predominância da fração areia e baixo teor de matéria orgânica, sujeitos a forte lixiviação (GOLDBACH; WIMMER, 2007).

Segundo Malavolta (1980b), a deficiência de boro leva à redução no tamanho e deformação de folhas mais novas, morte da gema apical e menor crescimento das raízes. Oliveira, Blanco e Engleman (1982) observaram que a deficiência deste elemento afeta o crescimento radicular, a área foliar e o peso seco total, além de atrasar a atividade fotossintética. Existe um pequeno limite entre a concentração suficiente no substrato e o nível tóxico de boro. A tolerância relativa à toxidez de boro parece depender diretamente da velocidade do transporte das raízes para a parte aérea; os sintomas de excesso (clorose malhada e depois manchas necróticas que podem coalescer) coincidem com as regiões da folha onde há maior transpiração e, conseqüentemente, aumento local na concentração de boro no tecido foliar (MALAVOLTA, 1980b).

Ramos et al. (2009) avaliando doses e teores de boro no crescimento de plantas de eucalipto cultivadas em dois Latossolos, observaram que as baixas doses de boro aplicadas no solo promovem o maior incremento na produção de matéria seca das plantas. Já Moreira, Moraes e Castro (2006), concluíram que as doses crescentes de boro, aplicadas em porta-enxertos de seringueira, apresentaram efeito significativo para os teores foliares de B, Mn e Zn, enquanto que os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu e Fe não variaram significativamente em razão das doses de boro.

## 2 DOSES CRESCENTES DE CORRETIVO E BORO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE NUTRIENTES E AVALIAÇÃO DE INCIDÊNCIA DA BROCA DAS MELIÁCEAS NO MOGNO

### 2.1 INTRODUÇÃO

A exploração e o processamento industrial da madeira estão entre as principais atividades econômicas da Amazônia, ao lado da mineração e da agropecuária. O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é a espécie madeireira de maior valor econômico na América Tropical pela beleza da madeira que produz, pela cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional, sendo bastante usada em móveis finos, laminados, construções civis (portas, janelas e painéis), navais e aeronáuticas, esculturas e instrumentos musicais (GROGAN; BARRETO; VERÍSSIMO, 2002; CARVALHO, 2007).

Devido essas características tecnológicas serem bastante apreciadas, essa espécie vem sofrendo uma exploração seletiva associada com práticas predatórias e ilegais. Em consequência, as populações naturais de mogno estão severamente reduzidas ao longo de sua área de ocorrência. O Brasil é detentor da maior reserva natural de mogno, ocupando o primeiro lugar em produção, seguido da Bolívia. Estes dois países abrigam aproximadamente 85% do total do estoque de mogno existente no mundo (GASPARETO, 2002).

A pesquisa na Amazônia mostra que as instalações de plantios comerciais de mogno apresentam como maior barreira a ser superada o ataque da broca das meliáceas (*Hypsipyla grandella* Zeller, Lepidoptera: Pyralidae), que resulta na deformação ou ramificação da árvore, diminuindo sensivelmente o valor econômico da cultura, conseqüentemente, constituindo-se em um fator extremamente limitante à produção da madeira de boa qualidade, em tempo útil (OHASHI et al., 2002).

A produção de mudas consiste em uma das fases mais importantes do desenvolvimento de espécies arbóreas, principalmente em relação ao mogno. O cultivo de mudas de qualidade está diretamente associado ao conhecimento das características morfológicas das espécies e suas necessidades nutricionais como resposta à correção da acidez do substrato e adição de fertilizantes (CARNEIRO, 1995).

O uso de corretivos é uma prática fundamental no processo de formação de mudas, não só para a redução da acidez do solo, mas também como fonte de nutrientes indispensáveis ao crescimento inicial das plantas, especialmente quando se utiliza na preparação de substrato para produção de mudas um material proveniente de solos ácidos e pobres em nutrientes. Alguns trabalhos mostram o efeito benéfico dos corretivos sobre o crescimento de mudas de mogno (SILVA et al., 2007a; TUCCI et al., 2007).

O conhecimento da quantidade de corretivo a ser aplicada ao substrato é de suma importância, pois depende das características do corretivo a ser aplicado, das propriedades químicas do solo e das características das espécies a serem cultivadas, de forma que cada espécie responde de forma diferenciada, com diferentes graus de tolerância e susceptibilidade à acidez do solo. Além disso, a utilização de doses excessivas de corretivo pode causar problemas maiores do que aqueles ocasionados pela acidez dos solos (TUCCI, 1996).

Os micronutrientes são requeridos em concentrações muito baixas para adequado crescimento e desenvolvimento das plantas. Exercem papel fundamental na atividade de várias enzimas e processos metabólicos, inclusive na fotossíntese, apresentando a mesma importância que os macronutrientes. Dos nutrientes minerais essenciais as plantas, o boro é o menos compreendido, embora em termos molares seja requerido pelas dicotiledôneas em maiores quantidades dentre todos os micronutrientes (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

O boro disponível para as plantas encontra-se na solução do solo como ácido bórico indissociável em condições de pH baixo, formando complexos com cálcio ou ligado a compostos orgânicos solúveis, forma em que este nutriente é absorvido pela planta. O boro atua na divisão, diferenciação celular, metabolismo e transporte de carboidratos; participa também da síntese de compostos da parede celular, do processo reprodutivo, afetando a polinização, do crescimento do tubo polínico e da produção de frutos e sementes (GOLDBACH; WIMMER, 2007).

A disponibilidade de boro é muito afetada pelo pH, textura e teor de cálcio do solo. O efeito do cálcio pode estar relacionado com o efeito de interações na planta (RAIJ, 1991). Entre os efeitos específicos da calagem, a redução da acidez é o mais objetivo, entretanto, os efeitos indiretos sobre a assimilação de nutrientes e sobre a toxidez de certos elementos são provavelmente mais importantes. De acordo com Dechen e Nachtigall (2006), em condições de excesso de calagem pode ocorrer redução na disponibilidade de boro.

Desta forma, é de fundamental importância o incremento das pesquisas voltadas às necessidades nutricionais e desenvolvimento do mogno (SILVA et al., 2007a; SILVA et al., 2007b; SANTOS et al., 2008; TUCCI; LIMA; LESSA, 2009; SOUZA et al., 2010), porém

são quase inexistentes trabalhos que relacionam a nutrição mineral de meliáceas como mecanismo eficiente de combate à *Hypsipyla grandella* (SILVA et al., 2009).

No município de Aurora do Pará, Ohashi et al. (2005) utilizaram plantas de mogno para avaliar o efeito da adubação com boro, correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola para o controle de *H. grandella*, e foi observado a possibilidade do cálcio e boro no solo exercerem influência positiva na redução do ataque da broca. Silva et al. (2009), avaliando o efeito do cálcio no controle da *H. grandella* em mudas de mogno cultivadas em hidroponia, observaram que a aplicação de cálcio em solução nutritiva reduziu o comprimento de galeria de infecção e exerceu uma boa perspectiva quanto sua ação no controle da praga.

Em virtude da sua função estrutural, o cálcio atua na manutenção da integridade física da parede celular e o boro atua no desenvolvimento celular da planta, influenciando propriedades físicas, estruturais e a diferenciação da parede celular (GOLDBACH; WIMMER, 2007; WHITE, 1998). Sugere-se que em plantas adequadamente nutridas em cálcio e boro, a resistência ao ataque da *H. grandella* é aumentada dependendo da quantidade de aplicação desses nutrientes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de calcário dolomítico e boro sobre o crescimento, produção de matéria seca, teor de nutrientes e indução de resistência de mudas de mogno ao ataque de *H. grandella*.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de junho de 2009 a novembro de 2010 em casa de vegetação do setor de Ciência do Solo, do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), cujas coordenadas geográficas, em UTM, são 22M 784552,92 e 9839229,18 (6,37 m de altitude).

### 2.2.2 Coleta de substrato e obtenção de sementes de mogno para produção de mudas

O solo usado como substrato foi coletado na camada de 0-0,2 m de profundidade em Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), textura média, situado em área de plantio comercial de mogno localizado na Fazenda da Empresa Tramontina S.A. no município de Aurora do Pará, cujas coordenadas geográficas, em UTM, são 38M 722460,636 e 221196,538 (Figura 3).



**Figura 3:** Coleta de solo na Fazenda da Empresa Tramontina no município de Aurora do Pará, PA. 2009.

O solo que compôs o substrato das unidades experimentais foi seco ao ar livre (Terra Fina Seca ao Ar - TFSA), destorroado e passado em peneira com abertura de 4 mm, sendo posteriormente colocado em vasos com capacidade de 7 kg, dispostos em bancadas de madeira no interior da casa de vegetação.

Uma amostra composta desse solo foi encaminhada ao Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, para análise dos atributos químicos e granulometria (Tabela 1), segundo Embrapa (1997). A partir desses resultados foi realizada a estimativa dos valores de capacidade de troca catiônica efetiva (t) e total (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

**Tabela 1:** Teor de macronutrientes, características químicas e teor de argila do solo utilizado como substrato para produção de mudas de mogno na Amazônia Oriental. Belém, PA. 2009.

pH H <sub>2</sub> O	N	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	T	t	m	V	MO	Argila
	%	mg/dm <sup>3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----								%	g.kg <sup>-1</sup>		
5,4	0,27	2,0	0,05	0,05	1,8	0,6	0,4	4,21	6,71	2,9	13,8	37,3	21	230

As sementes foram provenientes de matrizes de plantio comercial de mogno da mesma área. O semeio foi realizado em bandejas de polietileno (28 cm de largura x 45 cm de comprimento x 7,5 cm de altura), contendo como substrato areia branca lavada com água destilada e autoclavada. Foi realizada a aplicação da solução nutritiva completa proposta por Hoagland & Arnon (1950), modificada por Epstein (1975), 25 dias após o semeio, com o propósito de suprir nutrientes e uniformizar o crescimento das plantas.

### 2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com diferentes números de repetições, em um arranjo fatorial (|4x4|+1), com tratamento adicional (testemunha absoluta), sendo os fatores: a) quatro doses de corretivo (0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 t.ha<sup>-1</sup>) e b) quatro doses de boro (1, 2, 3, e 4 mg.kg<sup>-1</sup> de substrato). Para avaliar a porcentagem de ataque de *H. grandella*, utilizou-se o DIC com três repetições por tratamento. Para avaliação

do comprimento da galeria foi utilizado o DIC com quatro repetições. As demais variáveis analisadas foram avaliadas com a utilização de DIC com cinco repetições.

O corretivo utilizado foi o calcário dolomítico (Poder Relativo de Neutralização Total-96%), sendo as doses calculadas com base nos resultados da análise de solo, pelo método da saturação por bases (RAIJ, 1991), para se elevar a 44, 53, 62 e 71% a saturação por bases. As doses de boro foram aplicadas na forma de solução, utilizando como reagente o ácido bórico p.a. ( $H_3BO_3$ ). O cálculo das doses foi realizado tomando-se a recomendação de 1,0 mg de boro por kg de substrato (NOVAIS et al., 1991) como sendo a menor e a partir desta foi aumentada em uma unidade as demais doses para que fosse observado a resposta das plantas em relação a esse elemento.

#### **2.2.4 Instalação e condução do experimento**

Após a aplicação e homogeneização do corretivo, o substrato foi incubado por um período de 30 dias para que ocorresse a reação do calcário, mantendo-se o teor de umidade próximo a capacidade de campo. Passado o período de incubação, foi realizado o transplântio das mudas com 35 dias de idade, sendo transplantada uma muda/vaso (unidade experimental). Ao longo do período do experimento, a umidade do solo foi mantida próxima de 60% da capacidade de campo. A irrigação foi feita utilizando água destilada, procedendo-se monitoramento diário para esse controle (GOMES et al., 2004). A temperatura no interior da casa de vegetação apresentou valor médio de 30 °C, com mínima de 23 °C e máxima de 36 °C.

A adubação básica foi realizada 60 dias após o transplântio, utilizando soluções de uréia p.a. ( $CH_4N_2O$ ), fosfato de potássio p.a. ( $KH_2PO_4$ ) e fosfato de sódio p.a. ( $NaH_2PO_4$ ) na proporção NPK de 200-500-300  $kg\cdot ha^{-1}$  (SILVA et al., 2007b). O fertilizante nitrogenado foi parcelado em duas aplicações (MALAVOLTA, 1980a), aos 60 e 105 dias após o transplântio, respectivamente. Uma única aplicação dos micronutrientes e das doses de boro foi realizada 105 dias após transplântio. Utilizaram-se os seguintes reagentes como fonte de micronutrientes: Cu ( $CuSO_4$ ), Fe ( $FeCl_3\cdot 6H_2O$ ), Mn ( $MnCl_2\cdot 4H_2O$ ), Mo ( $Na_2MoO_4\cdot 2H_2O$ ) e Zn ( $ZnSO_4\cdot 7H_2O$ ). As concentrações ( $mg\cdot kg^{-1}$  de substrato) foram: 1,5 de Cu, 5 de Fe, 5 de Mn, 0,15 de Mo e 5 de Zn. As avaliações foram realizadas oito meses após o transplântio, quando as mudas encontravam-se em condições de serem transplantadas para o campo (CARVALHO, 2007).

## 2.2.5 Análises químicas

As amostras de solo foram analisadas quimicamente de acordo com a metodologia proposta por Embrapa (1997). As amostras de tecido vegetal foram analisadas de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

### 2.2.5.1 Solo

O pH em água foi medido eletronicamente com potenciômetro por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:solvente 1:2,5. A acidez potencial ( $H + Al^{3+}$ ) foi extraída com  $CH_3COO_2Ca$  mol.L<sup>-1</sup> pH 7,0 e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol.L<sup>-1</sup>. O P disponível, o K<sup>+</sup> e o Na<sup>+</sup> trocáveis foram extraídos com solução Mehlich 1. O P foi determinado por colorimetria (comprimento de onda 660µm) e o K<sup>+</sup> e o Na<sup>+</sup> foram determinados por fotometria de chama. O Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis foram extraídos pela solução de KCl mol.L<sup>-1</sup>. O Ca<sup>2+</sup> e o Mg<sup>2+</sup> foram determinados por meio de titulação com EDTA 0,025 mol.L<sup>-1</sup> e o Al<sup>3+</sup> por titulação com NaOH 0,025 mol.L<sup>-1</sup>. O Carbono orgânico foi determinado por oxidação via úmida com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,4 mol L<sup>-1</sup> e titulado pelo Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,1 mol L<sup>-1</sup> e indicador difenilamina e a matéria orgânica obtida pela fórmula: M.O = C x 1,72, em g kg<sup>-1</sup> de solo.

A extração dos micronutrientes Cu, Mn, Fe e Zn foi feita com a solução extratora Mehlich 1 na relação solo extrator 1:5 e a determinação por espectrofotometria de absorção atômica.

De posse dos resultados obtidos das análises químicas foram calculadas a soma de bases trocáveis (SB), a capacidade de troca catiônica total (CTC) e as saturações por bases (V%) e por alumínio (m%).

### 2.2.5.2 Tecido vegetal

As amostras de folhas e caule foram solubilizadas com solução nítrico-perclórica para extração dos elementos P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn. A determinação de P foi por colorimetria (amarelo vanadato), do K por fotometria de chama, do Ca e Mg por absorção atômica, do S por turbidimetria, do Cu, Fe, Mn e Zn por espectrometria de emissão atômica com indução de plasma (EEA-ICP). O N foi extraído através da solubilização sulfúrica e em seguida determinado pelo método semi-micro Kjeldahl. O B foi extraído por solubilização via seca e determinado por colorimetria (azometina-H).

### 2.2.6 Variáveis analisadas

#### 2.2.6.1 Altura e diâmetro do coleto

A altura da parte aérea foi medida com o auxílio de uma régua graduada, considerando como altura a medida da base do caule rente à superfície do substrato até a gema apical. O diâmetro do coleto foi obtido utilizando um paquímetro digital, medindo-se rente à superfície do substrato.

#### 2.2.6.2 Produção de matéria seca e teor de nutrientes

Após as medições, o material vegetal foi colhido e separado em caule, folhas (parte aérea) e raiz. Em seguida foram acondicionados em sacos de papel previamente identificados e levados à estufa de ventilação forçada a 70 °C até peso constante. Com auxílio de uma balança analítica foi obtido o peso seco da matéria seca do caule (MSC), folhas (MSF) e parte aérea (MSPA = MSC+MSF). A relação parte aérea/raiz foi obtida por meio da divisão da matéria seca da parte aérea pela matéria seca da raiz. Em seguida, as amostras foram moídas (moinho tipo Willey) e realizadas as determinações químicas para se obterem os teores dos nutrientes no caule e nas folhas.

### 2.2.6.3 Porcentagem de ataque e comprimento de galeria

Foram feitas inoculações dos ovos de *H. grandella* aos 255 dias de idade das plantas nas mudas com brotos recém-lançados, entre 16:30 h e 17:00 h, que é o período sob condições naturais que as mariposas fazem a oviposição (RAMÍREZ-SÁNCHEZ, 1964). Os ovos, produzidos no Laboratório de Entomologia da UFRA segundo metodologia preconizada por Almeida (2005), foram colocados na região próxima ao meristema apical (dois ovos/planta), com o auxílio de um alfinete entomológico, tentando dessa forma simular a condição natural de oviposição da mariposa. Após 24 horas foi observada a eclosão dos ovos e no período compreendido entre três a dez dias, foram observados os danos ocasionados no meristema apical, caracterizados pela exsudação de goma e liberação de serragem, indicando o efetivo ataque da broca. Foram inoculadas nove plantas por tratamento e a porcentagem foi calculada a partir da média aritmética de três plantas, restando três repetições de porcentagem em cada um dos 17 tratamentos. Passados 20 dias da inoculação, foi realizada a colheita das plantas e a mensuração das demais variáveis.

Para a mensuração do comprimento de galeria (CG), foi feito o corte transversal do caule, com o auxílio de um canivete para medição com uma régua graduada. Considerou-se como galeria a parte interna do caule próxima ao ápice que se encontrava oca devido ao consumo do meristema pela lagarta. Como houve diferentes números de plantas atacadas nos diversos tratamentos e o menor número foi quatro plantas por tratamento, fez-se uma seleção dos dados pelos valores próximos a média aritmética de cada tratamento.

### 2.2.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) com fatorial diferenciado, considerando o tratamento adicional, sendo o nível de significância determinado pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O teste de Dunnet ( $p < 0,05$ ) foi aplicado quando houve significância entre a interação fatorial X testemunha.

Quando houve significância pelo teste F da ANAVA do fatorial, as variáveis foram submetidas à ANAVA das regressões, visando o ajuste de um modelo (linear ou quadrático)

considerando os dados de crescimento, biomassa e teor de nutrientes como variáveis dependentes das doses de corretivo e boro aplicadas.

Para o procedimento das análises estatísticas foram usado o programa Assistat, versão 7.5 beta (SILVA, 2008) e Microsoft Office Excel 2007. Para a normalização da variável matéria seca da raiz, os valores foram transformados pela função raiz quadrada. As demais variáveis não foram transformadas.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Crescimento e produção de matéria seca

Os quadrados médios das análises de variância de todas as variáveis analisadas encontram-se dispostos nos Apêndices. As mudas de mogno não apresentaram diferença significativa na altura para os diferentes tratamentos aplicados, com média geral de 78,12 cm. A testemunha absoluta não diferiu do tratamento fatorial para essa variável (Tabela 2).

**Tabela 2:** Média da altura, diâmetro, matéria seca do caule (MSC), das folhas (MSF), da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz (PA/R), das mudas de mogno com nove meses de idade, cultivadas em Latossolo amarelo, submetidas a diferentes doses de corretivo e boro. Belém, PA. 2010.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	----- g -----				PA/R -
			MSC	MSF	MSPA	MSR	
Corretivo (t.ha <sup>-1</sup> )							
0,5	73,26 a	13,66 ab	31,37 a	36,98 b	68,35 b	15,78 a	4,48 b
1,0	81,10 a	12,73 b	31,36 a	42,42 a	73,78 ab	13,61 b	5,51 a
1,5	79,28 a	13,85 a	34,17 a	45,23 a	79,40 a	14,15 ab	5,68 a
2,0	79,03 a	13,03 ab	30,07 a	43,66 a	73,73 ab	13,78 ab	5,48 a
Boro (mg.kg <sup>-1</sup> )							
1,0	78,34 a	13,53 a	34,53 a	41,89 a	76,42 a	15,62 a	5,03 a
2,0	78,25 a	13,33 a	30,11 a	41,24 a	71,35 a	14,16 ab	5,16 a
3,0	79,54 a	13,21 a	31,91 a	42,13 a	74,04 a	14,59 ab	5,17 a
4,0	76,55 a	13,20 a	30,43 a	43,03 a	73,46 a	12,96 b	5,79 a
DMS <sup>1</sup>	9,64	0,98	4,63	4,42	7,15	2,17	0,81
Fatorial	78,17 a	13,32 a	31,75 a	42,07 a	73,82 a	14,32 a	5,29 a
Testemunha	77,40 a	13,90 a	31,46 a	42,23 a	73,69 b	14,84 a	4,97 a
DMS <sup>2</sup>	21,41	2,15	10,29	9,83	0,10	4,81	1,80
Média geral	78,12	13,35	31,73	42,08	73,80	14,50	5,27
CV (%)	14,8	8,69	17,52	12,61	11,61	8,94	18,5

DMS<sup>1</sup> – Diferença mínima significativa aplicada nos 2 fatores. Médias seguidas por diferentes letras nas colunas diferem estatisticamente entre tratamentos de uma mesma variável pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). DMS<sup>2</sup> – Diferença mínima significativa para o teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

Para os tratamentos entre doses de corretivo, houve efeitos significativos para diâmetro ( $p < 0,05$ ), e para matéria seca das folhas, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e relação parte aérea/raiz ( $p < 0,01$ ). Esta última aumentou com as doses crescentes de corretivo, que pode ser explicado pela quantidade de nutrientes disponibilizados com a calagem, que promoveu um aumento na produção de matéria seca da parte aérea e diminuição da matéria seca da raiz (Tabela 2). Quando não há restrição de crescimento no solo, as plantas priorizam o desenvolvimento da parte aérea, causando uma maior produção de matéria seca da parte aérea o que aumenta a relação parte aérea/raiz com o aumento das doses de corretivo (SILVA et al., 2007a). Gonçalves e Mello (2000) descreveram que a relação parte aérea/raiz diminui quando a quantidade de fotoassimilados aumenta nas raízes, devido à baixa disponibilidade de água e nutrientes. Segundo os mesmos autores, o maior dispêndio de energia para produção de raízes reduz a produtividade de madeira e outros produtos florestais.

Os tratamentos entre as doses de boro foram significativos apenas com a matéria seca da raiz ( $p < 0,05$ ). Na interação entre os dois fatores, houve efeito significativo para o diâmetro ( $p < 0,01$ ), matéria seca do caule ( $p < 0,05$ ) e matéria seca da raiz ( $p < 0,01$ ). Ocorreu efeito significativo dos 17 tratamentos para a maioria das variáveis analisadas, exceto a altura (Apêndice 1).

A aplicação de corretivo isoladamente, a partir da dose de  $1,0 \text{ t.ha}^{-1}$ , proporcionou aumento significativo na matéria seca das folhas, na matéria seca da parte aérea e na relação parte aérea raiz (Tabela 2). As aplicações de maiores doses de boro (acima de  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) afetaram negativamente a matéria seca da raiz (Tabela 2). Resultado oposto foi encontrado por Matiello et al. (2009), avaliando a resposta de clones de eucalipto ao boro em solução nutritiva, que observaram um incremento na produção de matéria seca de raiz com o aumento das doses de boro. Werner (1979) trabalhou com doses de boro variando de 0 a  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  aplicadas a dois tipos de solo da Flórida cultivados com *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. e *S. hamata* (L.) Taubert e verificou redução na produção de matéria seca das raízes nas plantas que receberam a maior dose de boro.

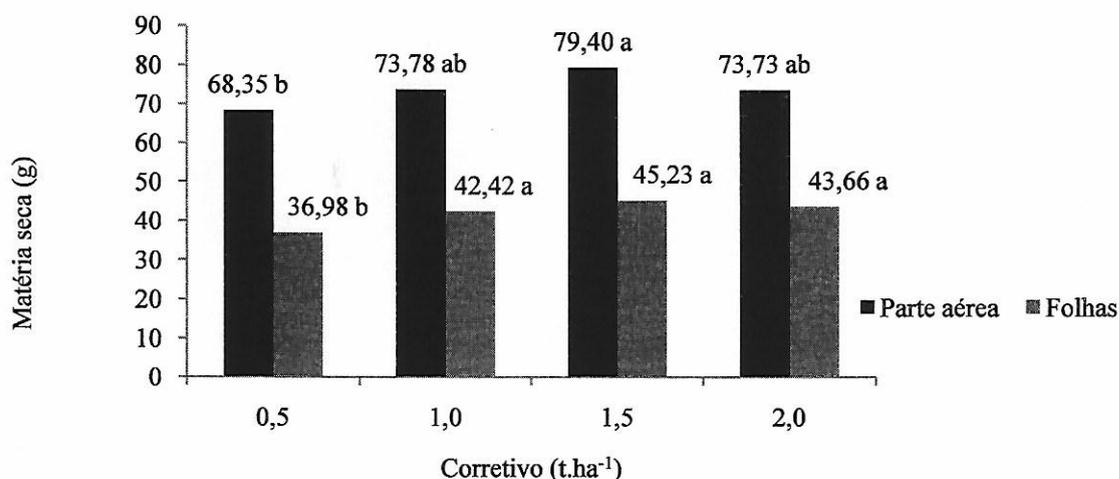
Somente a matéria seca da parte aérea sofreu influência significativa ( $p < 0,05$ ) no efeito do fatorial versus testemunha absoluta (Apêndice 1). A média do tratamento fatorial foi significativamente superior à média da testemunha absoluta (Tabela 2).

Tucci et al. (2010) verificaram que entre as doses de  $0,5$  e  $2,0 \text{ t.ha}^{-1}$  de corretivo aplicadas em substrato de Latossolo Amarelo para produção de mudas de pau-de-barsa, não houve efeito significativo sobre a altura e diâmetro do coleto, sendo assim, a dosagem de  $0,5 \text{ t.ha}^{-1}$  apresentou-se a mais viável economicamente. Resultado semelhante foi encontrado por

Silva et al. (2007a) em mudas de mogno, mostrando que as mudas não apresentaram diferença em altura e o maior valor de diâmetro do coleto foi observado com a aplicação de 2,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo, estando isso relacionado ao aumento nos teores de N e P no caule que favoreceram ganhos em diâmetro (CAIRES; ROSOLEM, 1996).

Os melhores resultados obtidos neste estudo podem ser atribuídos ao conteúdo de macronutrientes encontrados nas mudas nos diferentes tratamentos (Tabela 2). Avaliando o efeito da prática de calagem no substrato, Tucci; Hara; Freitas (2004) e Silva et al. (2008) em mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn) e Tucci et al. (2010) em mudas de pau-de-barsa (*Ochroma lagopus* Sw.) encontraram resultados semelhantes sobre a matéria seca das plantas. Por outro lado, estudos realizados por Mann et al. (1996) com acácia (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) e jacarandá-branco (*Platipodium elegans* Vog.) obtiveram resultados diferentes, concluindo que as mudas dessas espécies não respondem à calagem. Consequentemente pode ser considerado que as espécies florestais respondem de forma diferenciada à aplicação desse corretivo.

A dose de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo, quando comparada à menor dose (0,5 t.ha<sup>-1</sup>), proporcionou as maiores produções de matéria seca das folhas e parte aérea (Figura 4), porém não diferiu estatisticamente das doses de 1,0 e 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo. As doses de corretivo de 1,0, 1,5 e 2,0 t.ha<sup>-1</sup> do presente trabalho foram calculadas para se elevar a saturação por bases do substrato para 53, 62 e 71 % respectivamente. Dessa forma, Neves et al. (2008), observaram em mudas de umbuzeiro, que os níveis de saturação por bases de 68,3 e 70,2 % promoveram a máxima produção de matéria seca das folhas e total, resultado semelhante ao ocorrido nas mudas de mogno avaliadas.



**Figura 4:** Valores médios de matéria seca das folhas e parte aérea de mudas de mogno cultivadas sob doses crescentes de corretivo. (Letras comparam valores médios de matéria seca em cada dose de corretivo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade). Belém, PA. 2010.

Analisando o desdobramento das interações significativas (Tabela 3), constatou-se que o aumento das doses de boro na dose de  $0,5 \text{ t.ha}^{-1}$  de corretivo causa diminuição no diâmetro, matéria seca do caule e matéria seca da raiz das mudas de mogno. Na dose de  $2,0 \text{ t.ha}^{-1}$  de corretivo ocorreu aumento significativo do diâmetro, com aumento das doses de boro. Na dose de  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  de boro, as doses crescentes de corretivo também provocaram diminuição nos valores das três variáveis analisadas. Não houve diferença estatística entre as variáveis matéria seca do caule e matéria seca da raiz nas interações entre doses de corretivo e boro superiores a  $1,0 \text{ t.ha}^{-1}$  e  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ , respectivamente.

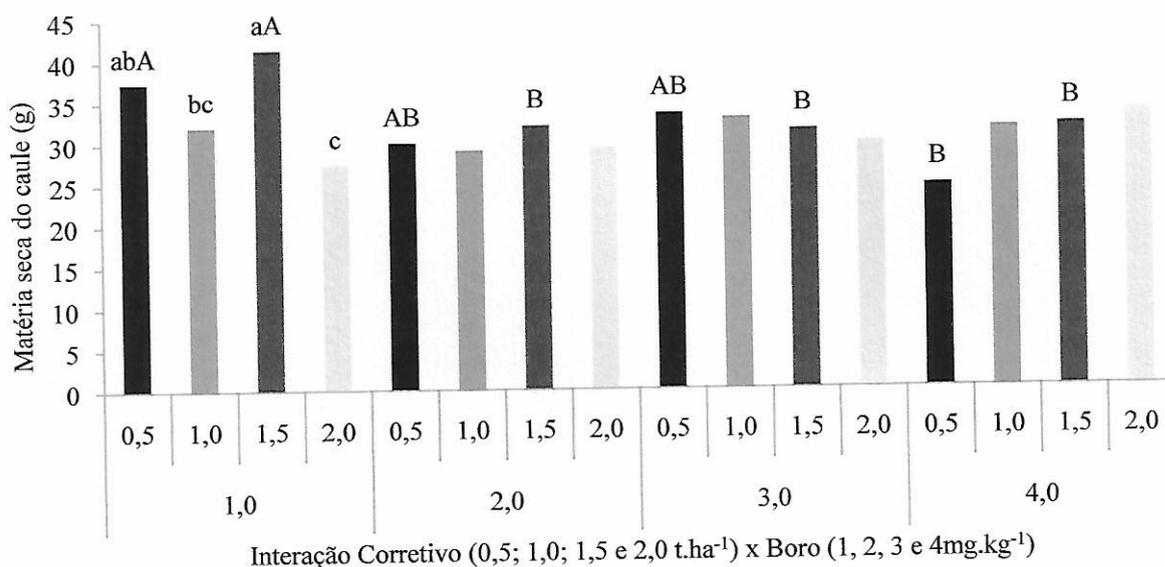
**Tabela 3:** Desdobramento das interações significativas da análise de variância entre doses de corretivo e doses de boro nas variáveis: diâmetro, matéria seca do caule (MSC) e matéria seca da raiz (MSR), de mudas de mogno. Belém, PA. 2010.

Variáveis	Corretivo ( $\text{t.ha}^{-1}$ )	Boro ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )				DMS				
		1,0	2,0	3,0	4,0					
Diâmetro (mm)	0,5	15,43	aA	13,48	abB	13,23	abB	12,50	aB	1,93
	1,0	12,72	bA	12,13	bA	13,21	abA	12,86	aA	1,93
	1,5	14,69	aA	15,00	aA	12,19	bB	13,50	aAB	1,93
	2,0	11,28	bB	12,72	bAB	14,20	aA	13,92	aA	1,93
DMS		1,93		1,93		1,93		1,93		
MSC (g)	0,5	37,39	abA	30,01	aAB	33,44	aAB	24,66	aB	9,27
	1,0	32,00	bcA	29,05	aA	32,87	aA	31,53	aA	9,27
	1,5	41,37	aA	32,04	aB	31,41	aB	31,89	aB	9,27
	2,0	27,37	cA	29,36	aA	29,92	aA	33,62	aA	9,27
DMS		9,27		9,27		9,27		9,27		
MSR (g)	0,5	20,35	aA	14,79	aBC	16,43	aAB	12,12	aC	4,33
	1,0	14,93	bA	12,25	aA	13,84	aA	13,49	aA	4,33
	1,5	15,55	bA	13,59	aA	14,45	aA	13,05	aA	4,33
	2,0	12,18	bA	16,15	aA	13,74	aA	13,21	aA	4,33
DMS		4,33		4,33		4,33		4,33		

DMS – Diferença mínima significativa ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre tratamentos de uma mesma variável, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A matéria seca do caule sofreu efeito diferenciado entre as doses de corretivo apenas na dose de  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  de boro (Figura 5). Quando se compara as dose de  $0,5$  e  $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$  de corretivo entre as quatro doses de boro, observa-se que na menor dose de boro ( $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a matéria seca do caule foi superior àquela obtida na maior dose ( $4,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), com valores de

37,39, 41,37 g e 24,66, 31,89 g respectivamente. O desdobramento dessa interação para a matéria seca do caule não diferenciou entre as quatro doses de boro para as doses de 1,0 e 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo. A maior média para matéria seca do caule ocorreu na dose de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo, diante da dose de boro equivalente a 1,0 mg.kg<sup>-1</sup>, com valor médio de 41,37 g (Tabela 3).



**Figura 5:** Desdobramento da interação e comparação das médias de matéria seca do caule de mudas de mogno sob doses crescentes de corretivo e boro. (Letras minúsculas comparam efeito do corretivo dentro de cada dose de boro e letras maiúsculas comparam efeito de boro dentro de cada dose de corretivo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

As variáveis analisadas apresentaram significâncias diferentes pelo teste F da ANAVA das regressões (Apêndice 2). Tomando as doses de corretivo como variáveis independentes, altura, diâmetro e matéria seca do caule não apresentaram significância para os modelos de regressão linear e quadrática. As demais variáveis apresentaram significância ( $p < 0,01$ ) para regressão quadrática.

A média do peso da matéria seca da raiz sob doses isoladas de corretivo e boro foi significativa para regressão linear (Apêndice 3). Observa-se que sob doses crescentes de corretivo e boro, há um comportamento linear negativo dos valores médios dessa variável, variando de 16,03 g para 13,95 g nas doses de corretivo e de 15,83 g para 13,10 g nas doses de boro (Figura 6). Moreira; Moraes e Castro (2006) observaram efeito negativo das elevadas doses de ácido bórico sob o incremento do número de raízes de porta enxertos de seringueira. Ramos et al. (2009), avaliando a resposta de doses de boro na produção de matéria seca e crescimento de plantas de eucalipto observaram que na dose acima de 2,25 mg.dm<sup>-3</sup> houve uma redução na produção de matéria seca das plantas, indicando o efeito tóxico do boro. A

maior parte do boro adicionado ao solo, na faixa de pH da maioria dos solos agrícolas, permanece na forma neutra ( $H_3BO_3$ ), a qual praticamente não interage com a fase sólida do solo, permanecendo em grande parte na solução (COMMUNAR; KEREN, 2005). Como seu transporte até as raízes se dá por fluxo de massa (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), a adição de doses de boro além da necessidade da planta pode levar à toxidez, promovendo redução na produção de matéria seca do caule e da raiz.

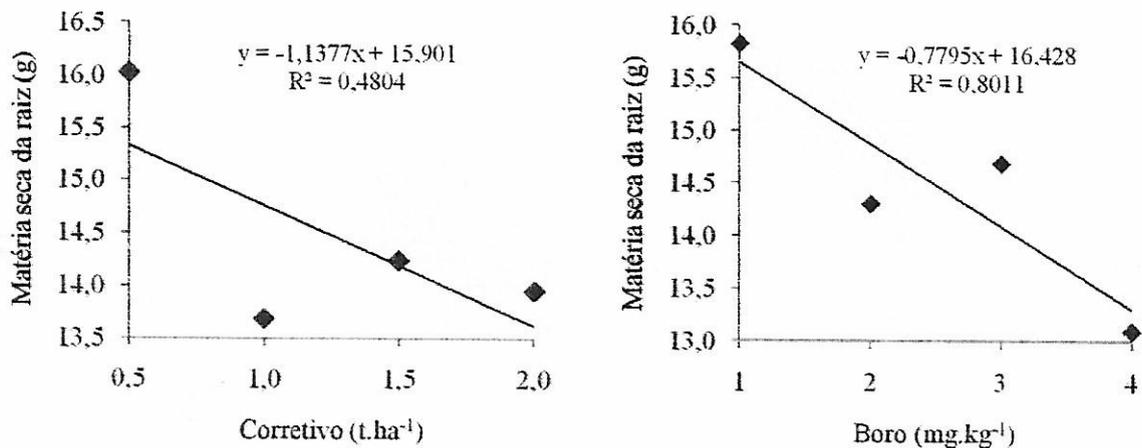


Figura 6: Efeito das doses de corretivo e boro sobre matéria seca da raiz de mudas de mogno com nove meses de idade. Belém, PA. 2010.

A matéria seca das folhas e da parte aérea foram representadas por equações de segundo grau (Apêndices 4 e 5). A dose estimada para a máxima produção de matéria seca das folhas foi de  $1,57 \text{ t ha}^{-1}$  e da parte aérea foi de  $1,44 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 7).

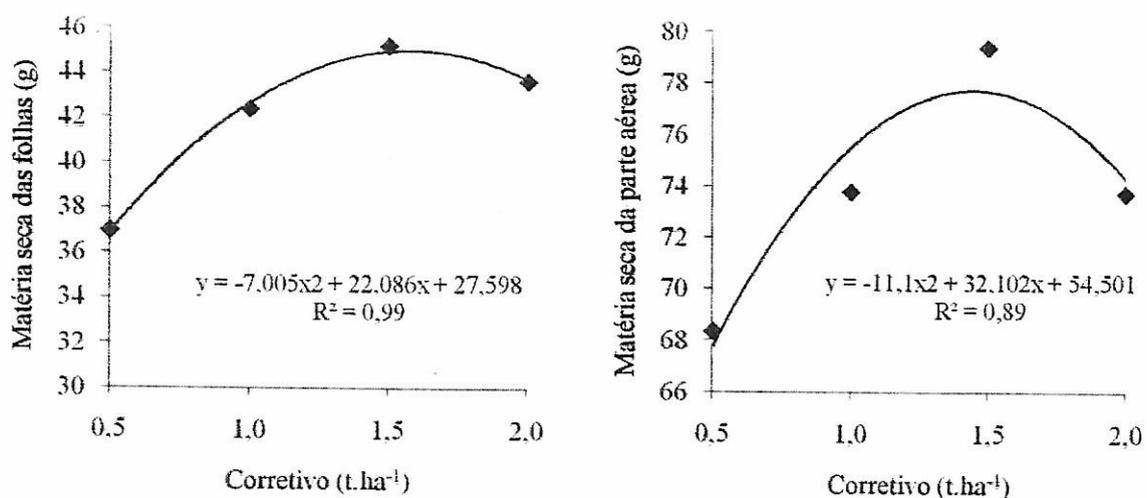


Figura 7: Efeito das doses de corretivo sobre a matéria seca das folhas e matéria seca da parte aérea das mudas de mogno com nove meses de idade. Belém, PA. 2010.

### 2.3.2 Teor de nutrientes

Os teores de nutrientes nas diferentes partes da planta de mogno estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4:** Teor de macronutrientes na matéria seca de mudas de mogno cultivadas sob doses crescentes de corretivo e boro. Belém, PA. 2010.

Tratamento	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g.kg <sup>-1</sup>											
-----Caule-----												
Corretivo (t.ha <sup>-1</sup> )												
0,5	8,44	a	0,94	a	5,40	a	3,35	c	0,71	c	0,25	b
1	6,45	c	1,03	a	5,48	a	3,96	ab	0,94	b	0,31	a
1,5	6,79	bc	0,86	a	4,73	a	3,66	bc	0,91	b	0,28	ab
2	7,66	ab	0,95	a	5,58	a	4,25	a	1,13	a	0,31	a
Boro (mg.kg <sup>-1</sup> )												
1	6,54	b	0,96	a	5,15	ab	3,90	a	0,95	a	0,30	a
2	7,48	a	0,99	a	4,83	b	3,61	a	0,90	a	0,26	a
3	7,81	a	0,93	a	4,73	b	3,99	a	0,94	a	0,28	a
4	7,51	a	0,90	a	6,48	a	3,73	a	0,90	a	0,31	a
Fatorial	7,33	a	0,94	a	5,29	a	3,81	a	0,92	a	0,29	a
Testemunha	6,90	b	0,95	a	4,20	a	3,70	a	0,70	b	0,25	a
Média geral	7,31		0,94		5,22941		3,8		0,908		0,29	
CV (%)	14,95		24,42		33,21		14,52		14,15		22,69	
-----Folha-----												
Corretivo (t.ha <sup>-1</sup> )												
0,5	14,68	b	1,34	a	8,70	ab	13,04	ab	1,80	c	1,18	ab
1	14,46	b	1,26	ab	9,83	a	11,98	b	1,69	c	1,13	b
1,5	14,43	b	1,16	b	7,65	b	12,91	ab	2,24	a	1,13	b
2	16,26	a	1,19	b	10,31	a	13,65	a	2,04	b	1,26	a
Boro (mg.kg <sup>-1</sup> )												
1	13,10	c	1,25	a	8,03	b	12,64	b	2,04	a	1,11	b
2	15,75	ab	1,20	a	8,40	b	13,60	ab	1,95	ab	1,16	b
3	14,85	b	1,21	a	8,34	b	13,91	a	1,95	ab	1,13	b
4	16,13	a	1,29	a	11,73	a	11,43	c	1,83	b	1,29	a
Fatorial	14,96	a	1,24	a	9,12	a	12,89	a	1,94	a	1,17	a
Testemunha	14,35	a	1,15	a	7,90	a	12,60	a	1,45	b	1,10	a
Média geral	14,92		1,23		9,05		12,88		1,91		1,17	
CV (%)	9,15		10,30		27,78		10,03		11,42		9,43	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos de uma mesma variável, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

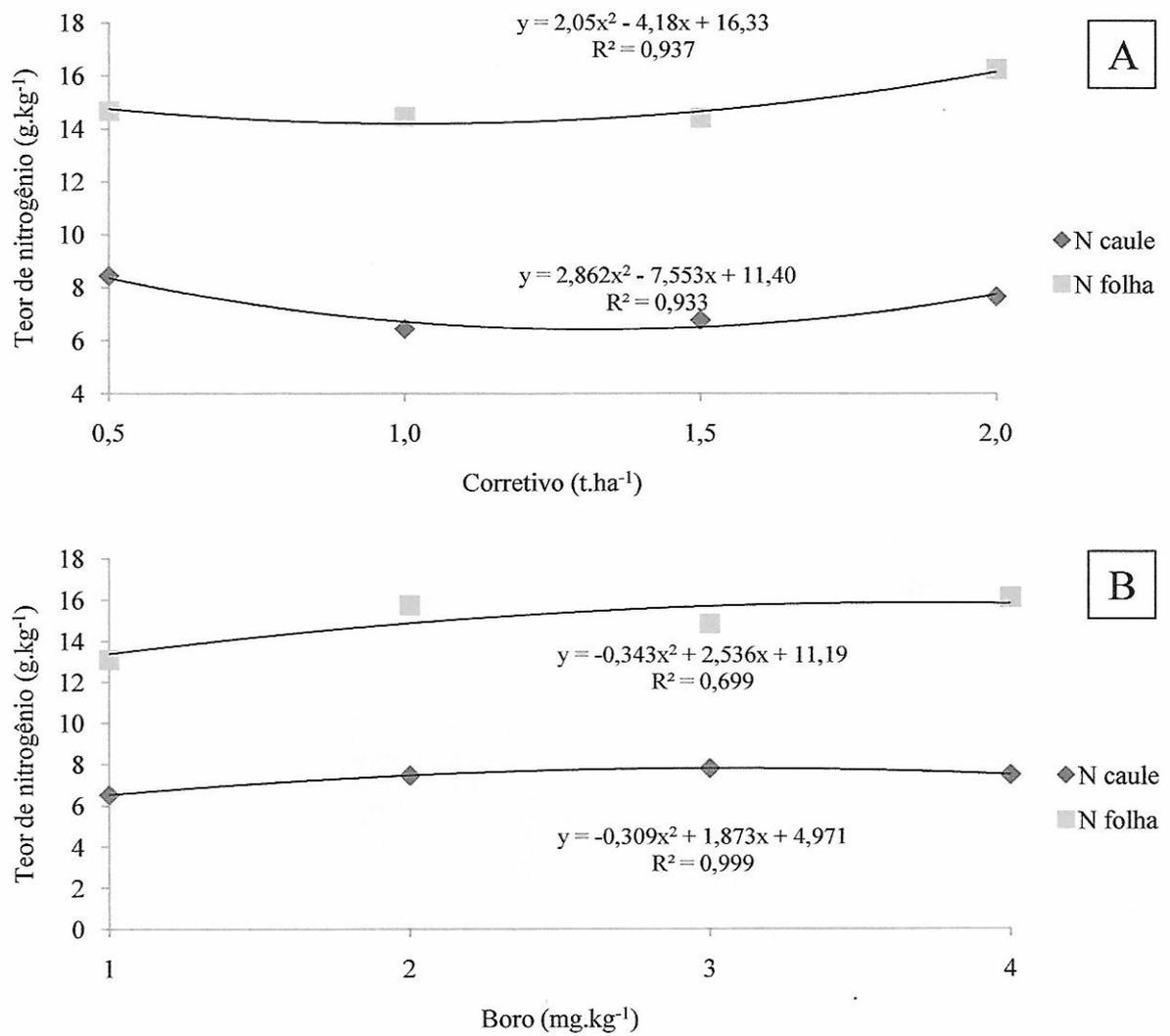
A calagem e adubação com boro não influenciaram o teor caulinar de P das mudas de mogno, que não diferiu da testemunha absoluta. Avaliando o efeito isolado da calagem, pode-

se observar que o K do caule também não foi influenciado pelas doses de corretivo. No caule, apenas N e Mg apresentaram teor superior, significativamente, do tratamento fatorial em relação a testemunha absoluta (Tabela 4). Os teores foliares de todos os macronutrientes, exceto o P na adubação com boro, foram influenciados significativamente pela calagem e adubação com boro. Apenas o teor foliar de Mg foi superior, significativamente, no tratamento fatorial quando comparado ao testemunha absoluta. Os demais teores foliares de macronutrientes não diferiram significativamente (Tabela 4). Várias são as razões que explicam o efeito da calagem sobre o aumento da absorção de macronutrientes em função do aumento da mineralização da matéria orgânica do solo e devido ao maior aproveitamento dos fertilizantes aplicados (MALAVOLTA, 1981; OSAKI, 1991; RAIJ, 1991). De acordo com Malavolta e Romero (1975) a prática da calagem aumenta a disponibilidade de N, Mg e outros nutrientes.

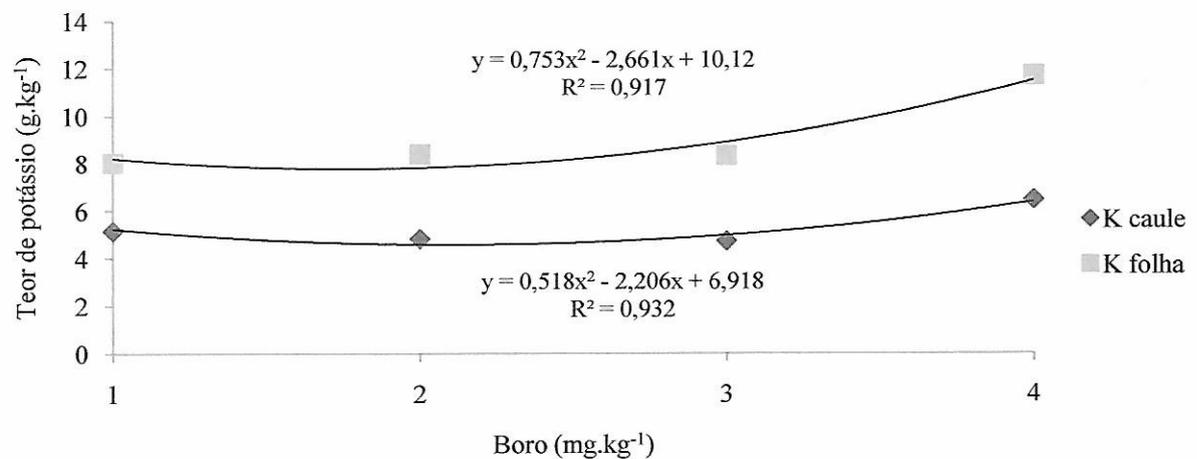
O teor de N tanto na matéria seca do caule, quanto nas folhas apresentou um comportamento quadrático, evidenciando que com doses crescentes de corretivo, há uma diminuição do teor desse elemento na matéria seca e a partir da dose de  $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$  há uma tendência de aumento (Figura 8A). Neves et al. (2008) observaram comportamento semelhante avaliando plantas de umbuzeiro sob efeito de calagem e atribuíram tal comportamento ao efeito da diluição ocasionada pelo aumento da saturação por bases do solo. A adubação com boro influenciou os teores caulinar e foliar de N e K, que apresentaram um comportamento quadrático (Figuras 8B e 9).

O teor de P nas folhas por sua vez, apresentou comportamento linear negativo em função da calagem e quadrático em função do boro (Figura 10A e B).

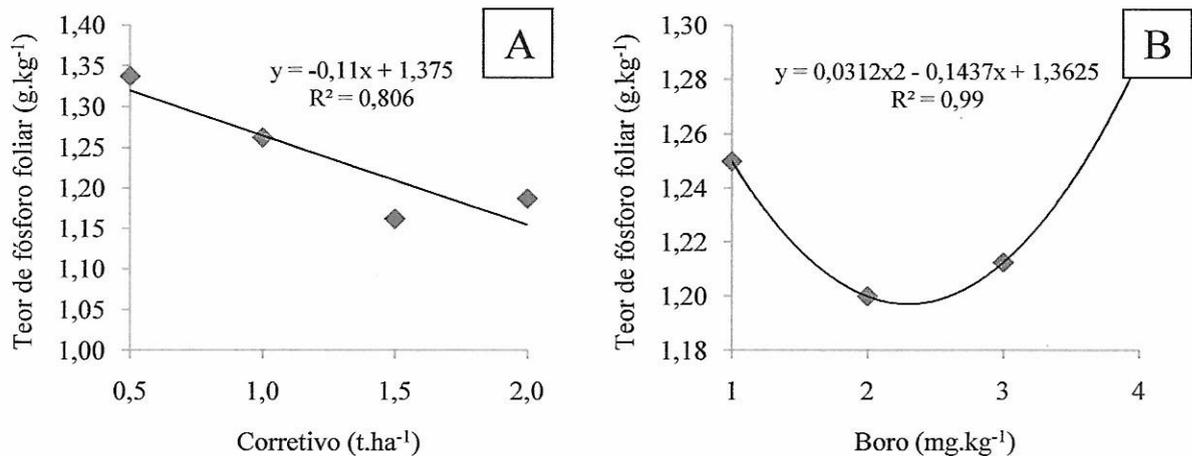
Tucci et al. (2010) não encontraram efeitos significativos da aplicação de calcário na absorção de N, P e K, enquanto que teores de Ca, Mg e S responderam positivamente à calagem em substrato para produção de mudas de pau-de-barsa. Já Silva et al. (2007a) e Tucci et al. (2007) concluíram que a calagem é de fundamental importância para o crescimento inicial de mudas de mogno, pois afeta positivamente a absorção de N, P, K, Ca e Mg.



**Figura 8:** Teor de nitrogênio na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de corretivo (A) e boro (B). Belém, PA. 2010.

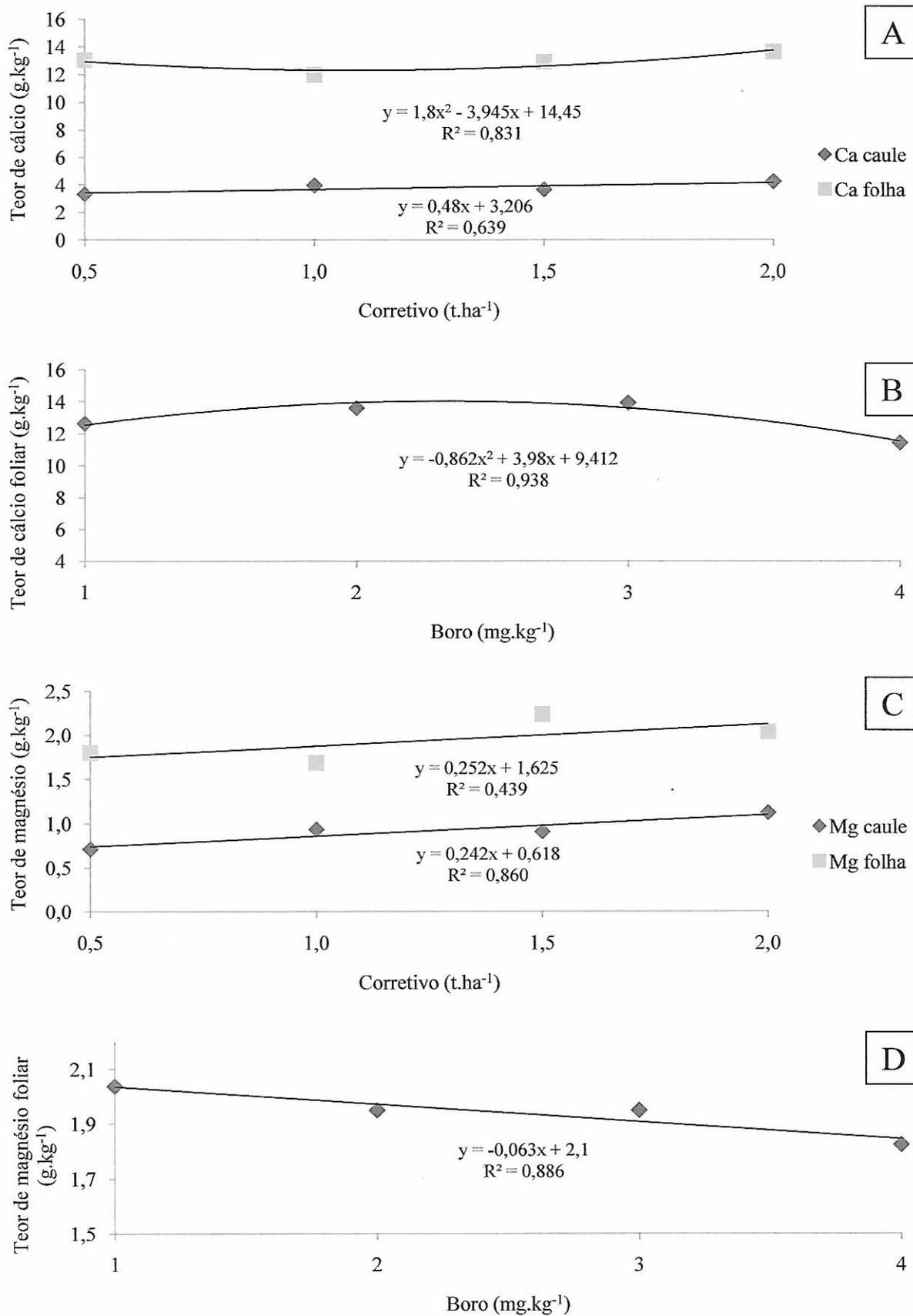


**Figura 9:** Teor de potássio na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de boro. Belém, PA. 2010.



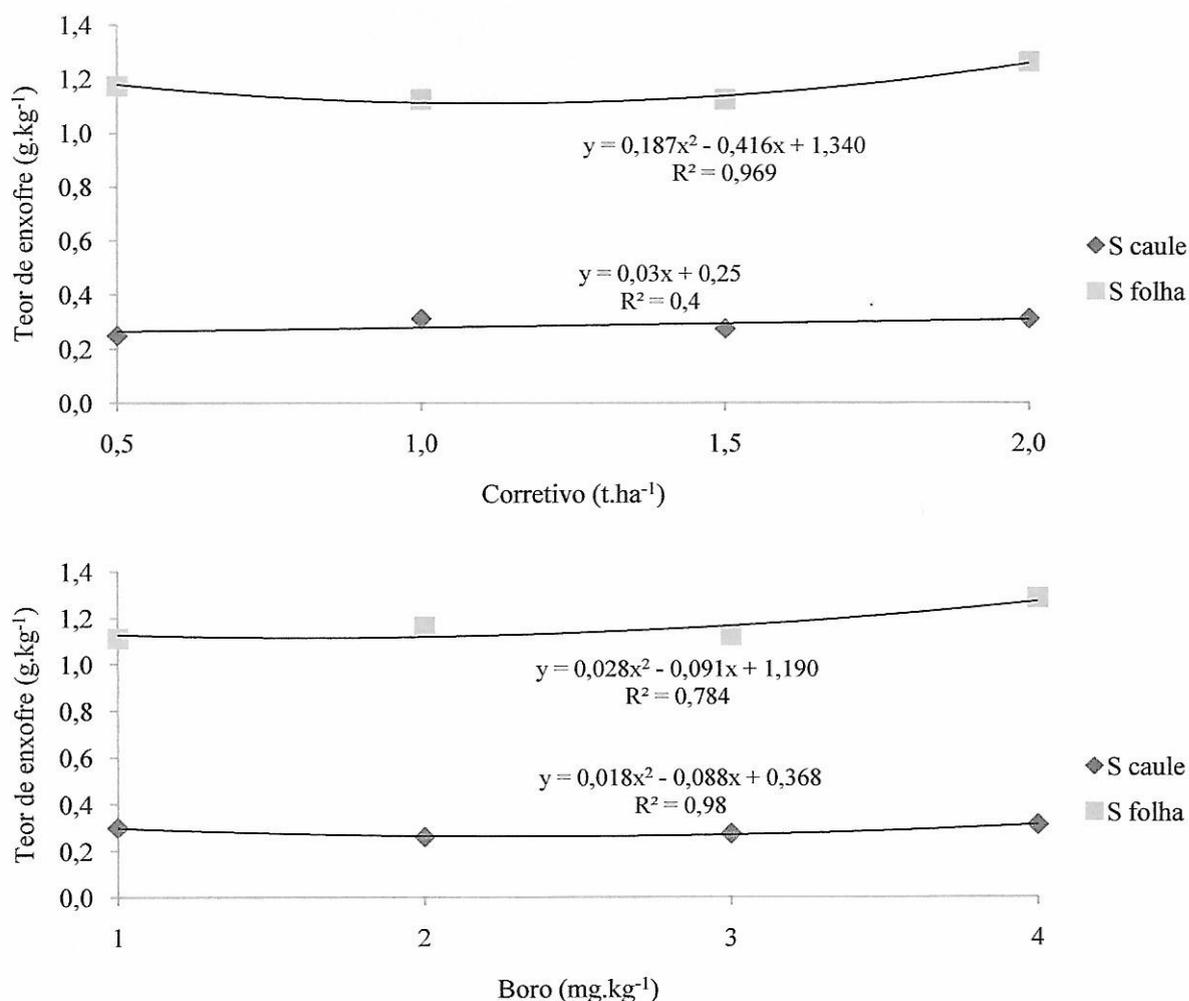
**Figura 10:** Teor de fósforo na matéria seca de mogno em função de doses de corretivo (A) e boro (B). Belém, PA. 2010.

A calagem, além de elevar o pH do solo, fornece Ca e Mg, aumentando a disponibilidade desses nutrientes para a absorção pelas culturas (RAIJ, 1991). Como era de se esperar, o aumento da saturação por bases proporcionado pela calagem, favoreceu o aumento dos teores foliares e caulinares de Ca e Mg das mudas de mogno, que pode ser atribuído ao aumento dos teores trocáveis desses nutrientes no solo (SILVA et al., 2008). A resposta, em função da calagem, para o teor de Ca nas folhas foi quadrática, enquanto que o teor de Ca no caule e Mg no caule e na folha foi linear positivo (Figura 11A e C). Neves et al. (2008) também observaram aumento no teor foliar de Mg de forma linear positiva, pois com a calagem, houve aumento da disponibilidade de Mg para absorção de mudas de umbuzeiro. Silva et al. (2009) observaram que as mudas de mogno cultivadas em sistema hidropônico, aumentaram seu teor de cálcio na matéria seca do caule com as doses crescentes do elemento em solução nutritiva. As doses crescentes de boro afetaram negativamente o teor de Ca e Mg nas folhas de mudas de mogno, apresentando comportamento quadrático e linear respectivamente (Figura 11B e D). Segundo Dechen e Nachtigall (2006), o boro intervém na absorção e no metabolismo de cátions, principalmente o cálcio, pois o ácido bórico que se encontra na solução do solo forma complexos com o cálcio, além de gerar um ambiente ácido na rizosfera das raízes, podendo afetar a disponibilidade de cálcio e magnésio. O Ca é constituinte da parede celular (MARSCHNER, 1995), assim, para maior crescimento da planta, são necessárias maiores quantidades de Ca disponíveis para a absorção, independentemente da parte da planta (raiz, caule, folha, flor e fruto). O Mg tem sua principal função na planta ligada ao processo de fotossíntese (GUIMARÃES, 2000). Maior desenvolvimento das plantas requer maiores taxas fotossintéticas, culminando numa maior exigência em Mg.



**Figura 11:** Teor de cálcio e magnésio na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de corretivo (A e C) e boro (B e D). Belém, PA. 2010.

O teor de enxofre foliar e caulinar foi influenciado tanto pela calagem, enquanto a adubação com boro influenciou somente o teor de S foliar. Os teores foliares foram superior aos caulinares (Figura 12). O S é componente de aminoácidos (cisteína, cistina e metionina) e proteínas, assim como o N, sendo também, constituinte de outros compostos como ácido lipóico, coenzima A, tiamina pirofosfato, glutatona, biotina, adenosina-5'-fosfossulfato e a 3-fosfoadenosina (MENGEL; KIRKBY, 2001). Talvez pela maior concentração de proteínas nas folhas, a adição de calcário, por favorecer a multiplicação de microorganismos e facilitar maior mineralização da matéria orgânica, tenha favorecido a absorção e translocação de S para as folhas, diferentemente do ocorrido no caule, que apresentou teores desse elemento inferiores aos observados nas folhas. Vitti, Lima e Cicarone (2006) comentam que o S ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) é absorvido pelas raízes em baixas quantidades, e seu transporte ocorre principalmente pelo xilema, sendo predominantemente na direção da base para o ápice da planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).



**Figura 12:** Teor de enxofre na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de corretivo e boro. Belém, PA. 2010.

A calagem influenciou significativamente os teores caulinares e foliares de todos os micronutrientes nas mudas de mogno, exceto Cu, que apresentou teor caulinar médio de 5,58 mg.kg<sup>-1</sup>(Tabela 5).

**Tabela 5:** Teor de micronutrientes na matéria seca de mogno cultivado em Latossolo Amarelo sob doses crescentes de corretivo e boro. Belém, PA. 2010.

Tratamento	mg.kg <sup>-1</sup>									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
-----Caule-----										
Corretivo (t.ha <sup>-1</sup> )										
0,5	9,85	b	5,30	a	65,66	ab	24,04	a	15,88	a
1	11,28	a	6,15	a	86,11	ab	17,58	b	13,95	b
1,5	9,29	b	4,55	a	59,61	b	11,60	c	11,30	c
2	11,33	a	6,33	a	90,45	a	12,10	c	11,54	c
Boro (mg.kg <sup>-1</sup> )										
1	10,93	ab	5,53	ab	94,03	a	19,13	a	14,66	a
2	10,00	bc	5,34	ab	65,45	b	13,34	b	13,53	ab
3	9,38	c	6,79	a	66,64	b	17,19	a	12,46	b
4	11,44	a	4,68	b	75,73	ab	15,66	ab	12,01	b
Fatorial	10,43	a	5,58	a	75,46	b	16,33	b	13,17	a
Testemunha	4,90	b	4,70	a	116,50	a	36,90	a	13,20	a
Média geral	10,11		5,53		77,87		17,54		13,17	
CV (%)	16,06		42,45		41,71		26,23		15,46	
-----Folhas-----										
Corretivo (t.ha <sup>-1</sup> )										
0,5	104,94	bc	4,84	a	167,63	a	78,93	a	30,30	b
1	112,84	ab	3,61	b	147,27	b	52,90	b	29,91	b
1,5	91,81	c	3,00	c	159,13	ab	40,40	b	25,24	b
2	119,50	a	3,36	bc	166,13	a	47,28	b	40,10	a
Boro (mg.kg <sup>-1</sup> )										
1	53,24	d	3,58	ab	156,75	b	53,11	a	31,43	a
2	91,69	c	3,85	ab	177,63	a	53,08	a	30,31	a
3	114,29	b	3,91	a	157,13	b	60,31	a	29,16	a
4	169,88	a	3,48	b	148,65	b	53,00	a	34,65	a
Fatorial	107,27	a	3,70	b	160,04	b	54,88	b	31,39	a
Testemunha	20,95	b	4,70	a	176,50	a	105,50	a	37,45	a
Média geral	102,19		3,76		161,00		57,85		31,74	
CV (%)	15,88		12,10		9,30		28,68		27,99	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre tratamentos de uma mesma variável, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A adubação com boro influenciou significativamente os teores caulinares de todos os micronutrientes avaliados, enquanto que os teores foliares de Mn e Zn não foram influenciados por esses tratamentos. Fazendo o contraste entre o fatorial e a testemunha absoluta, os teores caulinares de Cu e Zn não diferiram significativamente. Silva et al. (2007a) avaliando mudas de mogno cultivadas em Latossolo Amarelo, observaram que a calagem afetou positivamente a absorção de Fe e negativamente a de Mn, devido a elevação do pH do solo, enquanto que a absorção de Cu e Zn não foi afetada.

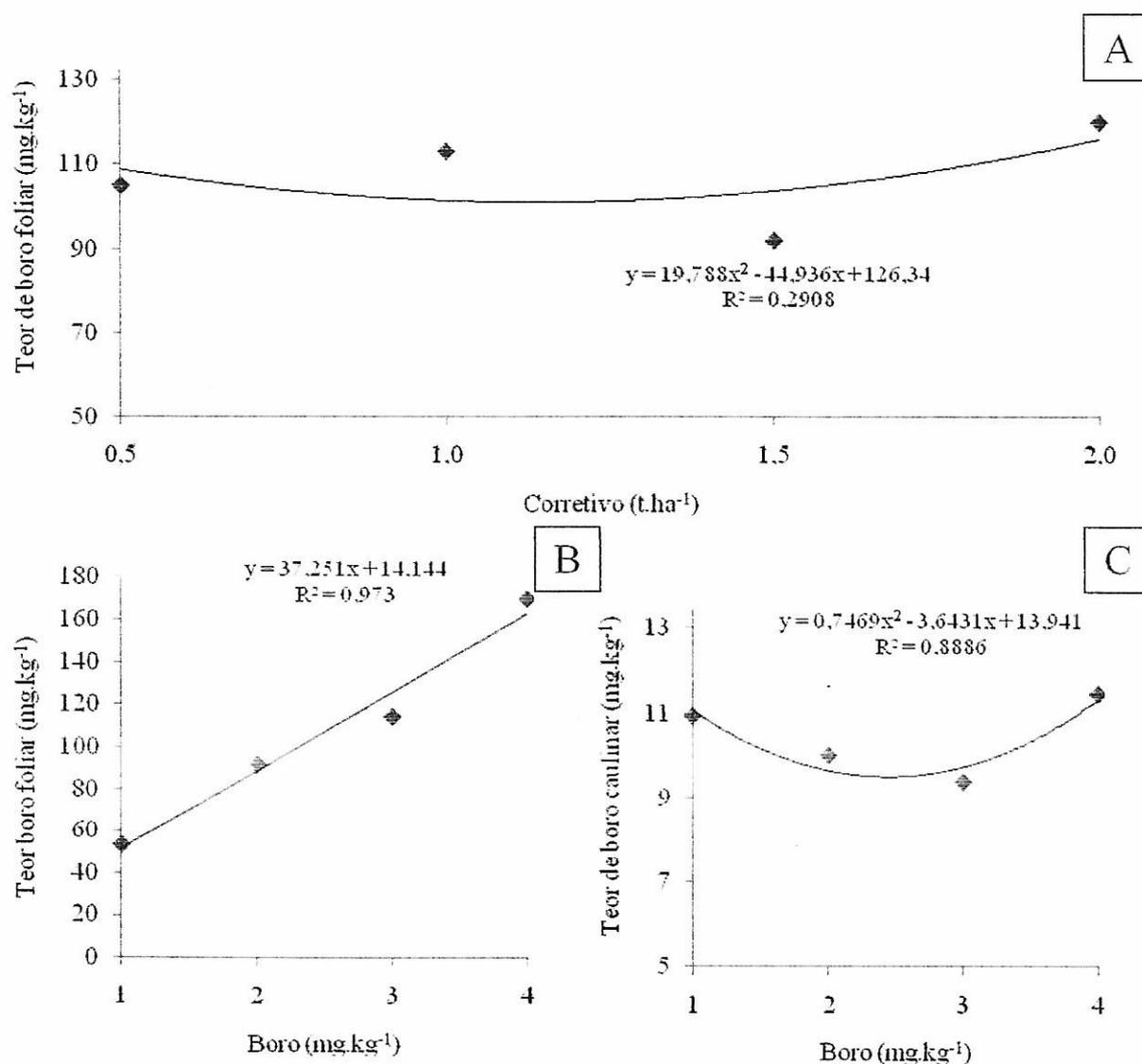
O teor de B nas folhas foi superior na dose de 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo, com valor médio de 119,5 mg.kg<sup>-1</sup> (Figura 13A). Guimarães (2000) e Neves (2008), elevando a saturação por bases de diferentes solos, verificaram um aumento nos teores de B na parte aérea de várias forrageiras e mudas de umbuzeiro, respectivamente, assim como diminuição nos teores de Fe, Mn e Zn. O teor foliar de boro aumentou linearmente em função das doses de boro (Figura 13B), assim como encontrado por Moreira; Moraes e Castro (2006) em seringueira e Ramos et al. (2009) em eucalipto. O teor de boro caulinar apresentou comportamento quadrático sob doses crescentes de boro, reduzindo os teores até a dose de 3 mg.kg<sup>-1</sup>, de 10,93 a 9,38 mg.kg<sup>-1</sup>, alcançando máximo valor (11,44 mg.kg<sup>-1</sup>) na maior dose de boro, correspondente a 4 mg.kg<sup>-1</sup> de boro aplicado ao substrato (Figura 13C).

O teor foliar de Cu aumentou linearmente sob doses crescentes de boro no solo (Figura 14B), enquanto que os dados dos foliares deste micronutriente, sob a ação da calagem, melhor se ajustaram a uma equação quadrática (Figura 14A). Os teores de Fe nas folhas e no caule apresentaram comportamento quadrático em função das doses de boro (Figura 15B), assim como observado nos teores foliares de Fe em função das doses de corretivo (Figura 15A). Os teores de Mn (caule e folha) e Zn (caule) sofreram reduções com as doses crescentes de corretivo (Figuras 15C e 16A), corroborando com os resultados obtidos por Guimarães (2000) e Neves et al. (2008).

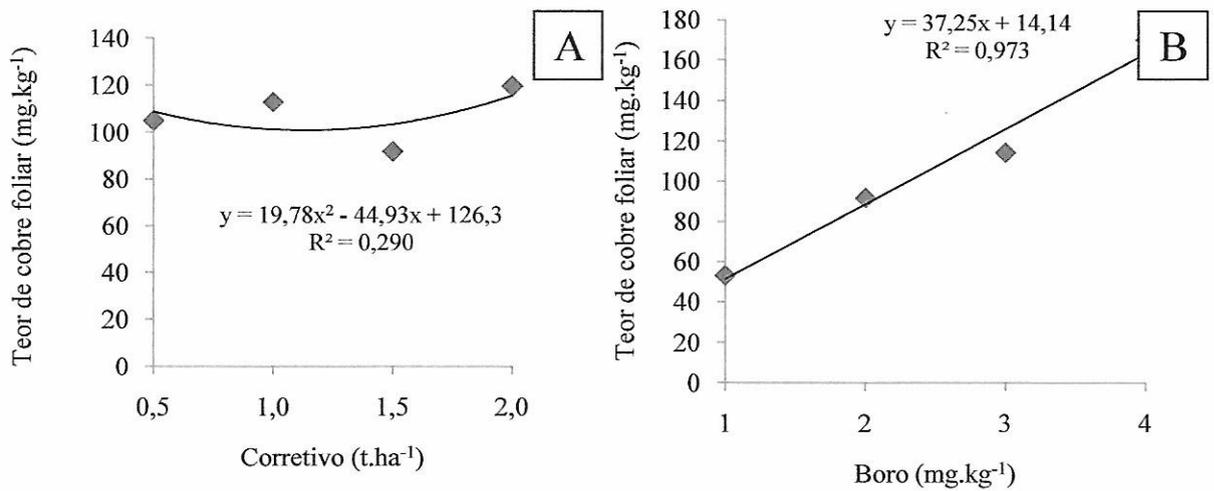
Segundo Raji (1991), a calagem promove a diminuição da disponibilidade no solo de micronutrientes catiônicos, dentre os quais estão Mn e Zn. Como consequência as mudas de mogno apresentaram menores teores no caule e folhas. Os teores caulinares de Mn, sofreram redução a partir da dose com 2,0 mg.kg<sup>-1</sup>, apresentando comportamento quadrático (Figura 15D), enquanto que os de Zn apresentaram comportamento linear negativo em função das doses de boro (Figura 16B).

Moreira, Moraes e Castro (2006) verificaram que os teores foliares de Mn e Zn foram afetados por doses crescentes de boro aplicadas no solo, apresentando efeito quadrático independente da fonte utilizada em mudas de seringueira, sendo também observado aumento

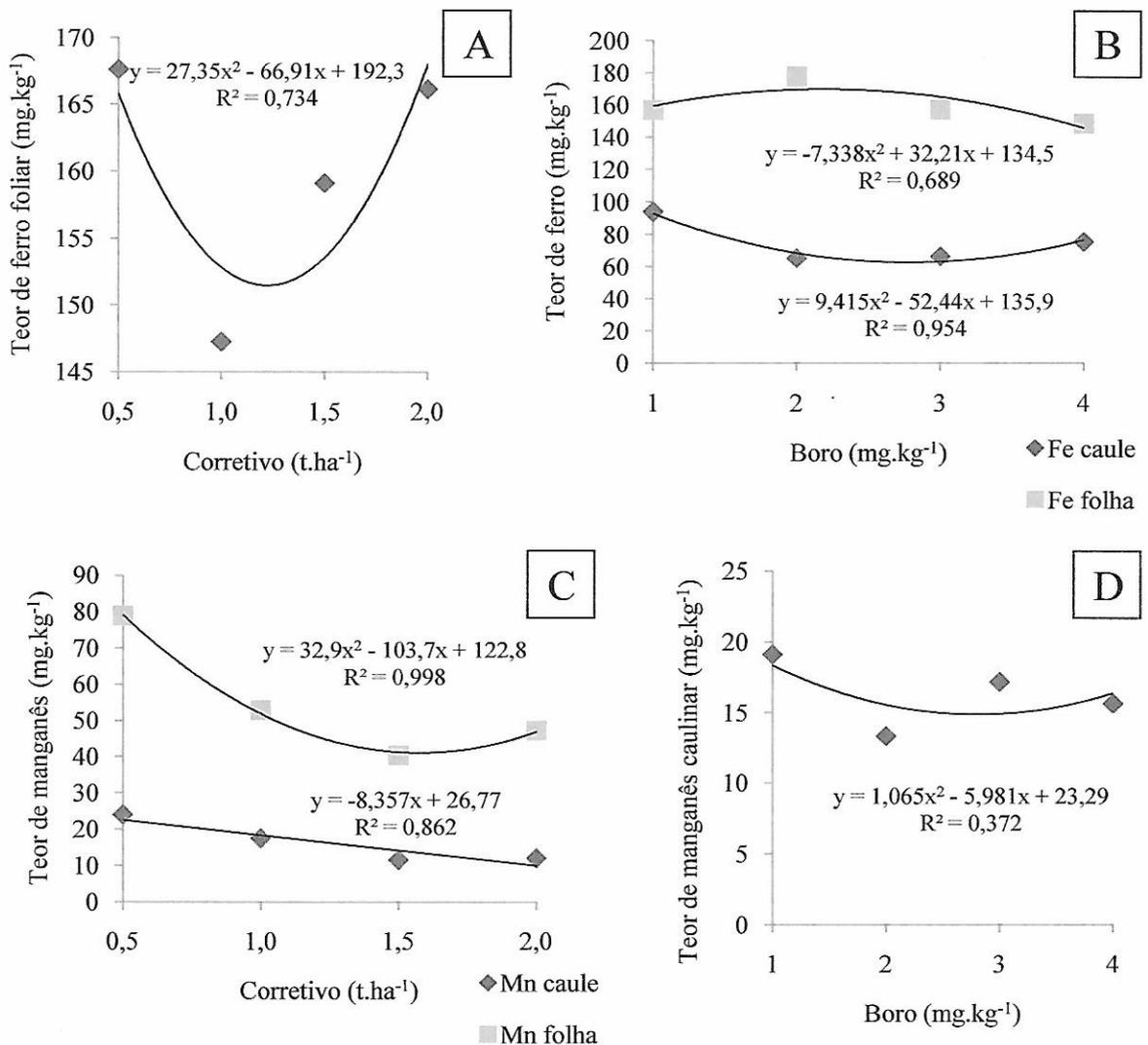
no teor foliar de Zn com a adição de ácido bórico no solo. Segundo Lima Filho e Malavolta (1998), o boro apresenta similaridade com Zn na absorção e transporte a uma longa distância pelas plantas, sendo o fluxo de massa e a difusão os principais responsáveis pelo fornecimento desses dois nutrientes da solução do solo para as raízes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).



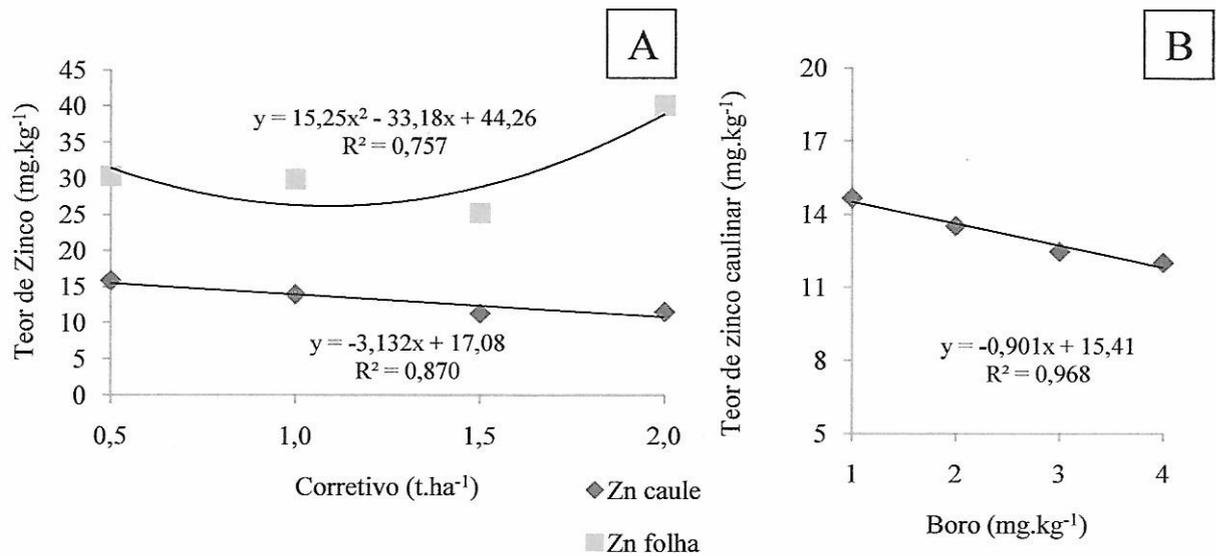
**Figura 13:** Teor de boro na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de corretivo (A) e boro (B e C). Belém, PA. 2010.



**Figura 14:** Teor de cobre na matéria seca das folhas de mudas de mogno em função de doses de corretivo (A) e boro (B). Belém, PA. 2010.



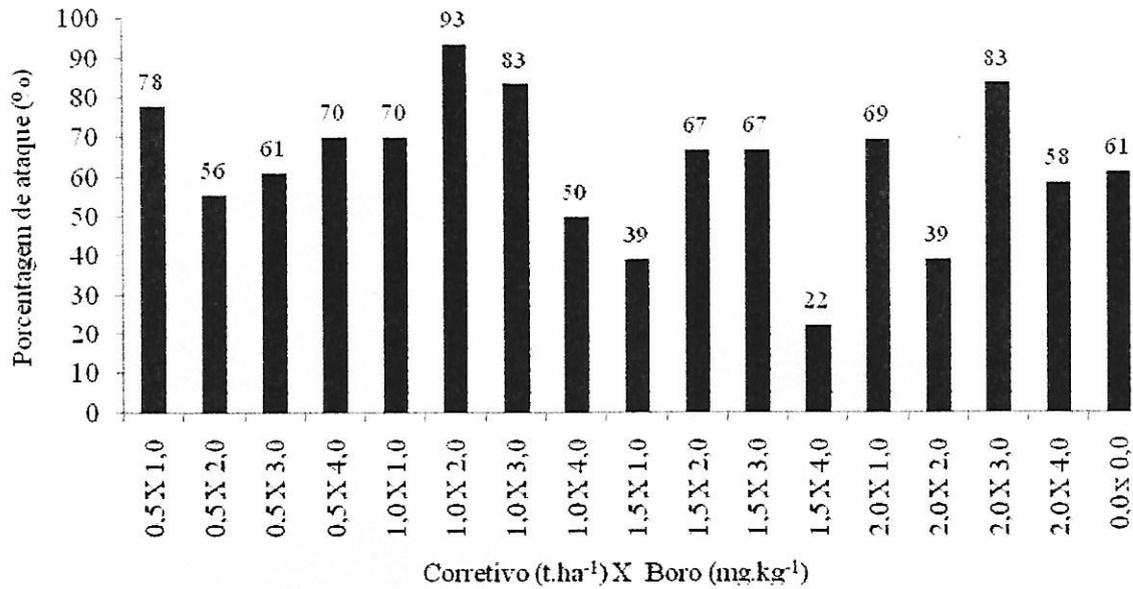
**Figura 15:** Teor de ferro (A e B) e manganês (C e D) na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de corretivo e boro. Belém, PA. 2010.



**Figura 16:** Teor de zinco na matéria seca de mudas de mogno em função de doses de corretivo (A) e boro (B). Belém, PA. 2010.

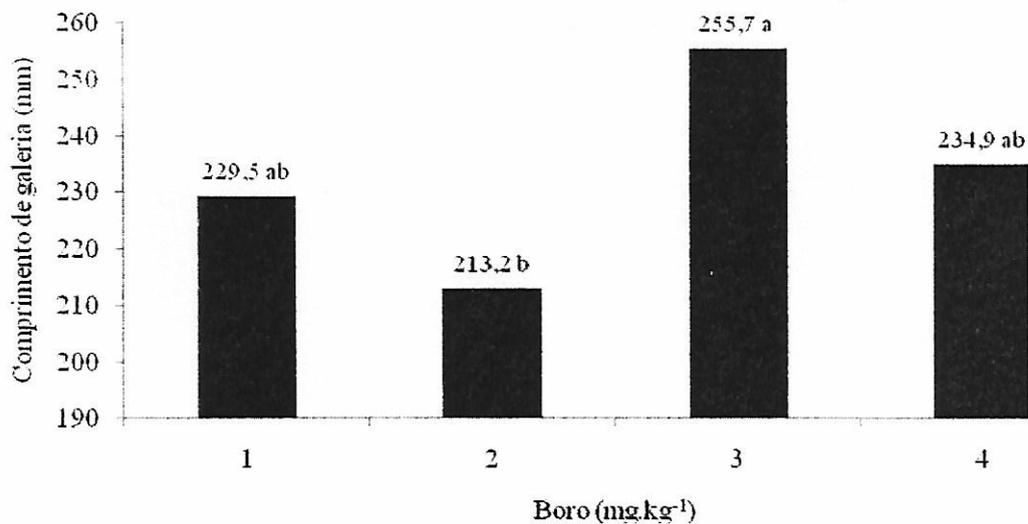
### 2.3.3 Indução de resistência

Os dois fatores avaliados (cálcio e boro) não apresentaram significância ( $p < 0,05$ ) para a porcentagem de ataque de *H. grandella* sobre as mudas de mogno (Apêndice 17). A testemunha absoluta não diferiu do tratamento fatorial para essa variável, sua porcentagem de ataque média foi 61%. A menor porcentagem de ataque (22%) foi obtida no tratamento com interação entre as doses de 1,5 kg.ha<sup>-1</sup> de corretivo e 4,0 mg.kg<sup>-1</sup> de boro (Figura 17). Silva et al. (2009) avaliando o efeito do cálcio no controle de *H. grandella* em mudas de mogno em sistema hidropônico, observaram que plantas com 189 e 211 dias de idade tiveram sua resistência à broca aumentada, apresentando nas doses de 160, 240 e 320 mg.L de cálcio na solução nutritiva, as porcentagens de ataque de 20, 60 e 80% respectivamente.



**Figura 17:** Porcentagem de ataque de *H. grandella* em mudas de mogno sob doses crescentes de corretivo e boro. Belém, PA. 2010.

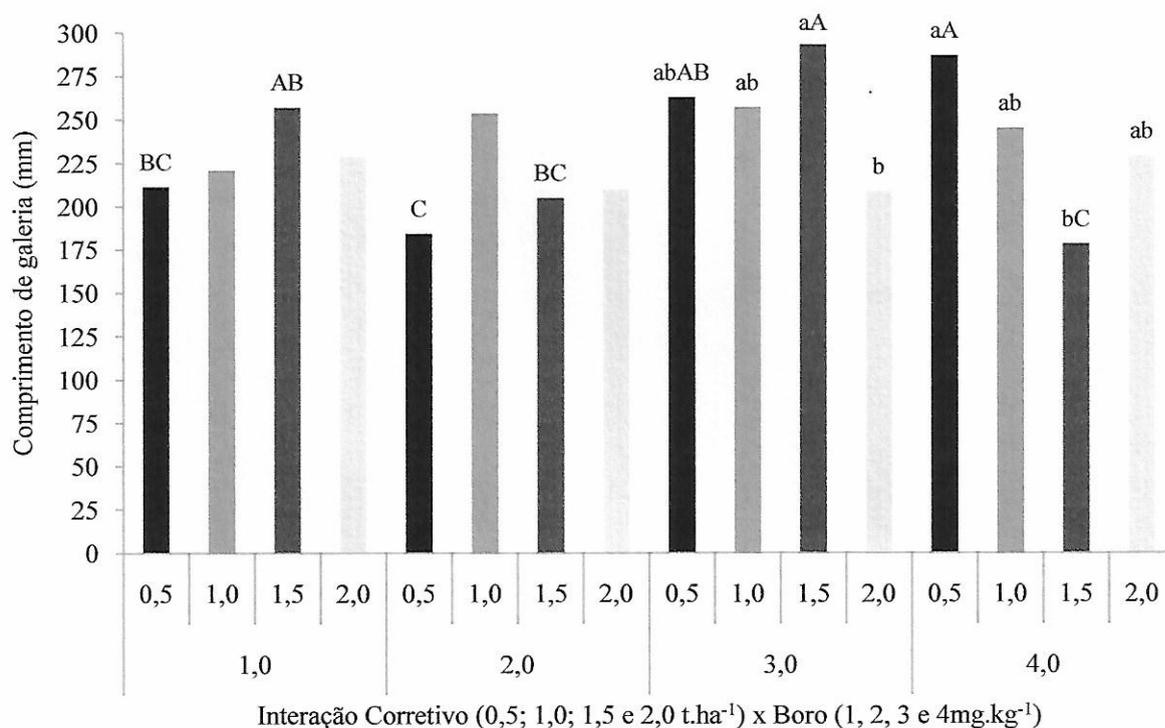
O comprimento de galeria apresentou significância ( $p < 0,05$ ) com as doses de boro (Apêndice 17). Contudo não houve diferença significativa entre a menor ( $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) e maior dose ( $4,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) (Figura 18).



**Figura 18:** Valores médios de comprimento de galeria feito pela broca *H. grandella* em mudas de mogno sob doses crescentes de boro. Belém, PA. 2010.

Houve efeito significativo da interação entre os dois fatores avaliados no comprimento de galeria de *H. grandella* ( $p < 0,01$ ). Analisando o desdobramento da interação corretivo versus boro, observa-se que as médias de comprimento de galeria não se diferenciam nas doses de 1,0 e 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo (Figura 19). A partir da dose de 2,0 mg.kg<sup>-1</sup> de boro, as médias obtidas com a dose de 0,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo apresentam uma tendência de aumento. Somente nas doses de 3,0 e 4,0 mg.kg<sup>-1</sup> de boro, as médias de comprimento de galeria apresentaram diferença entre as doses crescentes de corretivo. Redução significativa do comprimento de galeria de *H. grandella* foi observada com a dose de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> de corretivo em interação com a dose de boro igual a 4 mg.kg<sup>-1</sup>.

A redução do comprimento de galeria em mudas de mogno com o uso de doses crescentes de cálcio pode estar relacionada ao aumento do teor de cálcio na matéria seca do caule (SILVA et al., 2009). Ohashi et al. (2005) observaram efeito positivo da adubação com boro e correção do solo com calcário dolomítico e gesso agrícola, na resistência do mogno ao ataque de *H. grandella*. O cálcio exerce função estrutural nas plantas, atuando na manutenção da integridade física da parede celular e o boro promove o desenvolvimento celular da planta, influenciando propriedades físicas, estruturais e a diferenciação da parede celular (GOLDBACH; WIMMER, 2007; WHITE, 1998).



**Figura 19:** Desdobramento da interação e comparação das médias de comprimento de galeria de *H. grandella* em mudas de mogno sob doses crescentes de corretivo e boro. (Letras minúsculas comparam efeito do corretivo dentro de cada dose de boro e letras maiúsculas comparam efeito de boro dentro de cada dose de corretivo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade). Belém, PA. 2010.

## 2.4 CONCLUSÃO

O crescimento das mudas de mogno é influenciado positivamente pela interação Corretivo x Boro, sendo mais vantajoso o tratamento  $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$  de corretivo x  $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  de boro. As doses de boro isoladamente exercem influência negativa na matéria seca da raiz. A aplicação de boro e corretivo não afetam a altura das mudas de mogno. A interação entre as doses de  $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$  de corretivo e  $4 \text{ mg.kg}^{-1}$  de boro é a mais vantajosa na redução do comprimento da galeria da broca em mudas de mogno.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G.B. **Criação contínua de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) com dieta artificial.** 2005. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém. 2005.
- ANDA. **Acidez do solo e calagem.** São Paulo. Boletim Técnico n. 1, 1981. 16p.
- BARGER, S. A. A diffusion and mass flow concept of soil nutrient availability. **Soil Science.** v.93: p.39-99. 1962.
- BARROS, et al.. **Natural and artificial reserves of *S. Macrophylla* in the Brazilian Amazon – A perspective of Conservation.** FCAP, Belém, Pará, Brasil, 1992, 56p.
- BASCOPE, F.; BERNARDI A.L.; LAMPRECHT H. ***Swietenia macrophylla* King.** Mérida: Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación, 1957. 18 p. (Descripciones de Arboles Forestales, 1).
- CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Mineral nutrition of peanuts as affected by liming: Nitrogen. **Cientific.**, v. 24, n. 2, p.371-384. 1996.
- CARDOSO, A. **Efeito da calagem na disponibilidade de boro, nos solos LR e PVP, para a cultura da cana-de-açúcar.**1978. 121p. Tese (Doutorado Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1978.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas de espécies florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR : Embrapa Florestas 2006. v.2. 627p. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras)
- \_\_\_\_\_. **Mogno *Swietenia macrophylla*.** Colombo, PR: Embrapa, 2007. 12p. (Embrapa. Circular técnica, 140)
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. A importância do cálcio na agricultura. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.15, n.170, p. 17-28. 1991.

COMMUNAR, G.; KEREN, R. Equilibrium and nonequilibrium transport of boron in soil. **Soil Science Society of American Journal**, v.46, n.22, p.311-317, 2005.

DANTAS, J. P. Micronutrientes no solo-boro. In: Simpósio Sobre Micronutrientes na Agricultura, 1. Jaboticabal, 1988, **Anais...** Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, 1991. p. 113-130.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. Trad. notas [de] E. Malavolta. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2004, 400p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001, 182p.

FURTINI NETO, A. E. et al. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras, v.5, n.2. p.01-12, 1999.

GASPARETO, O. Síntese da situação do mogno, em nível internacional. **Revista Brasília**. Ministério do Meio Ambiente, 2002. 71p.

GOLDBACH, H.E.; WIMMER, M.A. Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell-wall structure? **Journal of Plant Nutrition Soil Science**. v.170, p.39-48. 2007.

GOMES, K. C. O. et al. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v. 28, n.6, p.785-792, 2004.

GONÇALVES, J. L. de M.; MELLO, S. L. de M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.219-267.

GRAY, B. Economic tropical forest entomology. **Annual Review of Entomology**, Palo alto, v.1, n. 7. p. 313-354. 1972.

GRIFFITHS, M.W. The biology and host relations of red cedar tip moth, *Hypsipyla robusta*, in Australia. In: SNELL, A.; VIZE, S. (Ed.) **Opportunities for the New Millenium: Proceedings of the Australian Forest Growers Biennial Conference**. Canberra: Australian Forest Growers. 2000, p.135-140.

GRIJPMMA, P. Resistence of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular reference to *Toona ciliate* M. J. Roem. var. *australis* (F. V. Muell.) C. DC. In: WHITMORE, J. L. (Ed.) **Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae**. Vol. III. San José: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1976, p. 90-96 (Miscellaneous Publications, 101).

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de manejo**. Belém: Imazon, 2002. 56p.

GULLISON, R. E.; PANFIL, S. N.; STROUSE, S. S.; HUBBEL, S. P. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**. London, v. 122, p. 9-34, 1996.

GUIMARÃES, G. F. P. B. **Avaliação de quatro forrageiras tropicais cultivadas em dois solos da Ilha do Marajó-PA submetidos a crescentes saturações por bases**. 2000. 197p. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Convenção sobre comércio Internacional de espécies da flora e da fauna selvagens em perigo de extinção**. Brasília. 2011.

Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/flora/convecao.htm>>. Acesso em: 13 janeiro 2011

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Ed. International Plant Nutrition Institute. Encarte Técnico. Informações Agronômicas, nº 118, 2007. 3p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Eschborn: GTZ. 1990. 343p.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. Expansão madeireira na Amazônia. In: **O Estado da Amazônia**, IMAZOM. n.2, p.1-4, 2005.

LIMA FILHO, O. F.; MALAVOLTA, E. Evaluation of extraction procedures on determination of critical soil and foliar levels of boron and zinc in coffee plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, p.825-833, 1998.

LIMA JUNIOR, E.C. **Crescimento e estado nutricional de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em função da calagem.** 2005. 73 p. Dissertação (Mestrado Interinstitucional em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná, Belém. 2005.

LUNZ, A. M. et al. *Hypsipyla grandella* em mogno (*Swietenia macrophylla*): situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.59, p.45-55. 2009.

MAHROOF, R. M.; HAUXWELL, C.; EDIRISINGHE, J. P.; WATT, A. D.; NEWTON, A. C. Effects of artificial shade on attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Moore). **Agricultural and Forest Entomology**, Midlothian, n.4. p.283-292. 2002.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação.** São Paulo, Ed. Ceres. 1979. 225 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e Fertilidade de solos.** 3 ed. São Paulo, Ed. Ceres, 1980a. 607p.

\_\_\_\_\_. **E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas.** São Paulo: Ed. Ceres. 1980b. 251p.

\_\_\_\_\_. **Manual de química agrícola: adubos e adubações.** 3ª ed. São Paulo. Ed. Ceres. 1981. 596p.

\_\_\_\_\_. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. dos, (eds). **Amazônia seus solos e outros recursos naturais.** São Paulo: Agronômica Ceres. 1987. 416p.

\_\_\_\_\_. BOARETTO, A. E; PAULINO, V. T. Micronutrientes: Uma Visão Geral. In: Simpósio Sobre Micronutrientes na Agricultura, 1. , 1988, Jaboticabal, **Anais...**Piracicaba: POTAFOS/ CNPq, 1991. p.1-33.

\_\_\_\_\_.; GOMES-PIMENTEL, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos & Adubações**. São Paulo. Editora Nobel. 2000. 200p.

\_\_\_\_\_.; ROMERO, J. P. (Coord.) **Manual de adubação**. São Paulo. ANDA. 2.ed. 1975. 345p.

\_\_\_\_\_.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MANN, E. N. et al. Calagem e crescimento de espécies florestais. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas, 22., Manaus. 1996. **Resumos ...** Manaus: UFAM, 1996. p. 240-24.

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

MATTIELLO, E.M. et al. Características fisiológicas e crescimento de clones de eucalipto em resposta ao boro. **Revista Árvore**, v.33, n.5, p.821-830. 2009.

MAYHEW, J. E.; NEWTON, A. C. **The silviculture of mahogany**. London: CABI, 1998. 226p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Dordrechth: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

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

MORRIS, M. H.; NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. Sowing date, shade, and irrigation affect bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). **Forest Ecology and Management** v.132, p.173-181, 2000.

NEVES, O. S. C. et al. Nutrição mineral, crescimento e níveis críticos foliares de cálcio e magnésio em mudas de umbuzeiro, em função da calagem. **Ceres**, v.55, n.6, p.575-583. 2008

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. (Eds.). **Métodos de Pesquisa em Fertilidade do Solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, Brasília, DF. p.189-255. 1991.

NUTRIFATOS. Informação Agronômica sobre nutrientes para as culturas. Todo o mundo sabe – o cálcio é exigido pelas culturas. Tradução e adaptação do original “It’s well know – calcium is required by plants” por Eurípides Malavolta. **Arquivo do Agrônomo**. n.10. Potafos, março. 2006. 12p.

OHASHI, O. S. et al. **Resistência do tipo de antibiose apresentada pelas folhas novas de *Toona ciliata* M.J. Roem às lagartas de *Hypsipyla grandella* Zeller**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2000, 3 p. (Comunicado Técnico, 48).

\_\_\_\_\_. et al. Manejo Integrado da Broca do Mogno – *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep. Pyralidae). In: POLTRONIERI, L.S.; TRINDADE, D.R. (Ed.) **Manejo integrado das principais pragas e doenças de cultivos amazônicos**, Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2002, p. 91-120.

\_\_\_\_\_. et al. Danos e controle de broca *Hypsipyla grandella* em plantios de mogno *Swietenia macrophylla* no Estado do Pará. In: POLTRONIERI, L.S.; TRINDADE, D.R.; SANTOS, I.P. (Ed.) **Pragas e doenças de cultivos amazônicos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2005, p. 125-144.

OLIVEIRA, S. A.; BLANCO, S. A.; ENGLEMAN, E. M. Influência do boro nos parâmetros morfológicos e fisiológicos de crescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 5, p. 683-688, 1982.

OSAKI, F. **Calagem e adubação**. 2.ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola. 1991. 503p.

PAULA, M. B. et al. Determinação da necessidade de calagem de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.45-55. 1991.

PINHEIRO, A. L. Resistência do mogno (*Swietenia macrophylla*, King) à *Hypsipyla grandella* Zeller. **Folha florestal**. Informativo Técnico do Departamento de Engenharia Florestal da UFV Universidade Federal de Viçosa, n 97, 2000.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres; Piracicaba: Potafós, 1991. 343 p.

RAMÍREZ-SÁNCHEZ, J. Investigación preliminar sobre biología, ecología y control de *Hypsipyla grandella* (Zeller). **Boletín del Instituto Forestal Latino-Americano**, Mérida, v.16, p. 54-77. 1964

RAMOS, S. J. et al. Crescimento e teores de boro em plantas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) cultivadas em dois Latossolos sob influência de doses de boro e disponibilidade de água. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.1, p.57-65, 2009.

RHOADS, J. C.; INGVALSON, R. D.; HATCHER, J. T. Adsorption of boron by ferrognesian minerals and magnesium hydroxide. **Soil Science Society American Proceedings**. v.34, p.938-941. 1970.

RODAN, B.; NEWTON, A.; VERÍSSIMO, A. Mahogany conservation: status and policy initiatives. **Environmental Conservation**, v.19, p.331-342. 1992.

RODRIGUES, E. C. P. G. **Desenvolvimento de mudas de Castanha de macaco (*Cariniana micrantha* Ducke) e Caroba (*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.) em resposta à adubação e inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato**. 2002. 146p. (Dissertação de Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 2002

RODRIGUES, T. E. Solos da Amazônia. In: ALVARES, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.) **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos e o desenvolvimento sustentado**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Universidade Federal de Viçosa. 1996. p.19-60.

SANTOS, R. A. et al. Adubação fosfatada para produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 3, p.453-458, 2008.

SILVA, A. R. M. et al. Doses crescentes de corretivo na formação de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v.37, n. 2, p.195-200, 2007a.

SILVA, A. R. M. et al. Efeito de doses crescentes de corretivo na produção de mudas de cedro (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). **Revista Floresta**, Curitiba, v.39, n. 2, 2008.

SILVA, F.A.S. **Assistat - Assistência Estatística - Versão 7.5 beta**. Campina Grande – PB, 2008.

Disponível em: <<http://www.assistat.com/>> Acesso em: 10 março 2010

- SILVA, S. A. S. et al. Efeito do cálcio no controle de *Hypsipyla grandella* em mudas de mogno cultivadas em hidroponia. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 2, p.273-278, 2009.
- SILVA, T. C. O. **Dieta Artificial para a Criação de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera), Broca das Meliáceas em Laboratório.** 2003. 73P. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2003.
- SILVA, W. G. et al. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Latossolo Amarelo. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 37, n. 3, p.371-376, 2007b.
- SOUZA, C. A. S. et al. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 40, n. 3, p.515-522, 2010.
- SPEIGHT, M.R. Integrated Pest Management of *Hypsipyla* spp. – Discussion summary. In: FLOYD, R.B.; HAUXWELL, C. (Ed.) ***Hypsipyla* Shoot Borers in meliaceae: Proceedings of an International Workshop.** Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research. 2001, p. 179.
- SUDAM. **Pesquisa e informações sobre espécies florestais da Amazônia.** Belém, SUDAM. 1979. 111p.
- TEREZO, E. F. de M. **Status do mogno (*Swietenia macrophylla*, King) na Amazônia Brasileira.** Revista Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 47p. il. Mapas.
- TEREZO, E. F. de M. **Status do Mogno (*Swietenia macrophylla*, King) na Amazônia Brasileira.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1999. 32 p. (Documento de Trabalho, 16).
- TING, I. P. **Plant Physiology.** Riverside: Addison-Wesley, University of California, 1982. 642p.
- TUCCI, C. A. F. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia.** 1991. 142p. Tese (Doutorado em Solos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1991.
- \_\_\_\_\_.; HARA, F. A. S.; FREITAS, R. Fertilization setting for the formation of the cedro trees (*Ceiba pentandra* L. Gaertn). *Revista de Ciências Agrárias e Ambientais da UFAM*, Manaus, v.11, n.2/2. 2004 (in Portuguese, with abstract in English)

\_\_\_\_\_.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p.289-294, 2009.

\_\_\_\_\_. **Estimativa da necessidade de calagem para solos da Amazônia**. 1996. 46p. Tese de Professor Titular. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 1996.

TUCCI, C. A. T. et al. Calagem e adubação para produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Revista Cerne**, v.13, n.3. p.299-307. 2007.

\_\_\_\_\_. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.3. p.543-548. 2010.

VERÍSSIMO et al. Impactos da exploração de uma espécie de alto valor na Amazônia Oriental: O Caso do Mogno. **Revista Pará Desenvolvimento**. – Mahogany extraction in the eastern Amazon, 1992.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo, Editora Ceres, 1987. 416p.

VITTI, G. C. **Acidez do solo, calagem e gessagem**. In: Curso de atualização em fertilidade do solo, 1. Ilha Solteira, 1987. Campinas: Fundação Cargill. p.303-48.

\_\_\_\_\_.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. p. 299-326.

WERNER, J. C. **Response of two species of stylosanthes Sw. to leves of lime, phosphorus, potassium and boron on three mineral soils**. 1979. 205p. Dissertation (PhD) – University of Florida, Gainesville, 1979.

WHITE P. J. Calcium channels in the plasma membrane of root cells. **Annals of Botany**, v. 81, p. 173-183. 1998.

\_\_\_\_\_.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, v.92, p. 487-511, 2003.

## APÊNDICES

### CRESCIMENTO

#### Apêndice 1

Resumo da análise de variância da altura, diâmetro (D), matéria seca do caule (MSC), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz (PA/R), das mudas de mogno.

FV	GL	Quadrado Médio							
		Altura	D	MSC	MSF	MSPA	MSR	PA/R	
Cálcio	3	230,62 ns	5,5*	59,95 ns	257,13 **	407,15**	22,45*	5,99**	
Boro	3	30,31 ns	0,48 ns	81,37 ns	11,06 ns	86,97 ns	25,28*	2,29 ns	
Cálcio	X	9	193,23 ns	8,47**	75,72 *	40,12 ns	118,09 ns	19,51**	1,09 ns
Boro									
Fatorial	X	1	2,76 ns	1,58 ns	0,38 ns	0,12 ns	0,07*	0,65 ns	0,49 ns
Testemunha									
Tratamento	16	157,79 ns	5,99**	69,11 *	72,86 **	159,08*	19,97**	2,19**	
Resíduo	68	133,59	1,35	30,90	28,16	73,49	6,75	0,95	
Total	84								

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F

#### Apêndice 2

Resumo da análise de variância das variáveis que apresentaram significância pelo teste F na ANAVA do fatorial.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Corretivo					Boro
		D	MSF	MSPA	MSR	PA/R	MSR
Reg. linear	1	0,61ns	522,99**	473,69*	32,36*	10,20**	60,75*
Reg. quadrática	1	0,07ns	245,35**	615,99**	21,13 ns	7,54**	0,02 ns
Reg. cúbica	1	15,83**	3,03 ns	131,76 ns	13,87 ns	0,24 ns	15,07 ns
Tratamentos	3	5,50	257,13	407,15	22,45	5,99	25,28
Resíduo	76	2,03	30,16	81,49	9,29	1,06	9,18
Total	79						

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F.

Diâmetro (D); matéria seca das folhas (MSF); da parte aérea (MSPA); da raiz (MSR) e relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz (PA/R).

## TEOR DE NUTRIENTES

Apêndice 3

## Matéria seca da raiz

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	32.35903	32.35903	4.7964 *
Reg. quadra	1	21.12540	21.12540	3.1313 ns
Reg. cúbica	1	13.87190	13.87190	2.0562 ns
Total	3	67.35633		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	60.75423	60.75423	9.0053 **
Reg. quadra	1	0.02145	0.02145	0.0032 ns
Reg. cúbica	1	15.06604	15.06604	2.2332 ns
Total	3	75.84172		GL-resíduo=68

Apêndice 4

## Matéria seca das folhas

Fator 1 = Ca

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	522.99116	522.99116	18.5731 **
Reg. quadra	1	245.35013	245.35013	8.7132 **
Reg. cúbica	1	3.03456	3.03456	0.1078 ns
Total	3	771.37585		GL-resíduo=68

Apêndice 5

## Matéria seca da parte aérea

Fator 1 = Ca

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	473.69346	473.69346	6.4455 *
Reg. quadra	1	615.99450	615.99450	8.3817 **
Reg. cúbica	1	131.75596	131.75596	1.7928 ns
Total	3	1221.44392		GL-resíduo=68

**Apêndice 6****Nitrogênio Caule**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	3.95016	3.95016	3.3094 ns
Reg. quadra	1	40.96953	40.96953	34.3243 **
Reg. cúbica	1	3.19516	3.19516	2.6769 ns
Total	3	48.11485		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	10.64390	10.64390	8.9175 **
Reg. quadra	1	7.65703	7.65703	6.4151 *
Reg. cúbica	1	0.00141	0.00141	0.0012 ns
Total	3	18.30234		GL-resíduo=68

**Nitrogênio Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	22.32562	22.32562	11.9874 **
Reg. quadra	1	21.01250	21.01250	11.2823 **
Reg. cúbica	1	2.89000	2.89000	1.5517 ns
Total	3	46.22812		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	66.83061	66.83061	35.8836 **
Reg. quadra	1	9.45312	9.45312	5.0757 *
Reg. cúbica	1	32.77562	32.77562	17.5983 **
Total	3	109.05935		GL-resíduo=68

**Apêndice 7****Fósforo Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0.30250	0.30250	18.7854 **
Reg. quadra	1	0.05000	0.05000	3.1050 ns
Reg. cúbica	1	0.02250	0.02250	1.3973 ns
Total	3	0.37500		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2  
QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.01563	0.01563	0.9703 ns
Reg.quadra	1	0.07813	0.07813	4.8516 *
Reg.cúbica	1	0.00000	0.00000	0.0000 ns
Total	3	0.09375		GL-resíduo=68

**Apêndice 8**

**Potássio Caule**

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2  
QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	15.01562	15.01562	4.9774 *
Reg.quadra	1	21.52812	21.52812	7.1362 **
Reg.cúbica	1	2.64062	2.64062	0.8753 ns
Total	3	39.18437		GL-resíduo=68

**Potássio Folha**

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2  
QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	121.82643	121.82643	19.2748 **
Reg.quadra	1	45.37580	45.37580	7.1791 **
Reg.cúbica	1	15.11266	15.11266	2.3910 ns
Total	3	182.31488		GL-resíduo=68

**Apêndice 9**

**Cálcio Caule**

Fator 1 = Ca

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1  
QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	5.76000	5.76000	18.8944 **
Reg.quadra	1	0.00313	0.00313	0.0103 ns
Reg.cúbica	1	3.24000	3.24000	10.6281 **
Total	3	9.00313		GL-resíduo=68

**Cálcio Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	7.70062	7.70062	4.6152 *
Reg.quadra	1	16.20000	16.20000	9.7091 **
Reg.cúbica	1	4.84000	4.84000	2.9008 ns
Total	3	28.74062		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	11.05563	11.05563	6.6260 *
Reg.quadra	1	59.51251	59.51251	35.6676 **
Reg.cúbica	1	4.62250	4.62250	2.7704 ns
Total	3	75.19063		GL-resíduo=68

**Apêndice 10****Magnésio Caule**

Fator 1 = Ca

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	1.47016	1.47016	88.8628 **
Reg.quadra	1	0.00078	0.00078	0.0472 ns
Reg.cúbica	1	0.23766	0.23766	14.3650 **
Total	3	1.70859		GL-resíduo=68

**Magnésio Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	1.59391	1.59391	33.4524 **
Reg.quadra	1	0.03828	0.03828	0.8034 ns
Reg.cúbica	1	1.99516	1.99516	41.8737 **
Total	3	3.62734		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.40641	0.40641	8.5295 **
Reg.quadra	1	0.00703	0.00703	0.1476 ns
Reg.cúbica	1	0.04516	0.04516	0.9477 ns
Total	3	0.45859		GL-resíduo=68

**Apêndice 11****Enxofre Caule**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.02250	0.02250	5.3684 *
Reg.quadra	1	0.00312	0.00312	0.7456 ns
Reg.cúbica	1	0.03063	0.03063	7.3070 **
Total	3	0.05625		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.00250	0.00250	0.5965 ns
Reg.quadra	1	0.02813	0.02813	6.7105 *
Reg.cúbica	1	0.00062	0.00062	0.1491 ns
Total	3	0.03125		GL-resíduo=68

**Enxofre Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.06891	0.06891	5.6795 *
Reg.quadra	1	0.17578	0.17578	14.4886 **
Reg.cúbica	1	0.00766	0.00766	0.6311 ns
Total	3	0.25234		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.23766	0.23766	19.5886 **
Reg.quadra	1	0.06328	0.06328	5.2159 *
Reg.cúbica	1	0.08266	0.08266	6.8129 *
Total	3	0.38359		GL-resíduo=68

**Apêndice 12****Boro Caule**

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg.linear	1	0.83266	0.83266	0.3158 ns
Reg.quadra	1	44.62579	44.62579	16.9249 **
Reg.cúbica	1	5.70016	5.70016	2.1619 ns
Total	3	51.15860		GL-resíduo=68

**Boro Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	513.58896	513.58896	1.9491 ns
Reg. quadra	1	1957.72534	1957.72534	7.4297 **
Reg. cúbica	1	6027.58160	6027.58160	22.8751 **
Total	3	8498.89590		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	138765.55912	138765.55912	526.6250 **
Reg. quadra	1	1468.46897	1468.46897	5.5729 *
Reg. cúbica	1	2385.10280	2385.10280	9.0516 **
Total	3	142619.13089		GL-resíduo=68

**Apêndice 13****Cobre Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	25.37640	25.37640	122.7745 **
Reg. quadra	1	12.60078	12.60078	60.9643 **
Reg. cúbica	1	0.13141	0.13141	0.6358 ns
Total	3	38.10859		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	0.05641	0.05641	0.2729 ns
Reg. quadra	1	2.53828	2.53828	12.2805 **
Reg. cúbica	1	0.08266	0.08266	0.3999 ns
Total	3	2.67734		GL-resíduo=68

**Apêndice 14****Ferro Caule**

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	2885.03279	2885.03279	2.7341 ns
Reg. quadra	1	7092.31908	7092.31908	6.7214 *
Reg. cúbica	1	477.96875	477.96875	0.4530 ns
Total	3	10455.32061		GL-resíduo=68

**Ferro Folha**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	54.06801	54.06801	0.2409 ns
Reg. quadra	1	3740.95903	3740.95903	16.6665 **
Reg. cúbica	1	1373.39060	1373.39060	6.1186 *
Total	3	5168.41764		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	2007.87202	2007.87202	8.9453 **
Reg. quadra	1	4308.02093	4308.02093	19.1928 **
Reg. cúbica	1	2851.22946	2851.22946	12.7026 **
Total	3	9167.12242		GL-resíduo=68

**Apêndice 15****Manganês Caule**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	1746.19514	1746.19514	82.5375 **
Reg. quadra	1	242.38205	242.38205	11.4567 **
Reg. cúbica	1	35.85017	35.85017	1.6945 ns
Total	3	2024.42735		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg. linear	1	42.73889	42.73889	2.0201 ns
Reg. quadra	1	90.84456	90.84456	4.2940 *
Reg. cúbica	1	225.37522	225.37522	10.6528 **
Total	3	358.95867		GL-resíduo=68

**Manganês Folha**

Fator 1 = Ca

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

## QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	11545.50336	11545.50336	41.9372 **
Reg. quadra	1	5412.05066	5412.05066	19.6584 **
Reg. cúbica	1	34.22246	34.22246	0.1243 ns
Total	3	16991.77648		GL-resíduo=68

**Apêndice 16****Zinco Caule**

Fator 1 = Ca

Fator 2 = B

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	245.31395	245.31395	59.1883 **
Reg. quadra	1	23.38203	23.38203	5.6415 *
Reg. cúbica	1	13.05016	13.05016	3.1487 ns
Total	3	281.74614		GL-resíduo=68

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	81.22513	81.22513	19.5977 **
Reg. quadra	1	2.36328	2.36328	0.5702 ns
Reg. cúbica	1	0.28891	0.28891	0.0697 ns
Total	3	83.87732		GL-resíduo=68

**Zinco Folha**

Fator 1 = Ca

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 1

QUADRO DE ANÁLISE

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	611.32560	611.32560	7.7419 **
Reg. quadra	1	1162.81242	1162.81242	14.7261 **
Reg. cúbica	1	567.63070	567.63070	7.1886 **
Total	3	2341.76872		GL-resíduo=68

**INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA****Apêndice 17**

Quadrado médio (QM) das análises de variância das variáveis: comprimento de galeria (CG) e Porcentagem de ataque (P.A), de mudas de mogno submetidas a níveis de corretivo e boro, como indutores de resistência a broca *H. grandella*.

FV	GL	QM CG	GL	QM P.A
Ca	3	1751,39 <sup>ns</sup>	3	665,23 <sup>ns</sup>
B	3	4910,85*	3	647,01 <sup>ns</sup>
Ca X B	9	5407,14**	9	546,79 <sup>ns</sup>
Fat X Test	1	3502,35 <sup>ns</sup>	1	4,72 <sup>ns</sup>
Trat	16	4509,58**	16	553,91 <sup>ns</sup>
Res	51	1484,84	34	410,95
Total	67		50	
CV (%)		16,64		37,81

\*, \*\*, <sup>ns</sup>. Significativo para 5%, 1% e não significativo, respectivamente, pelo Teste F