

**ADUBAÇÃO DE BORO NA CULTURA DA CANOLA EM LATOSSOLO  
VERMELHO ARENOSO NA REGIÃO OESTE PAULISTA**

**WELLINGTON EDUARDO XAVIER GUERRA**

**ADUBAÇÃO DE BORO NA CULTURA DA CANOLA EM LATOSSOLO  
VERMELHO ARENOSO NA REGIÃO OESTE PAULISTA**

**WELLINGTON EDUARDO XAVIER GUERRA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Professor Dr. Carlos Sérgio Tiritan

631.42  
G934a

Guerra, Wellington Eduardo Xavier

Adubação de boro na cultura da canola em latossolo vermelho arenoso na Região Oeste Paulista / Wellington Eduardo Xavier Guerra. – Presidente Prudente, 2013.

48 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2011.

Bibliografia.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Sérgio Tiritan

1. Ácido Bórico. 2. Brássica. 3. Fertilidade do Solo. I. Título.

**WELLINGTON EDUARDO XAVIER GUERRA**

**ADUBAÇÃO DE BORO NA CULTURA DA CANOLA EM LATOSSOLO  
VERMELHO ARENOSO NA REGIÃO OESTE PAULISTA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Presidente Prudente, 13 de Dezembro de 2013.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente-SP

---

Banca: Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente-SP

---

Banca: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto  
Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – UNESP  
Botucatu-SP

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico a Deus, pela vida.*

*Aos meus pais Carlos Roberto Xavier Guerra e Lourdes Amaral Xavier,  
pela confiança e por minha existência.*

*Aos meus irmãos Walter Xavier Guerra e Wagner Roberto Xavier Guerra,  
pelo incentivo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado saúde, persistência e determinação para que conseguisse concluir esta pesquisa;

A minha família por todo apoio dado ao longo da pesquisa;

Ao meu orientador, Professor Dr. Carlos Sérgio Tiritan, por seus conceitos, opiniões, confiança e ajudas indispensáveis;

Ao meu Co-Orientador Professor Dr. Antonio Fluminhan Junior pelo apoio e pelas valiosas sugestões e contribuições;

Ao pesquisador da Embrapa Trigo Passo Fundo RS, Dr. Gilberto Omar Tomm, pelo apoio e incentivo e colaboração com materiais para trabalhar com a cultura da canola;

Aos meus amigos Luís Eduardo Mazetti Feitosa, Paulo Claudeir Gomes, Tiago Aranda Catuchi, Amarildo Francisquini Jr., Luciana de Oliveira Derré pela ajuda indispensável, tanto na parte prática, quanto na parte escrita;

À Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), pela estrutura para realização da pesquisa;

Aos Funcionários dos Laboratórios de Solos, Adubos e Fertilizantes, Edna Antônia Torcato de Agostini, Viviane Ferreira, Lindaura Helena da Silva, Luciana Muchiutti, Rafael de Paulo Fernandes, pela colaboração indispensável;

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

*“O que vale na vida não é ponto de partida e sim a caminhada.*

*Caminhando e semeando, no fim terás o que colher”.*

*Cora Coralina*

## RESUMO

### **Adubação de boro na cultura da canola em latossolo vermelho arenoso na Região Oeste Paulista**

Na região oeste do estado de São Paulo para plantas do grupo das brássicas é indicada aplicação de B no plantio, em virtude da carência de informações sobre aplicação de B no solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) à doses de B em Latossolo Vermelho Arenoso na região oeste paulista. O delineamento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2 x 4 com 4 repetições (dois cultivares e quatro doses de B), avaliando dois cultivares, Hyola 401 e a Hyola 76. As doses de Boro em forma de ácido bórico P.A foram de (0,0, 0,5, 1,0 e 2,0 kg B ha<sup>-1</sup>) aplicados no solo. Os parâmetros biométricos analisados foi a altura da planta, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, número de ramificações, massa de sementes por plantas, massa de mil grãos, germinação, teor de óleo e acúmulo de nutrientes. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, comparação das médias pelo de Tukey a 5% de probabilidade e também à análise de regressão polinomial por meio de programa estatístico. Os resultados indicaram que a cultura da canola respondeu as doses de B nos parâmetros de massa de grão planta<sup>-1</sup>, massa seca da raiz e na porcentagem de óleo para o cultivar Hyola 76. A Hyola 401 apresentou a maior porcentagem de germinação com 0,5 kg B ha<sup>-1</sup>. Mas a Hyola 76 apresentou maior porcentagem de germinação que a Hyola 401. Nas avaliações entre os cultivares a Hyola 76 teve um melhor desempenho em todos os parâmetros biométricos em relação à Hyola 401.

Palavras Chave: Ácido Bórico; Brássica; Fertilidade do Solo.



## ABSTRACT

### **Boron fertilization in canola cultivation on red sandy latosol in the Western Region of São Paulo State**

In the western region of São Paulo state the cultivation of brassica plants it is commonly indicated B application at planting, because of the lack of information about this element in its type of soil. The objective of this study was to observe the reaction of B dosages in the culture of canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) in Red Sandy Latosol in the Western São Paulo state. The experimental design was a completely randomized type, under a factorial 2 x 4 with 4 replications (two cultivars and four dosages of B). It was evaluated two different cultivars: Hyola 401 and Hyola 76. The concentration of Boron (0,0, 0,5, 1,0 and 2,0 kg B ha<sup>-1</sup>), was calculated by using boric acid - PA reagent, applied directly to the soil. The biometric parameters analyzed involved: plant height, stem diameter, shoot dry mass, root dry mass, number of branches, production of seeds per plant, seeds moisture content, 1000 grain weight, germination, seed oil content and accumulation of nutrients. All of them were subjected to the analysis of variance by F test, and comparison of means by Tukey test at 5% significance, and polynomial regression analysis through statistical programs. The results indicated that the culture of canola responded doses of B in the parameters of grain weight plant<sup>-1</sup>, root dry mass and oil percentage to grow Hyola 76. The Hyola 401 had the highest percentage of germination with 0,5 kg B ha<sup>-1</sup>. But Hyola 76 showed higher germination percentage than Hyola 401. Ratings among the cultivars Hyola 76 had a better performance in all biometric parameters regarding Hyola 401.

**Keywords:** Boron Dosages; Canola, Soil Fertility.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Altura da planta (cm), Diâmetro do caule (mm), Número de ramificações e Peso do grão planta<sup>-1</sup> (g) em função da aplicação de doses de adubação com B. 32
- FIGURA 2 - Massa seca parte aérea (g), Massa seca raiz (g) em função da aplicação de doses de adubação com B. 33
- FIGURA 3 - Porcentagem de Germinação e Porcentagem de Óleo em função da aplicação de doses de adubação com B. 34
- FIGURA 4 - Peso de 1000 grãos em gramas planta<sup>-1</sup> em função da aplicação de doses de adubação com Boro. 35
- FIGURA 5 - Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na massa seca da parte aérea em função da aplicação de doses de adubação com Boro. 38
- FIGURA 6 - Acúmulo de B na massa seca da parte aérea em função da aplicação de doses de adubação com Boro. 39
- FIGURA 7 - Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na massa seca da raiz em função da aplicação de doses de adubação com Boro. 41
- FIGURA 8 - Acúmulo de B na massa seca da raiz em função da aplicação de doses de adubação com Boro. 42

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Atributos de fertilidade do solo determinados a partir de amostra de um Latossolo Vermelho Arenoso, utilizado no experimento.....	25
TABELA 2 -	Características dos cultivares de canola.....	26
TABELA 3 -	Análise de variância dos parâmetros biométricos e tecnológicos da reação de doses de boro na cultura da canola na região Oeste Paulista.....	30
TABELA 4 -	Análise de variância do acúmulo de nutrientes da massa seca da parte aérea da reação de doses de boro na cultura da canola na região Oeste Paulista.....	36
TABELA 5 -	Análise de variância do acúmulo de nutrientes da massa seca da raiz da reação de doses de boro na cultura da canola na região Oeste Paulista.....	36

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Aspectos da Cultura .....	13
2.2 Exigências Agroecoclimáticas .....	15
2.3 Exigências de Nutrientes e do Micronutriente B.....	16
2.4 Absorção, Transporte e Redistribuição do Boro .....	20
2.5 Funções do Boro nas Plantas .....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1 Localização da Área Experimental .....	24
3.2 Instalação do Experimento .....	24
3.3 Delineamento Experimental e Caracterização dos Tratamentos .....	25
3.4 Caracterização do Material Vegetal .....	26
3.5 Variáveis Avaliadas .....	26
3.5.1 Variáveis Biométricas .....	26
3.5.1.1 Altura da Planta .....	27
3.5.1.2 Diâmetro do Caule .....	27
3.5.1.3 Número de Ramificações da Parte Aérea .....	27
3.5.1.4 Massa Seca da Parte Aérea (M.S.P.A) .....	27
3.5.1.5 Massa Seca da Raiz (M.S.R) .....	27
3.5.1.6 Massa de Grãos/Planta e Massa de 1000 Grãos .....	28
3.5.1.7 Teste de Germinação das Sementes .....	28
3.5.1.8 Determinação do Rendimento de Óleo .....	28
3.5.1.9 Acúmulo de Nutrientes da Massa Seca da Parte Aérea (M.S.P.A) e Massa Seca da Raiz (M.S.R) .....	29
3.5.1.10 Análise de Dados .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5 CONCLUSÕES .....	43
REFERÊNCIAS .....	44
ANEXOS.....	49
ANEXO A – Teores de B na Parte Área das Plantas de Canola .....	49
ANEXO B – Teores de B nas1 Raiz das Plantas de Canola .....	49

# 1 INTRODUÇÃO

A cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) do inglês Canadian Oil Low Acid pertence à família Brassicaceae (SANTOS; REIS, 2001).

A canola planta da família das Brassicaceae como o repolho e as couves. Os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 40% de óleo (CANOLA..., 1999).

Segundo Tomm (2004) no Brasil se cultiva apenas canola de primavera, da espécie *Brassica napus* L., que foi desenvolvida por melhoramento genético convencional da colza. No sudoeste de Goiás, constitui alternativa para diversificação e geração de renda no período de segunda safra, também chamada de safrinha, participando de 16% da produção nacional. A canola começou a ser introduzida do sudoeste de Goiás em 2003.

No Brasil, levantamento realizado pela Conab (2013), em abril de 2013, estimou-se uma produção para a safra 2012/13 em torno de 60,5 mil toneladas, devendo provavelmente ficar em 16,3% maior que a safra anterior, com área estimada em 43,8 mil ha, com aumento de 3,3%. Quanto à produtividade é previsto 1.381 kg ha<sup>-1</sup> com aumento de 12,6%, se comparada com a da safra 2011/12.

O Rio Grande do Sul é o maior produtor da oleaginosa, concentrando 74% da produção nacional. No Rio Grande do Sul a cultura é uma nova opção para a agricultura, como uma alternativa de inverno, com perspectiva de produção de óleo energético, cultivo ideal para rotação com cereais, e é indicada para proteger o solo que foi cultivado no verão e que fica exposto as intempéries nos meses de inverno, apresentando ainda em suas flores uma grande produção de néctar (TOMM, 2004).

Através dos dados obtidos no primeiro ano de cultivo comercial de canola em Goiás no ano de 2004, sugerem que a cultura apresenta potencial para constituir uma nova alternativa de cultivo de safrinha em determinadas áreas dos cerrados do Brasil Central. A introdução e avaliação de novos genótipos constituem atividade promissora para identificar cultivares e híbridos com maior potencial de rendimento, visando aumentar a rentabilidade ou estabilidade de retorno no cultivo de canola (TOMM, 2004).

As brássicas estão no grupo das hortaliças mais exigentes em B. A deficiência de B em brássicas determina o aparecimento de coloração escura na parte central do caule (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Apresentam formação de cabeças pequenas, pouco compactas e caule oco em se tratando de repolho e couve-flor e nesta última a inflorescência apresenta coloração bronzeada com partes escuras (FILGUEIRA, 1982).

Na região oeste do estado de São Paulo para plantas do grupo das brássicas é indicada aplicação de B no plantio, em virtude da carência de informações sobre aplicação de B no solo, pela exigência e baixos teores em solos arenosos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da cultura da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) à doses de B em Latossolo Vermelho Arenoso na região oeste paulista.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos da Cultura

A canola é uma variedade de colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), desenvolvida por melhoristas canadenses, e que está sendo recomendada como cultura de inverno na região Centro-Sul do Brasil, para extração de óleo dos grãos (MARTIN; NOGUEIRA JUNIOR, 1993). Porém, muitos fatores de manejo da cultura devem ser mais bem compreendidos para a implantação, condução e obtenção dos benefícios decorrentes de sua exploração.

A produção nacional de grãos de canola é insuficiente em relação à demanda e atende apenas a 30% do consumo, embora a compra de toda a canola produzida no Brasil seja garantida. Existe tendência de aumento da participação do óleo de canola no mercado de óleos vegetais que, no Brasil, é inferior a 1%, enquanto em países como os EUA é superior a 20% (PERES et al., 2005). O rendimento médio de grãos de canola no Brasil é de 1,5 toneladas por hectare, o que limita a expansão da cultura, embora em campos experimentais seja superior a 2,4 toneladas por hectare (TOMM et al., 2010).

O desenvolvimento vegetativo e o rendimento de grãos da canola estão relacionados à época de semeadura da região, do ciclo do genótipo, temperatura média e fotoperíodo (IRIARTE; VALETTI, 2008).

Cultivares de *Brassica napus* L. var. *oleifera* altamente produtivas e livres de ácido erúxico, passaram a estar disponíveis a partir de 1980 (SILVEIRA et al., 1992). No Brasil, se cultiva apenas canola de primavera que se constitui numa alternativa para diversificação e geração de renda no período de inverno, nos sistemas de rotação de culturas das regiões tritícolas do sul do Brasil (TOMM, 2000). Segundo Tomm (2000) para apresentar boa produtividade e lucratividade a canola requer solos bem drenados, sem compactação, sem resíduos de determinados herbicidas, livre de doenças, com pH do solo acima de 5,5 e com adubação equilibrada. A semeadura no Rio Grande do Sul é recomendada no período de 25 de abril a 20 de junho. Populações excessivas geram plantas com caules finos e

suscetíveis ao acamamento. Geadas na floração geralmente não afetam o rendimento, apesar do aborto de flores (TOMM, 2000).

Outra relevância da cultura quando se pensa na utilização de seu óleo, é a necessidade da produção crescente de bioenergia e biocombustíveis, o que vem alavancando o cultivo da canola no Brasil (BARBOSA et al., 2008).

Segundo Tomm et al. (2009) o teor de óleo nos grãos de canola é influenciado pelas características genéticas dos híbridos e também pelas temperaturas, basal e média disponível no solo da região produtora. De acordo com a mesma fonte, geralmente, existe uma redução de 1,5 % em óleo para cada grau Celsius de incremento na temperatura durante o enchimento de grãos e alguns dados sugerem até 2%, mas não mais que isso.

As pesquisas e desenvolvimento da cultura da canola são indispensáveis, pois a maioria dos produtores brasileiros está apenas iniciando o seu cultivo, de forma que há poucas informações técnico-científicas referentes ao seu manejo, como, por exemplo, a adubação adequada. Entretanto, o aumento na demanda brasileira pela canola fez crescer o incentivo à pesquisa dessa cultura, tanto na iniciativa privada como em instituições públicas (CONAB, 2010).

São escassos também os estudos referentes à maturação e colheita de grãos e à qualidade fisiológica das sementes. Sementes de elevada qualidade fisiológica são fundamentais para a implantação da lavoura e para garantia de produtividade. A baixa qualidade das sementes de canola tem sido relacionada à desuniformidade de maturação, o que dificulta o processo de colheita das mesmas (DIAS, 1992). A maturidade das sementes inicia-se a partir das ramificações inferiores e segue em direção às superiores, ocorrendo na mesma planta síliquas maduras, verdes e em casos extremos, até flores. Recomenda-se que a colheita das sementes de canola deve-se iniciar quando 30% destas perdem a coloração verde e passam para marrom sendo, todavia, a melhor época aquela quando 70% das sementes apresentam a coloração preta (THOMAS; BREVE; RAYNER, 1991; SIMON, 1993).



## 2.2 Exigências Agroecoclimáticas

A canola é uma espécie vegetativa cultivada tradicionalmente em regiões de clima temperado. O cultivo dessa oleaginosa é realizado no outono e na primavera. Os cultivares semeados no outono (cultivares de inverno) exigem vernalização para que ocorra o florescimento, ou seja, exigem controle de aquisição da capacidade de florescimento pelo abaixamento temporário da temperatura, por oito semanas, para menos de 7° C. No sul do Brasil, utilizam-se cultivares de primavera, que não exigem vernalização e fotoperíodos longos, embora a semeadura se dê no outono e inverno. A canola requer áreas com altitudes superiores a 700m, solos profundos, apresentando um relevo de suavemente ondulados a planos. A cultura não tolera solos mal drenados e compactados sendo prejudiciais as suas raízes, dificultando a penetração e favorecendo o encharcamento, ambiente que favorece o surgimento de doenças. Em áreas infestadas com nabiça, deve ser evitado o cultivo da canola se não houver condições de eliminar esta planta invasora manualmente seja rigoroso (EMATER RS; ASCAR, 2003).

Em relação ao clima e solo, a Emater RS (2003) relata que a canola apresenta exigências similares aos do trigo e linho. Com o crescimento vegetativo, aumenta a necessidade de água, culminando na floração, que é reduzida ao se aproximar a maturação. É importante o solo ter uma umidade adequada na época da semeadura, visto que a semente de canola requer alta percentagem do seu peso em água para germinar. A falta de água no período vegetativo acarretará em menor desenvolvimento das raízes e das folhas, reduzindo a produção de matéria seca. Porém na fase de florescimento, a deficiência de água é mais marcante, ocasionando significativa diminuição de rendimento. A operação de colheita é facilitada quando as condições hídricas são deficitárias nessa fase do cultivo. No entanto, nessas condições, as temperaturas mais baixas favorecem o desenvolvimento da cultura.

Os estresses térmicos e hídricos para a canola provocam aumento do abortamento de flores, redução da disponibilidade de nutrientes no solo e menor produtividade de grãos, observando que a partir do enchimento dos grãos, a cultura

não mais necessita de água, ou seja, elevadas precipitações nessa época provocaram redução da produtividade (SOUZA et al., 2010).

### 2.3 Exigências de Nutrientes e do Micronutriente B

Outro aspecto de importância na produtividade de sementes de canola é o fornecimento adequado de nutrientes, dentre os quais o potássio, que é um elemento de destaque no aumento do peso das sementes e na resistência ao desenvolvimento de doença causada por *Alternaria brassicae* (SHARMA; KOLTE, 1994). Além disso, as interações desse nutriente com o nitrogênio e o boro podem afetar a produtividade e a qualidade das sementes (DALIPARTHY; BARKER, 1994).

A Emater RS (2003) menciona que o desenvolvimento do sistema radicular da canola em profundidade é um dos elementos essenciais para a obtenção de um alto rendimento de grãos. A canola é uma planta muito exigente em nutrientes, de maneira geral, requer mais nitrogênio que a maioria das culturas, porém com uma eficiente utilização de fósforo do solo e do aplicado. A deficiência de nitrogênio reduz a produtividade da canola, no entanto doses excessivas alongam a fase vegetativa, podendo aumentar a susceptibilidade a patógenos, diminuir o teor de óleo e promover a queima das folhas. Responde à fertilização nitrogenada e fosfatada em grau superior a qualquer outro cultivo, sendo que o aproveitamento do N aplicado está relacionado, diretamente com a umidade acumulada no solo e com precipitação pluvial durante o ciclo vegetativo. A resposta à fertilização fosfatada é influenciada pelo desenvolvimento radicular da planta, método de aplicação, nível de fósforo no solo, tipo de solo, seu conteúdo de umidade e sua temperatura.

A Emater RS (2003) descreve que o enxofre em relação à canola é muito exigente para a obtenção de altos rendimentos, devido ao seu elevado teor de óleo e de proteína nos grãos. A canola necessita absorver aproximadamente 20 Kg de S ha<sup>-1</sup> para produzir uma tonelada de grãos, dessa forma, o teor de enxofre deverá ser maior que 10mg/dm<sup>3</sup>. Quando o solo apresentar teor menor, sugere-se aplicar, na semeadura, aproximadamente 20 Kg de S ha<sup>-1</sup>. Sendo que as sementes apresentam, em geral, maior teor de enxofre, com exportação aproximada de 40%

do total absorvido. Além de aumentar a produção, o enxofre pode aumentar o teor de óleo das sementes de canola. Os rendimentos da canola também são afetados por deficiência de micronutrientes, e incrementos são obtidos com a aplicação de boro, zinco e cobre.

Segundo Zimmermann (2005) no momento da floração e enchimento de grãos a demanda por micronutrientes como boro, molibdênio e zinco é aumentada, devendo receber atenção especial para a cultura da canola, podendo-se determinar a necessidade da planta em receber estes micronutrientes via aérea, deve ser realizado análise foliar.

O B é um dos micronutrientes mais requeridos pela canola, sendo importante para assegurar a formação das sementes (EMATER RS; ASCAR, 2003).

O elemento B tem o número atômico 5 e massa atômica de 10,811 u.m.a., com dois isótopos estáveis de massas 10 e 11, com abundância natural média de  $^{10}\text{B} = 19,9\%$  e  $^{11}\text{B} = 80,1\%$  (BIEVRE; BARNES, 1985). Na tabela periódica, o B é o único não metal pertencente à família do grupo IIIA e seu número de valência é o +3.

O B é amplamente distribuído tanto na litosfera quanto na hidrosfera apresentando baixa a abundância na crosta terrestre. A quantidade de B aumenta com a acidificação das rochas magmáticas, enquanto nas rochas sedimentares, o elemento está associado à fração de argila. As maiores quantidades de B estão concentradas em regiões que já foram oceanos e em sedimentos marinhos argiláceos, portanto a quantidade de B pode servir como um indicador de paleossalinidade (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

O B pode-se encontrar combinado em diversos minerais, de que são exemplos, o bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), o ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), colemanita ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), a ulexita ( $\text{CaNaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), a boracita ( $\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$ ) (BOARETTO, 2006).

Bergmann (1984) relatou que os primeiros estudos verificando os efeitos de B nas plantas datam a partir de 1876. Na literatura existem discordâncias quanto ao autor que demonstrou a essencialidade do B para as plantas. A prova inicial foi publicada por (WARINGTON, 1923) e há muito já se estabeleceu que o B é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas superiores, apesar de sua função primária não ter sido totalmente esclarecida (MATOH, 1997). Loomis e Durst

(1992) relatam a presença de B em diversas espécies de plantas, entretanto, não demonstrou a essencialidade do elemento para as plantas. Por estas razões a essencialidade do B como nutriente é creditada para (WARINGTON, 1923).

Nas culturas de forma geral, entre os micronutrientes, a deficiência de B é a que ocorre em maior frequência (GUPTA, 1979; BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998). Goldberg (1997) descreve os fatores que interferem na disponibilidade do B presente no solo para as plantas, que são: a) o pH da solução do solo (com o aumento do valor do pH da solução do solo, menor é a disponibilidade do B para as plantas); b) a textura do solo (quanto mais arenoso o solo, menor é a disponibilidade do nutriente); c) a umidade do solo (a disponibilidade de B geralmente diminui com a redução da umidade do solo); d) a temperatura (ocorre aumento na adsorção de B com o aumento da temperatura, entretanto, isso pode ser devido à interação entre o efeito da temperatura com a umidade do solo); e) a matéria orgânica (quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior é a disponibilidade de B para as plantas).

O B é o único nutriente que satisfaz apenas o critério indireto de essencialidade, sendo que ainda não foi demonstrada a participação do B na constituição de enzimas e nem como ativador enzimático (MARSCHNER, 1995). Ainda, segundo esse mesmo autor, o B está relacionado a uma série de processos fisiológicos das plantas tais como: transporte de açúcar; síntese da parede celular; lignificação; estrutura da parede celular; respiração; metabolismos de carboidratos; metabolismos de RNA; metabolismos de ácido indolacético (AIA); metabolismos de compostos fenólicos; metabolismo de ascorbato; fixação de nitrogênio; e diminuição da toxidez de alumínio, entretanto, pode ser que alguns dos efeitos nos processos fisiológicos em que a ausência de B esteja relacionada não ocorram de forma direta e sim sejam efeitos secundários ou efeitos cascatas.

Existem inúmeros compostos biológicos, no citoplasma ou na parede celular, que podem formar complexos de B (ácido bórico) com alguns açúcares, fenóis, ácidos orgânicos e polímeros (DEMBITSKY et al., 2002). Matoh (1997) constatou que o B pode ocorrer nas plantas superiores tanto em formas solúveis em água (localizado na região apoplástica na forma de ácido bórico) quanto em forma em formas insolúveis. O B insolúvel em água está associado com rhamnogalacturona II (RG-II), que é composto de ácido bórico com duas cadeias do monômero GR-II. Kobayashi, Ohno e Matoh (1977) propuseram que a localização do

B na célula parece ser um pré-requisito para a identificação das suas funções, entretanto, os locais onde o ácido bórico está localizado podem ser consequência das ligações de di-ester do ácido bórico com grupos de cis-diol de açúcares e fenóis.

Quando o B está em deficiência, inicialmente, ocorre redução dos tecidos meristemáticos (extremidades da raiz e ramos) que, em seguida, tornam-se desorganizados e morrem. No entanto, Cohen e Lepper (1977) consideraram que o alongamento de raízes de abóbora cessou quando as mesmas foram submetidas à omissão de boro, que foi causada pela falta de divisão das células meristemáticas e não por falta de alongamento celular, sugerindo que esse micronutriente age como um regulador da divisão celular. Acredita-se que o B influencie os processos de divisão celular, alterando o nível do AIA, através da ativação de enzimas que oxidam esse hormônio. O B participa da síntese da base nitrogenada uracil e como esta é componente do RNA, têm-se queda na síntese do RNA e conseqüentemente a síntese proteica. Como a síntese de RNA, ribose e proteína são os processos mais importantes nos tecidos meristemáticos, a divisão e diferenciação celular é seriamente prejudicada e, portanto, o crescimento das partes jovens das plantas é afetado (MENGE; KIRKBY, 2001). O B atua na biossíntese da parede celular, auxiliando o Ca na deposição e formação de pectatos que formam parte dessas estruturas (SANTOS et al., 1990). Cabe salientar que as plantas que apresentam maior exigência em B são aquelas que contêm maior quantidade de B complexado na parede celular. Quando o B está presente em concentrações baixas, a maior parte do nutriente contido nas células, sendo que acima de 95% de B está localizado na parede celular associados a pectinas (POWER; WOODS, 1997; HU et al., 1997). Para Cakmak e Romheld (1997), outra importante função do B é a manutenção da integridade da membrana plasmática, que está associado a sua habilidade em se ligar a componentes com configuração cis-diol, tais como glicoproteínas e glicolipídios. Cakmak, Kurz e Marschner (1995), analisando folhas de girassol deficientes e com níveis suficientes em boro, observaram que o efluxo de potássio, sacarose e fenóis e aminoácidos em folhas deficientes em boro foram, respectivamente, 35, 45 e 7 vezes maiores quando comparados com folhas com níveis suficientes de boro Power e Woods (1997) argumentam que o transporte de alguns nutrientes (K e P) pela membrana é inibido na ausência de B. Além dessas funções, o B também está relacionado com transporte de açúcares, lignificação,

metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de ácido indol acético (AIA), metabolismo de fenol de ascorbato (CAKMAK; RÖMHELD, 1997).

Amberger (1988) relata que o crescimento radicular pode ser paralisado após 48 horas de omissão de B. Além disso, a deficiência de B promove rápido endurecimento da parede celular, pois o mesmo formando complexos com carboidratos controla a disposição de micelas de celulose, o que não permite o aumento normal no volume da célula (MALAVOLTA, 1980). O alongamento da planta é também prejudicado pelo fato que o B tem efeito direto na formação de vasos xilemáticos (crescimento e diferenciação). Cabe ressaltar que concentrações de B acima do normal protegem o crescimento radicular em situações em que altos teores de Al normalmente seriam inibidores (LENOBLE; BLEVINS; MILES, 2000).

#### **2.4 Absorção, Transporte e Redistribuição do Boro**

A absorção de B pelas plantas depende somente da sua atividade na solução do solo. Esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes existentes no solo, tais como os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio. Quando o assunto é absorção, o primeiro item a merecer atenção é o contato do elemento com a raiz, que no caso do B se dá por fluxo de massa. Segundo Malavolta (2006), o processo de absorção de B ainda não é bem explicado, mas até agora o consenso que se tem é que o processo se dê por difusão através da plasmalema. O caráter passivo de absorção é comentado por (WELCH, 1995). Segundo o autor, não há nenhum componente ou gasto de energia para viabilizar sua entrada devido à alta permeabilidade da membrana para o elemento. Tal fato pode ser comprovado pelo aumento linear da absorção com a elevação da concentração do nutriente no solo, não sendo influenciado por temperatura ou inibidores respiratórios. Portanto, o B parece ser o único elemento mineral que atravessa a membrana sem recorrer a nenhum processo intermediado por uma proteína (WELCH, 1995).

A adsorção aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes e origem do Boro deve-se, principalmente, à turmalina, uma rocha que após sofrer intemperismo, libera no solo formas solúveis, como boratos e ácido bórico, que corresponde à forma não dissociada. Apesar de a turmalina ser fornecedora de Boro ao solo, a fonte principal para as plantas vem da matéria orgânica, que, após mineralizada, disponibiliza o nutriente. Portanto, há relação entre o teor de matéria orgânica com a quantidade de B (ADRIANO, 1986).

Em geral o B é considerado imóvel nas plantas, entretanto, estudos realizados, principalmente a partir da década de 80, demonstraram que esta afirmativa não devia ser generalizada, pois se sabe que este micronutriente é móvel em algumas espécies de plantas, tais como: macieira, ameixeira (BROWN; HU, 1994) e brócolis (SHELP, 1988).

O movimento do B se dá por corrente transpiratória via xilema, mas apresenta pouca mobilidade no floema, havendo redistribuição somente em algumas espécies, não incluindo o cafeeiro, apesar de não ser uma regra para todas as espécies da mesma família. Em algumas culturas onde a redistribuição ocorre, há uma quantidade maior de polióis, resultando em alta relação Polióis: B que se complexam com o mineral dando origem a compostos mais solúveis nos tecidos, como é o caso da soja (BROWN; HU, 1996).

Tem-se observado durante anos que o crescimento de plantas com quantidades adequadas de B, diminui a concentração de B das folhas velhas para as folhas jovens. Além disso, sintomas de deficiência de B ocorrem em tecidos meristemáticos, enquanto sintomas de toxicidade do nutriente ocorrem primeiro nas margens das folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995; SHELP et al., 1995). Estas observações são a base da classificação histórica de B como um elemento imóvel (ZIMMERMANN, 1960; EPSTEIN, 1973).

## **2.5 Funções do Boro nas Plantas**

O B, como os demais micronutrientes, é indispensável para as plantas, pois têm efeito direto na formação de novos tecidos e na produtividade, sendo importante o conhecimento da redistribuição que ocorre dentro da planta e a

variação entre as espécies (VAN GOOR; VAN LUNE, 1980). O conhecimento da mobilidade dos nutrientes na planta favorece a escolha do tipo de manejo que será adotado na correção ou prevenção da deficiência. Quando o nutriente é imóvel na planta, torna-se necessário o fornecimento frequente do nutriente para atender as exigências dos novos órgãos em formação. Deste modo, as aplicações foliares do B deverão promover melhor resultado na produção nas cultivares que tenham maior mobilidade do nutriente.

Na fase reprodutiva o efeito benéfico é proeminente, uma vez que as exigências em Boro são mais altas neste período do que no crescimento vegetativo (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998), influenciando na germinação do pólen, florescimento e frutificação. No cafeeiro, causa abortamento das gemas floríferas, influenciando também no crescimento vegetativo. Dentre os fatores benéficos, podemos citar também a síntese de proteínas e ácidos nucléicos que tem sua eficiência elevada. De acordo com Dugger (1983), as plantas deficientes têm a relação N solúvel/N protéico elevada, fato confirmado por Primavesi (2002), que afirma que os nutrientes podem circular a taxas elevadas na seiva sem serem metabolizados.

Quando afirmamos que o B é importante no crescimento vegetativo, um dos principais locais onde atua é na parede celular e na membrana citoplasmática, alterando suas propriedades mecânicas, principalmente na fase de crescimento. Malavolta (2006) estabelece que haja uma relação estreita entre a nutrição de Boro com a parede celular primária, visto que 90% do elemento da célula estão presentes nessa estrutura.

Na membrana, apesar da pequena quantidade presente quando comparado à parede celular, atua na absorção de outros nutrientes, como, por exemplo, o fósforo, que, de acordo com Malavolta (2006), tem sua absorção diminuída em raízes deficientes do elemento, que também tem como papel a manutenção da integridade da membrana, garantindo absorção e metabolismo adequado, inclusive quando se fala em absorção de água. Pois, segundo Primavesi (2002), essa capacidade parece estar mais ligada à quantidade de carboidratos do que à concentração dos minerais presentes nos tecidos radiculares. Tal quantidade de carboidratos é influenciada pela presença de B, que é o principal transportador desses compostos para os diversos órgãos das plantas, incluindo a raiz. Malavolta (2006) afirma que a diminuição no transporte de açúcares pode ser explicada pela



menor atividade metabólica, ou seja, demanda pelos órgãos dreno. Outra explicação seria a diminuição da formação de compostos de borato com açúcares, tais complexos auxiliam no transporte dos carboidratos dentro da planta.

O B é um nutriente essencial para a formação de tecidos meristemáticos radiculares e caulinares (HU; PENN; LEBRILLA, 1997; BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998), ou seja, na falta de B o crescimento e desenvolvimento radicular e caulinar paralisam. O B possui função importante no transporte de açúcares e no metabolismo do carboidrato (DECHEN; NACHTIGALL, 2006a), associado a essas funções, a menor área foliar em plantas deficientes de B promove redução na produção de fotoassimilados. Nesse caso, em deficiência de B, a alocação de C para o sistema radicular também será prejudicada.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Localização da Área Experimental**

O experimento foi conduzido em estufa plástica telada do Programa de Pós Graduação em Agronomia, localizada no Campus II, na Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente SP. A UNOESTE, Campus II está localizado a 475 m de altitude em uma região de clima definido como Cwa, quente com inverno seco, verão chuvoso e brando conforme classificação de World Map of the Köppen-Geiger (2011). As coordenadas geográficas de Presidente Prudente são: Latitude: -22°07'32" e Longitude: 51°23'20".

### **3.2 Instalação do Experimento**

A semeadura foi realizada no dia 16 de Maio de 2012, em vasos plásticos com capacidade de 14 dm<sup>-3</sup>, totalizando 32 vasos. Foram semeadas quatro sementes por vaso e após a germinação e emergência foram desbastadas deixando somente uma planta por unidade experimental. O experimento foi conduzido até outubro de 2012, sendo que cultivar Hyola 401 de ciclo precoce foi colhida uma semana antes da Hyola 76.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho de Classe Textural: Franco Argilo Arenosa de transição gradual e baixa fertilidade natural de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006) o solo foi coletado na profundidade de 20 cm e peneirado na fazenda experimental da universidade localizada no município de Presidente Bernardes SP. Foi realizada análise química do solo segundo Raij et al. (2001) para quantificar a adubação necessária, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1** - Atributos de fertilidade do solo determinados a partir de amostra de um Latossolo Vermelho Arenoso Distrófico, utilizado no experimento.

ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO												
pH	M.O.	P	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	M	V
(CaCl <sub>2</sub> )	(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						(%)			
5,0	4,3	8,6	10,9	0	12,2	1,3	13,3	1,3	15,8	28,0	0	56,5
MICRONUTRIENTES												
Boro	Cobre		Ferro			Manganês			Zinco			
(mg dm <sup>-3</sup> )												
0,02	0,60		5,80			1,10			0,10			

### 3.3 Delineamento Experimental e Caracterização dos Tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 4 com 4 repetições (dois cultivares e quatro doses de B). Para as doses de B, utilizou-se o ácido bórico P.A com peso molar de 61,83 g mol<sup>-1</sup>, onde o T1: Testemunha sem aplicação de B; T2: 0,5 kg B ha<sup>-1</sup> – 0,020 g ácido bórico dissolvido em 100 ml de água; T3: 1,0 kg B ha<sup>-1</sup> – 0,041 g ácido bórico dissolvido em 100 ml de água; T4: 2,0 kg B ha<sup>-1</sup> – 0,082 g ácido bórico dissolvido em 100 ml de água. As correções dos nutrientes foram realizadas de acordo com a análise de solo, que são necessários para uma melhor produtividade da cultura. O N teve a demanda nutricional de 40 kg ha<sup>-1</sup>, foi dividido em duas aplicações, 15 kg ha<sup>-1</sup> no plantio, 0,233 g vaso<sup>-1</sup> de ureia e 25 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura, 0,388 g vaso<sup>-1</sup> de ureia; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> teve a necessidade de 110 kg ha<sup>-1</sup>, 1,711 g vaso<sup>-1</sup> de super triplo; K<sub>2</sub>O teve a necessidade de 55 kg ha<sup>-1</sup>, 0,641 g vaso<sup>-1</sup> de cloreto de potássio. A aplicação de S não foi necessária, pois apresentou maior que 10 mg dm<sup>3</sup> na análise de solo, todos os esses nutrientes foram aplicados nas unidades experimentais.

Foram utilizados dois cultivares de canola, a Hyola 401 e a Hyola 76 onde os tratamentos foram iguais para os dois cultivares que foram disponibilizados pela Embrapa Trigo de Passo Fundo RS.

### 3.4 Caracterização do Material Vegetal

O híbrido Hyola 401 e o híbrido Hyola 76 tem suas sementes produzidas na Austrália sendo utilizada em muitos países devido á sua elevada estabilidade de rendimento em ambientes diversos como a América do Norte, Oriente Médio, Ásia, Oceania e América do Sul (TOMM, 2007). Suas características estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2** – Características dos cultivares de canola.

CARACTERÍSTICAS	HYOLA 401	HYOLA 76
Emergência ao início da floração (Dias)	44 - 64	61 - 80
Duração da floração	19 - 33	24 - 62
Emergência a maturação (Dias)	107 - 135	120 - 164
Ciclo	Bem precoce	Longo
Altura de planta (cm)	86 - 126	126 - 159
Reação à canela preta	Suscetível	Resistente Poligênica
Data de registro no Brasil	05/04/2000	09/12/2006

Fonte: TOMM, 2009.

### 3.5 Variáveis Avaliadas

#### 3.5.1 Variáveis Biométricas

As variáveis foram avaliadas de acordo com os critérios empregados na Austrália e no Canadá (TOMM, 2006). Os parâmetros biométricos analisados foram a altura da planta, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, número de ramificações, massa de sementes por plantas, teor de umidade, massa de mil grãos, número de ramificações, germinação (%), teor de óleo (%) e acúmulo de nutrientes na parte aérea e nas raízes.

### **3.5.1.1 Altura da Planta**

Para se obter a altura média das plantas em cada repetição, foi considerado leitura a partir do colo da planta até a extremidade superior dos ramos com síliquis, com o auxílio de uma régua graduada.

### **3.5.1.2 Diâmetro do Caule**

Determinado com um paquímetro de aço de alta precisão, medindo o diâmetro do caule a 10 cm do colo de cada planta.

### **3.5.1.3 Número de Ramificações da Parte Aérea**

Foram contadas as ramificações da parte aérea tendo assim dados da estrutura do vegetal, pois quanto maior sua estrutura reprodutiva do vegetal, maior será a formação de síliquis, assim aumentando a sua produtividade.

### **3.5.1.4 Massa Seca da Parte Aérea (M.S.P.A)**

Foram coletadas as plantas de cada unidade experimental as quais foram segmentadas em caule e pecíolo, e posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em uma estufa com circulação forçada de ar a 65°C. Após a secagem foram pesadas em uma balança de precisão semi-analítica obtendo a massa seca da parte aérea da planta.

### **3.5.1.5 Massa Seca da Raiz (M.S.R)**

Foram coletadas as raízes de cada unidade experimental, onde foram retiradas e limpas em água corrente e posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em uma estufa com circulação forçada de ar a 65°C.

Após a secagem foram pesadas em uma balança de precisão semi-analítica obtendo a massa seca da raiz.

#### **3.5.1.6 Massa de Grãos/Planta e Massa de 1000 Grãos**

Foi pesado os grãos de cada planta para se obter a massa de grão de cada planta. A umidade foi corrigida para 10%.

Para determinar a massa de mil grãos foi realizada a contagem de 10 sub-amostras de 100 grãos, foi realizado com a somatória das 10 sub-amostras. Conforme a metodologia descrita nas Regras para Análise de Produção de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **3.5.1.7 Teste de Germinação das Sementes**

No teste de germinação foram avaliadas 100 sementes mantidas em germinador regulado a 20-30° C. A contagem foi realizada aos sete dias. Os parâmetros avaliados foram plântulas normais e anormais, sementes mortas, sementes não germinadas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **3.5.1.8 Determinação do Rendimento de Óleo**

O teor de óleo foi determinado calculando-se o extrato etéreo, segundo (SILVA, 1990). Da amostra de grãos foram pesados dois gramas, que foram embrulhados em papel filtro na forma de cartucho e inseridos nos tubos coletores do aparelho de extração modelo Goldfish. Em cada um dos tubos foram adicionados 60 mL de éter de petróleo sendo uma mistura de hidrocarbonetos, composta principalmente pelo pentano e o hexano, que se obtém na destilação do petróleo. A sua composição pode variar, e o seu ponto de ebulição varia entre 60-75°C. Os tubos contendo as amostras permaneceram no aparelho por cinco horas para a

extração total do óleo. Após esse período, os tubos foram levados para uma estufa a 140 °C por uma hora para a evaporação total do éter, restando apenas o óleo, e em seguida as amostras foram levadas ao dessecador para resfriamento e posterior pesagem. Por fim foi realizada a determinação do óleo através do peso da amostra e a quantidade de amostra extraída.

### **3.5.1.9 Acúmulo de Nutrientes da Massa Seca da Parte Aérea (M.S.P.A) e Massa Seca da Raiz (M.S.R)**

Foi através da multiplicação de cada nutriente determinado pela análise química de tecido vegetal pelo peso da matéria seca, tanto da parte aérea quanto da raiz das plantas.

#### **3.5.1.10 Análise de Dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a comparação das médias pelo de Tukey a 5% de probabilidade e também à análise de regressão polinomial por meio do programa estatístico SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis biométricas altura da planta (A.P), diâmetro do caule (D.C), número de ramificações (N.R), massa seca da parte aérea (M.S.P.A) e peso de mil grãos (P.1000), não apresentaram diferenças significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), para o efeito de doses. Já os parâmetros de massa seca raiz (M.S.R), peso de grãos por planta (PGP), porcentagem de germinação (%G) e também na análise tecnológica de porcentagem de óleo (%O) apresentaram significância (Tabela 3).

As variáveis altura da planta (A.P), diâmetro do caule (D.C), número de ramificações (N.R) e peso de mil grãos (P.1000) não tiveram diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Os parâmetros de massa seca da parte aérea (M.S.P.A), massa seca raiz (M.S.R), peso de grãos por planta (PGP), porcentagem de germinação (%G) e também na análise tecnológica de porcentagem de óleo (%O) apresentaram significância. (Tabela 3)

E na interação entre dose e cultivar as variáveis altura da planta (A.P), diâmetro do caule (D.C), número de ramificações (N.R), massa seca da parte aérea (M.S.P.A) e peso de mil grãos (P.1000) não apresentaram diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ). Os parâmetros massa seca raiz (M.S.R), peso de grãos por planta (PGP), porcentagem de germinação (%G) e também na análise tecnológica de porcentagem de óleo (%O) tiveram significância conforme descrito na Tabela 3.

**Tabela 3.** Análise de variância dos parâmetros biométricos e tecnológicos da reação de doses de boro na cultura da canola na região Oeste Paulista.

FONTES DE VARIÇÃO	TESTE F								
	A.P	D.C	N.R	M.S.P.A	M.S.R	P.G.P	% G	% O	P.1000
<b>DOSE</b>	0,146 <sup>ns</sup>	1,192 <sup>ns</sup>	0,901 <sup>ns</sup>	1,950 <sup>ns</sup>	6,248 <sup>**</sup>	3,855 <sup>*</sup>	3,805 <sup>*</sup>	33,186 <sup>**</sup>	0,685 <sup>ns</sup>
<b>CULTIVAR</b>	2,485 <sup>ns</sup>	3,441 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	6,492 <sup>**</sup>	10,983 <sup>**</sup>	21,574 <sup>**</sup>	11,416 <sup>**</sup>	17,906 <sup>**</sup>	1,408 <sup>ns</sup>
<b>DOSE X CULT.</b>	0,475 <sup>ns</sup>	0,853 <sup>ns</sup>	0,212 <sup>ns</sup>	1,140 <sup>ns</sup>	3,252 <sup>*</sup>	7,824 <sup>*</sup>	6,624 <sup>**</sup>	191,407 <sup>**</sup>	0,544 <sup>ns</sup>
<b>CV %</b>	20,77	34,65	32,63	93,84	46,91	63,58	0,96	4,66	26,59

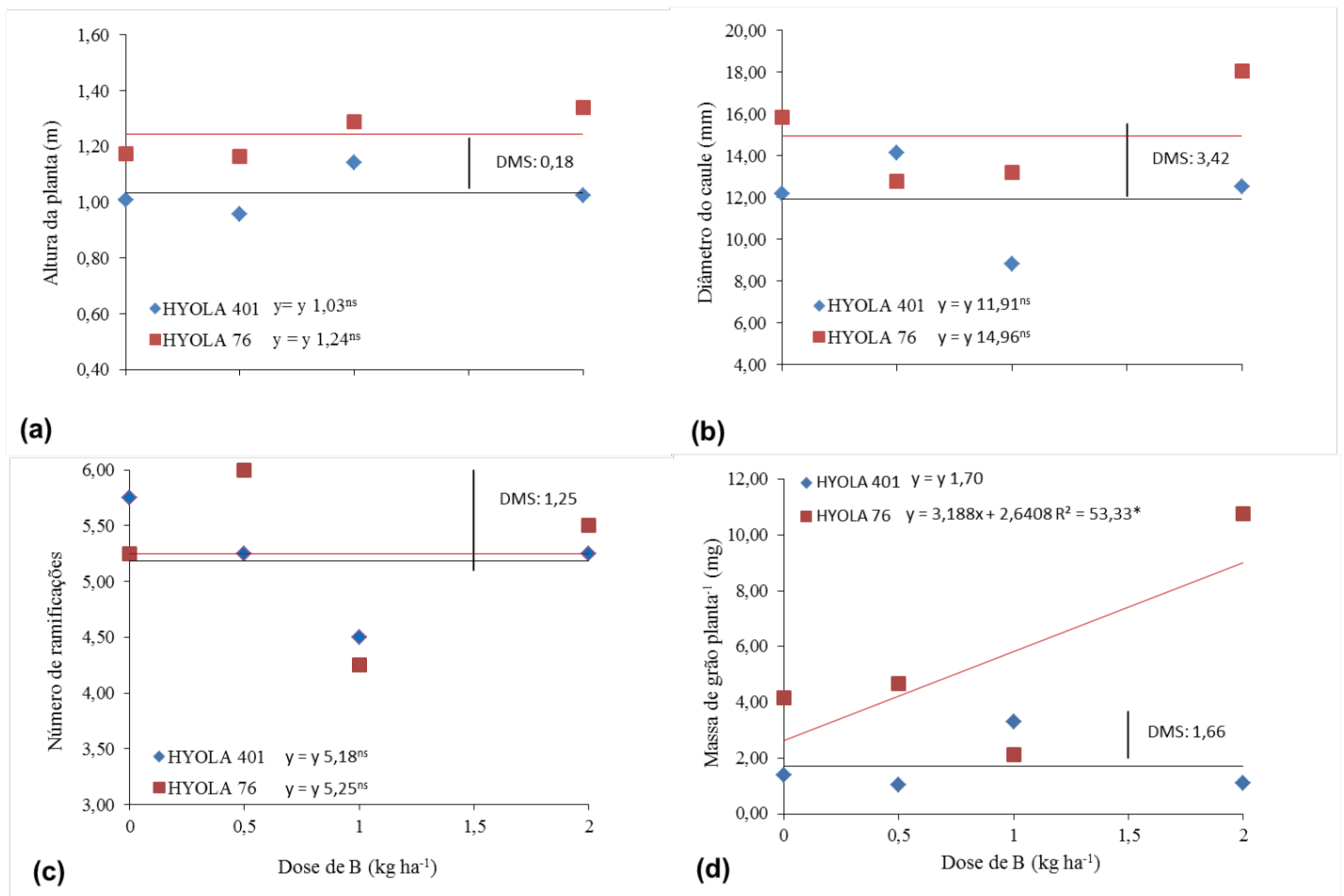
Significativo ao nível de 5% de probabilidade; A.P, altura da planta; D.C, diâmetro do caule; N.R, número de ramificações; M.S.P.A, massa seca parte aérea; M.S.R, massa seca raiz; P.G.P, peso de grãos por planta; %G, porcentagem germinação; %O, porcentagem de óleo; P.1000, peso de mil grãos.



A cultura da canola apresentou baixa resposta às doses de B. Yamada (2000) afirma que parte do elemento fornecido no solo fica prontamente disponível para as plantas onde a disponibilidade do B na solução é governada pela reação de adsorção do B com os colóides do solo e que a absorção de B pelas plantas pode não ter ocorrido por causa de sua baixa concentração na solução do solo.

Nas Figuras 1a, 1b, 1c mostra que a altura da planta, diâmetro do caule, número de ramificações não responderam significativamente para as doses de B aplicadas na cultura da canola. Na Figura 1d para o peso do grão por planta verifica-se diferença significativa entre as doses de B. As doses 0,5 kg B ha<sup>-1</sup> apresentou a melhor porcentagem para o peso de grãos da Hyola 76. O cultivar Hyola 76 obteve um melhor desempenho que a Hyola 401. A cultivar Hyola 76 tem um ciclo vegetativo longo e a Hyola 401 que é mais adaptada em regiões de climas quentes como da região, e é um híbrido precoce. A Hyola 401 tem sua maturação com 134 dias após a emergência e a Hyola 76 sua maturação com 164 dias após a emergência. Na figura 1a observa-se que não houve diferença no parâmetro da altura das plantas entre os dois híbridos. A Hyola 76 apresentou uma média de altura de 1,24 m e a Hyola 401 que apresentou média de 1,03 m. Isso pode ser explicado pelo ciclo vegetativo longo do híbrido Hyola 76. A Figura 1b mostra o diâmetro do caule onde a Hyola 76 teve um melhor resultado com a média de 14,96 mm e a Hyola 401 com a média de 11,91 mm não tiveram significância, mas tendo assim que o cultivar com um diâmetro de caule maior teria menor problema com o acamamento, que é um dos maiores problemas da cultura da canola na hora da colheita. A Figura 1c mostra o número de ramificações que foi contado de cada planta, tendo assim dados da estrutura do vegetal. Quanto maior a estrutura reprodutiva do vegetal, maior será a formação de síliquas, assim aumentando a sua produtividade, onde neste resultado, os dois híbridos tiveram as quantidades de ramificações semelhantes estatisticamente (média de 5 ramos planta<sup>-1</sup>). Na Figura 1d o peso do grão por planta apresentaram diferença significativa. A Hyola 76 se destacou tendo a média de 5,43 mg de grãos planta<sup>-1</sup> e a Hyola 401 tendo uma média de peso de grão de 1,70 mg planta<sup>-1</sup>. Isso pode ser explicado por Adriano (1986) que diz que a absorção de B pelas plantas depende somente da sua atividade na solução do solo. Esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes existentes no solo, tais como os óxidos de ferro e

alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio. A adsorção aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes. Outro fato que também podemos mencionar é que em geral o B é considerado imóvel nas plantas, entretanto, estudos realizados, principalmente a partir da década de 80, demonstraram que esta afirmativa não devia ser generalizada, pois se sabe que este micronutriente é móvel em algumas espécies de plantas, tais como: macieira, ameixeira (BROW; HU, 1994) e brócolis (SHELP, 1988).



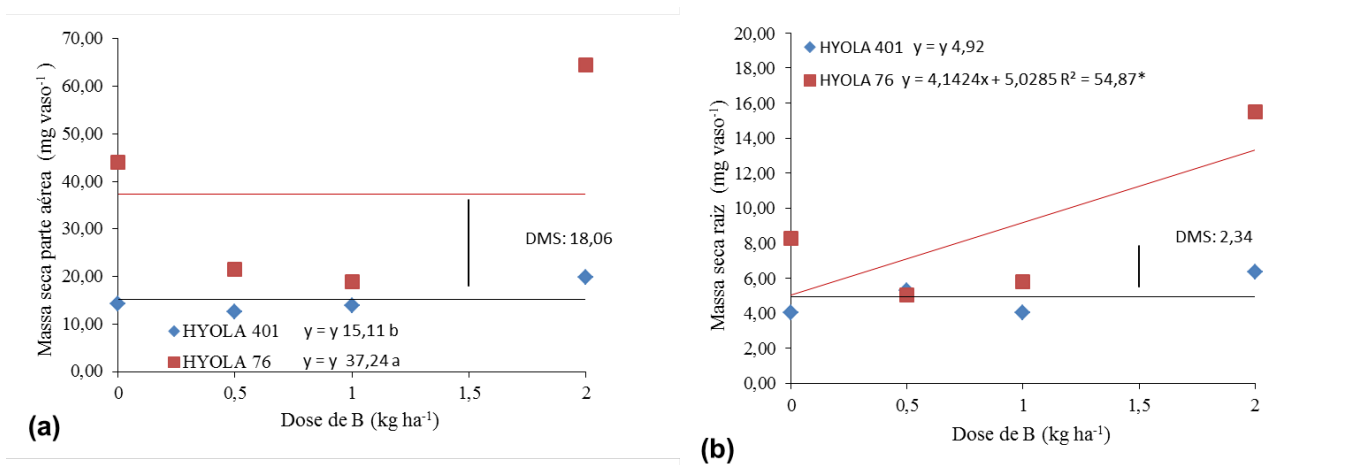
**Figura 1.** Altura da planta (cm), Diâmetro do caule (mm), Número de ramificações e Peso do grão planta<sup>-1</sup> (g) em função da aplicação de doses de adubação com Boro.

Observa-se na Figura 2a que não houve diferença significativa para a massa seca da parte aérea. Na Figura 2b para a massa seca da raiz verifica-se diferença significativa entre as doses de B. A dose de 0,5 kg B ha<sup>-1</sup> apresentou a melhor porcentagem para a massa seca de raiz da Hyola 76. Entre os cultivares a Hyola 76 obteve um melhor desempenho em relação a Hyola 401. Na Figura 2a a

massa seca da parte aérea da Hyola 76 teve uma média de 37,24 mg e a Hyola 401 teve uma média de 15,11 mg.

No trabalho realizado por Karamanos, Goh e Stonehouse (2002) a cultura da canola não respondeu a adubação de B, mesmo em solos que contêm  $<0,15 \text{ mg kg}^{-1}$  de B e para uma ampla variedade de avaliações realizadas, menciona que as respostas de B são raras nos solos canadenses ocidentais.

Na fase reprodutiva o efeito benéfico é proeminente, uma vez que as exigências em Boro são mais altas neste período do que no crescimento vegetativo (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998), influenciando na germinação do pólen, florescimento e frutificação. De acordo com Dugger (1983), as plantas deficientes têm a relação N solúvel/N protéico elevada, fato confirmado por (PRIMAVESI, 2002), que afirma que os nutrientes podem circular a taxas elevadas na seiva sem serem metabolizados.



**Figura 2.** Massa seca parte aérea (g), Massa seca raiz (g) em função da aplicação de doses de adubação com Boro.

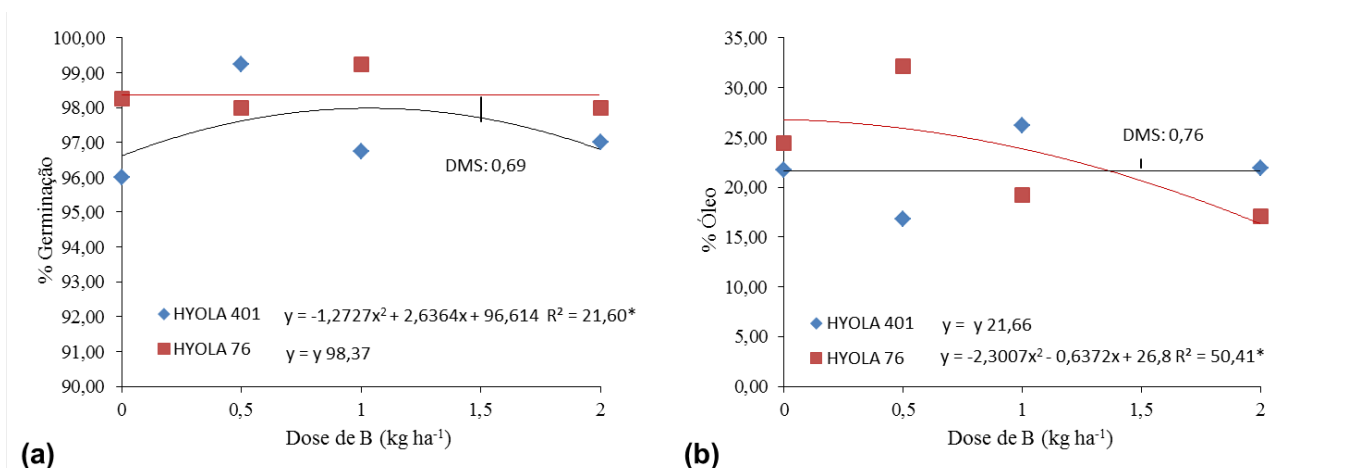
Na Figura 3a para a porcentagem de germinação verifica-se diferença significativa entre as doses de B. A dose  $0,5 \text{ kg B ha}^{-1}$  apresentou a maior porcentagem de germinação nas sementes da Hyola 401. Já o cultivar Hyola 76 teve um melhor desempenho com relação à média entre os cultivares obtendo uma porcentagem de 98,37 % de germinação.

Na Figura 3b temos a % da análise tecnológica de óleo, apresentando diferenças significativas entre as doses de B. A dose de  $0,5 \text{ kg B ha}^{-1}$  apresentou a

maior porcentagem de óleo na cultivar Hyola 76, entretanto com incremento na dose de B houve decréscimo na produção de óleo.

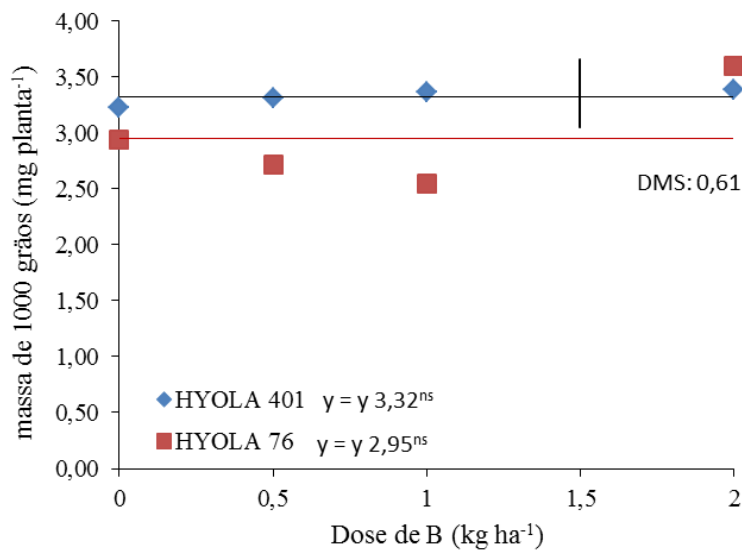
A avaliação realizada entre os cultivares demonstrou que a Hyola 76 quando comparada com a Hyola 401, foi 1,56% superior na produção de óleo. Os dados obtidos revelaram-se inferiores às médias de produção de óleo dos grãos de canola atualmente produzidos no Brasil, possuem na média de 38% de óleo segundo as informações de (CANOLA..., 1999). Segundo Tomm et al. (2009), o teor de óleo nos grãos de canola é influenciado pelas características genéticas dos híbridos e também pelas temperaturas, umidade e nitrogênio disponível no solo da região produtora. De acordo com a mesma fonte, geralmente, existe uma redução de 1,5 % em óleo para cada grau Celsius de incremento na temperatura durante o enchimento de grãos e alguns dados sugerem até 2%.

O desenvolvimento vegetativo e o rendimento de grãos da canola estão relacionados à época de semeadura da região, do ciclo do genótipo, temperatura média e fotoperíodo (IRIARTE; VALETTI, 2008). Outra relevância da cultura quando se pensa na utilização de seu óleo, é a necessidade da produção crescente de bioenergia e biocombustíveis, o que vem alavancando o cultivo da canola no Brasil (BARBOSA et al., 2008), por isso foi realizado o teste de % de óleo para saber se há aumento do rendimento de óleo com a adição de B.



**Figura 3.** Porcentagem de Germinação e Porcentagem de Óleo em função da aplicação de doses de adubação com Boro.

Na Figura 4 observa-se que entre as doses de B e os cultivares não houve diferença significativa para o peso de 1000 grãos. A Hyola 401 teve uma média de 3,32 mg e a Hyola 76 obteve 2,95 mg planta<sup>-1</sup>. Isso pode ser explicado por Souza et al. (2010) onde afirma que estresses térmicos e hídricos para a canola provocam aumento do abortamento de flores, redução da disponibilidade de nutrientes no solo e menor produtividade de grãos, observando que a partir do enchimento dos grãos, a cultura não mais necessita de água.



**Figura 4.** Peso de 1000 grãos em gramas planta<sup>-1</sup> em função da aplicação de doses de adubação com Boro.

Não houve diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) para o efeito de doses e na interação dose x cultivar para os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e para o micronutriente B para o acúmulo destes nutrientes na massa seca da parte aérea. Houve diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) para todos os nutrientes entre os cultivares avaliados, menos para o Mg, descritos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Análise de variância do acúmulo de nutrientes da massa seca da parte aérea da reação de doses de boro na cultura da canola na região Oeste Paulista.

TESTE F ACÚMULO MSPA							
FONTES DE VARIAÇÃO	N	P	K	Ca	Mg	S	B
DOSE	1,347 <sup>ns</sup>	0,801 <sup>ns</sup>	0,872 <sup>ns</sup>	1,049 <sup>ns</sup>	2,647 <sup>ns</sup>	2,070 <sup>ns</sup>	2,055 <sup>ns</sup>
CULTIVAR	7,592 <sup>*</sup>	9,162 <sup>**</sup>	8,347 <sup>**</sup>	6,524 <sup>*</sup>	0,146 <sup>ns</sup>	8,696 <sup>**</sup>	7,423 <sup>*</sup>
DOSE X CULTIVAR	0,652 <sup>ns</sup>	0,734 <sup>ns</sup>	0,558 <sup>ns</sup>	0,299 <sup>ns</sup>	1,344 <sup>ns</sup>	1,196 <sup>ns</sup>	0,958 <sup>ns</sup>
CV %	120,6	89,17	154,18	106,41	107,73	96,30	93,85

Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) para o efeito de doses os macronutrientes P, K, Mg, S e para o micronutriente B para o acúmulo destes nutrientes na massa seca da raiz. Houve diferença significativa pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) os nutrientes N, Ca. Na variação entre cultivares o acúmulo de nutrientes apresentaram significância. Já para a interação entre dose x cultivar somente o acúmulo de Ca foi significativo conforme se pode observar na Tabela 5.

**Tabela 5.** Análise de variância do acúmulo de nutrientes da massa seca da raiz da reação de doses de boro na cultura da canola na região Oeste Paulista.

TESTE F ACÚMULO MSR							
FONTES DE VARIAÇÃO	N	P	K	Ca	Mg	S	B
DOSE	3,832 <sup>*</sup>	1,251 <sup>ns</sup>	1,354 <sup>ns</sup>	6,732 <sup>**</sup>	6,352 <sup>ns</sup>	2,917 <sup>ns</sup>	1,968 <sup>ns</sup>
CULTIVAR	10,536 <sup>**</sup>	20,236 <sup>**</sup>	16,783 <sup>**</sup>	20,607 <sup>**</sup>	7,824 <sup>ns</sup>	11,752 <sup>**</sup>	6,534 <sup>*</sup>
DOSE X CULTIVAR	2,557 <sup>ns</sup>	0,842 <sup>ns</sup>	0,715 <sup>ns</sup>	4,167 <sup>*</sup>	3,616 <sup>ns</sup>	2,094 <sup>ns</sup>	0,536 <sup>ns</sup>
CV %	67,38	69,16	98,44	49,02	47,30	69,15	75,05

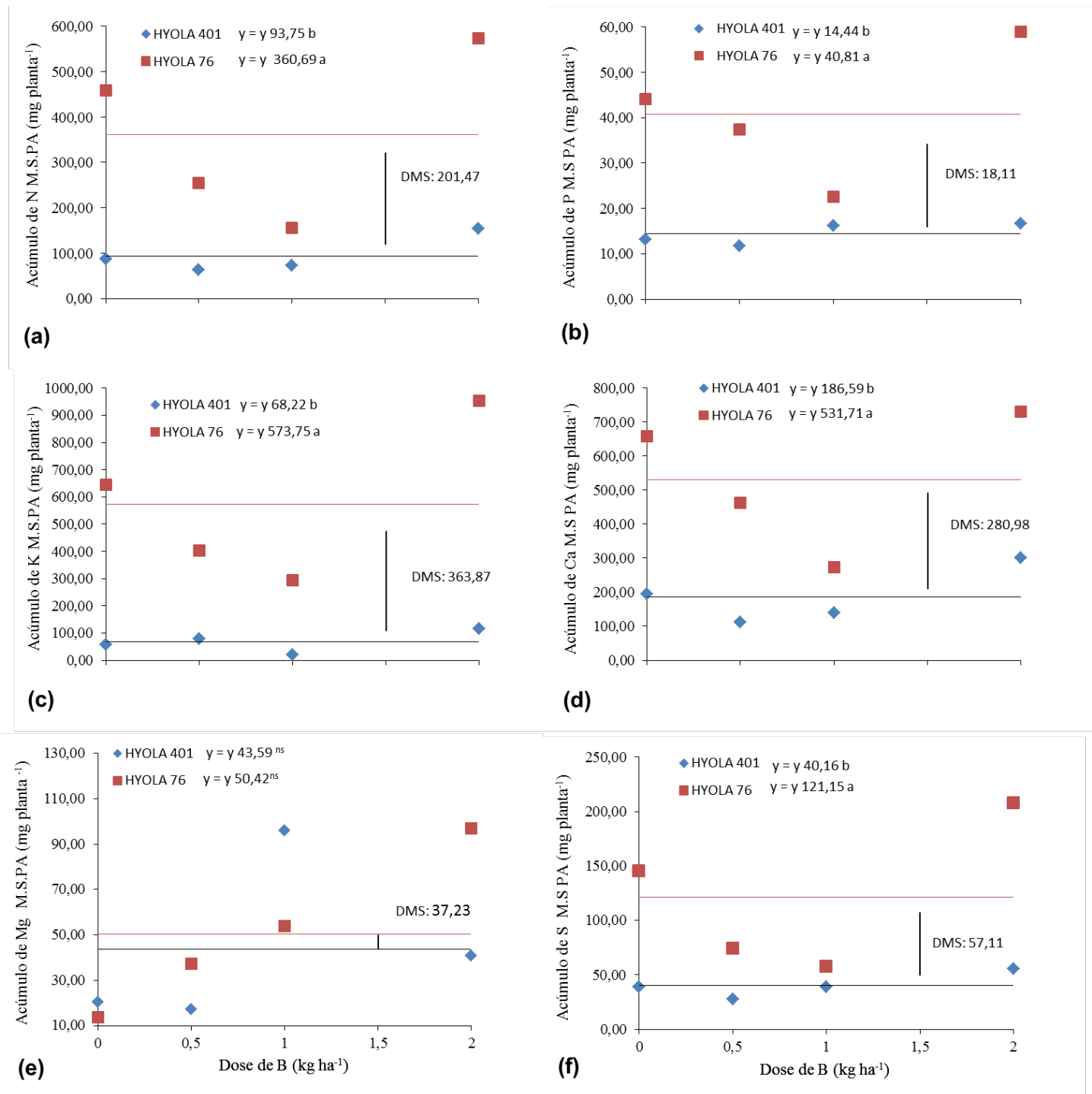
Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Dechen e Nachtigall (2006b) diz que de forma geral, o B solúvel encontra-se nas camadas superficiais dos solos bem drenados, ligados à matéria orgânica do solo (MOS). O B disponível para as plantas encontra-se na solução do solo como ácido bórico, formando complexos com Ca ou ligado a compostos orgânicos solúveis, forma em que o nutriente é absorvido pelas plantas.

Na Figura 5a mostra que o acúmulo de N para a Hyola 76 foi de 360,69 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 93,75 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 5b o acúmulo de

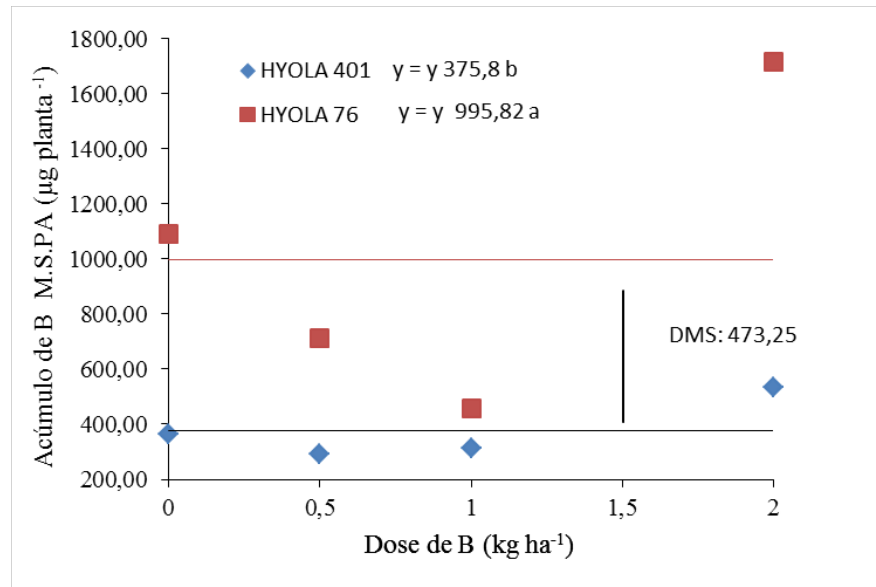
P para a Hyola 76 foi de 40,81 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 14,44 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 5c o acúmulo de K para a Hyola 76 foi de 573,75 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 68,22 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 5d o acúmulo de Ca para a Hyola 76 foi de 531,71 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 186,59 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 5e o acúmulo de Mg para a Hyola 76 foi de 50,42 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 43,59 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 5f o acúmulo de S para a Hyola 76 foi de 121,15 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 40,16 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 6 o acúmulo para o micronutriente B para a Hyola 76 foi de 995,82 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 375,8 mg planta<sup>-1</sup>. Com estes resultados pode-se afirmar que a Hyola 76 pode ter acumulado mais nutrientes na massa seca da parte aérea.

A relação entre Ca e B em a planta é muitas vezes usada para identificar a deficiência de B. A aplicação do Ca e B para quatro cultivares de milho, a produção de matéria seca da parte aérea aumentou significativamente (KANWAL et al., 2008). No entanto, a concentração de B na parte aérea de cultivares de milho foi contrária com aplicação Ca. Uma relação curvilínea foi exposto entre Ca / B na proporção e matéria seca da parte aérea relativa. Neste sentido, o trabalho ainda é garantido em Ca/B utilizando associação para melhoramento de solos deficientes de B (RASHID; RAFIQUE; BUGHIO, 1997).



**Figura 5.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na massa seca da parte aérea em função da aplicação de doses de adubação com Boro.



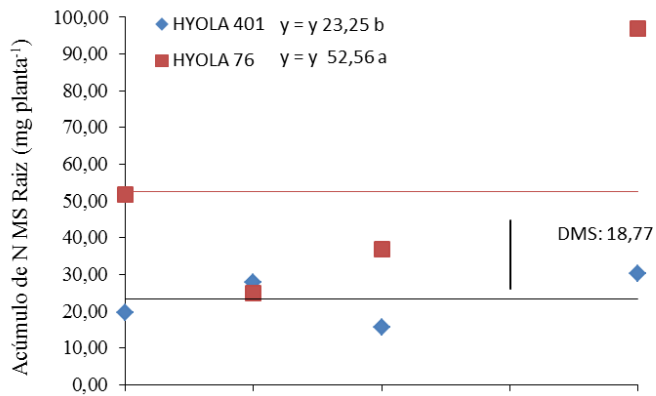


**Figura 6.** Acúmulo de B na massa seca da parte aérea em função da aplicação de doses de adubação com Boro.

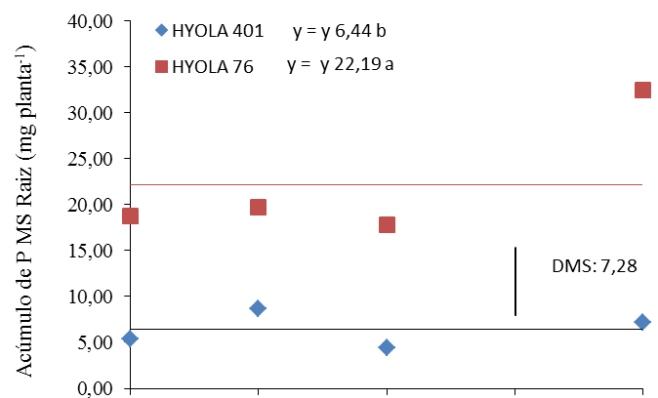
Na Figura 7a mostra que o acúmulo de N para a Hyola 76 foi de 52,56 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 23,25 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 7b o acúmulo de P para a Hyola 76 foi de 22,19 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 6,44 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 7c o acúmulo de K para a Hyola 76 foi de 39,58 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 6,63 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 7d o acúmulo de Ca para a Hyola 76 foi de 51,94 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 22,61 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 7e o acúmulo de Mg para a Hyola 76 foi de 6,00 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 3,72 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 7f o acúmulo de S para a Hyola 76 foi de 12,73 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 5,21 mg planta<sup>-1</sup>. Na Figura 8 o acúmulo para o micronutriente B para a Hyola 76 foi de 208,92 mg planta<sup>-1</sup> e para a Hyola 401 foi de 103,1 mg planta<sup>-1</sup>. Os resultados também mostram nas raízes que o potencial do híbrido Hyola 76 foi superior para o acúmulo de todos os nutrientes analisados.

O B é um nutriente essencial para a formação de tecidos meristemáticos radiculares e caulinares (HU et al., 1997; BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998), ou seja, na falta de B o crescimento e desenvolvimento radicular e caulinar paralisam. O B possui função importante no transporte de açúcares e no metabolismo do carboidrato (DECHEN; NACHTIGALL, 2006b), associado a essas funções, a menor área foliar em plantas deficientes de B promove redução na produção de fotoassimilados. Nesse caso, em deficiência de B, a alocação de C para o sistema radicular também será prejudicada. Isto pode ser uma das causas do

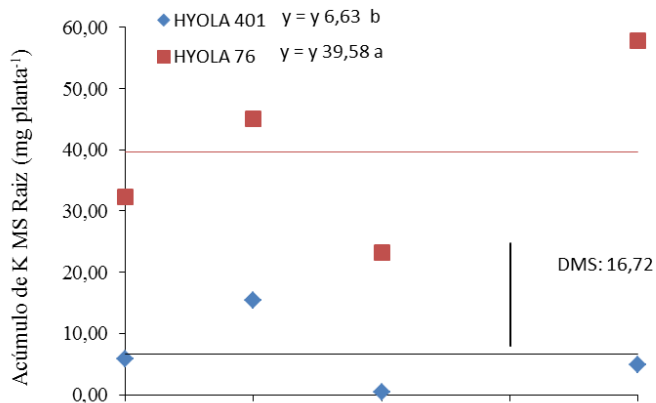
B não surtir efeito e assim não ter diferença no acúmulo nas raízes em relação aos nutrientes, onde as doses aplicadas podem estar em excesso onde isso pode ser tóxico para as plantas ou as doses que foram aplicadas não foram suficientes para o desenvolvimento da cultura da canola.



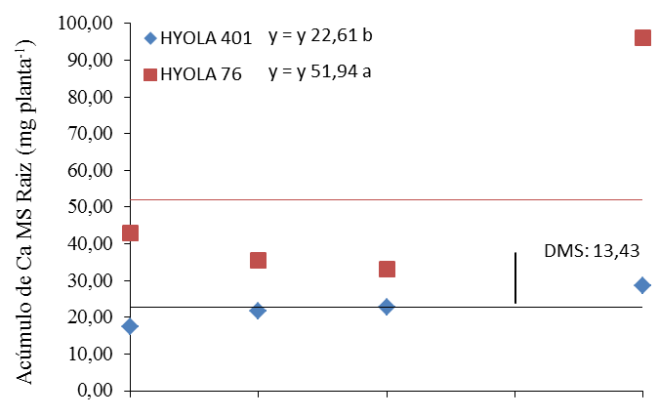
(a)



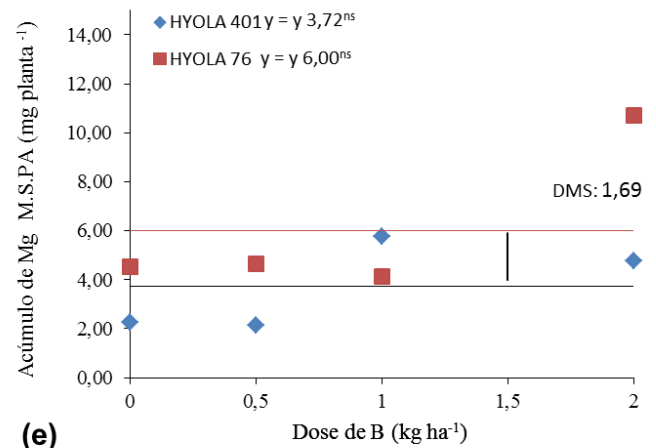
(b)



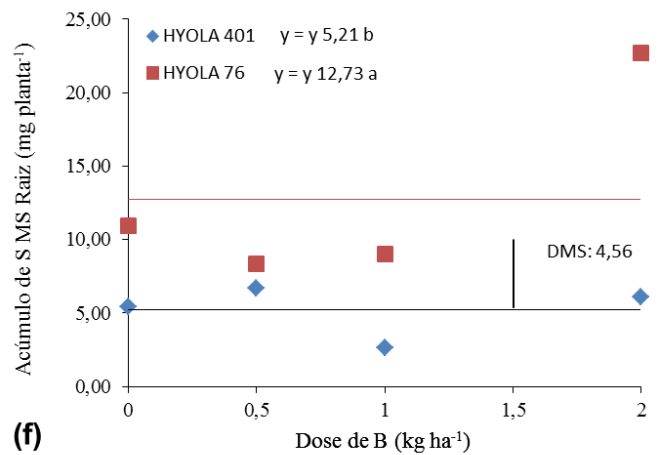
(c)



(d)

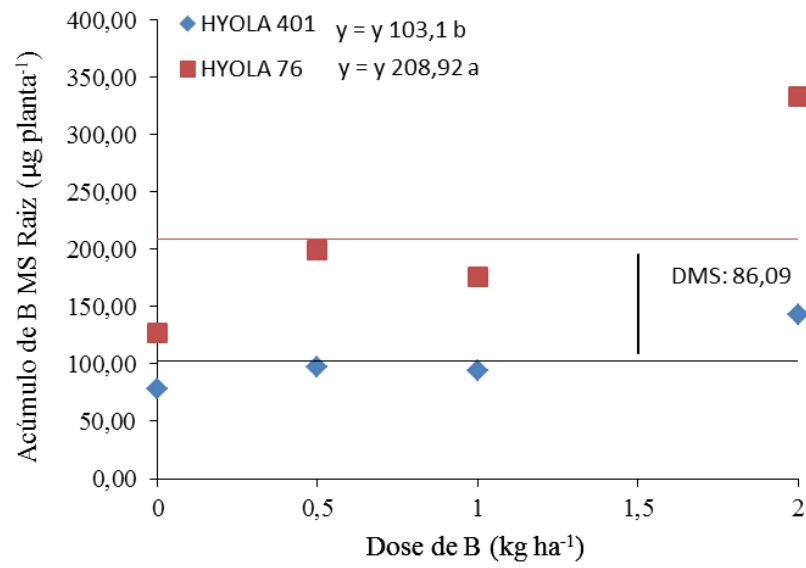


(e)



(f)

**Figura 7.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na massa seca da raiz em função da aplicação de doses de adubação com Boro.



**Figura 8.** Acúmulo de B na massa seca da raiz em função da aplicação de doses de adubação com Boro.

## 5 CONCLUSÕES

1. Os resultados indicaram que a cultura da canola respondeu as doses de B nos parâmetros de massa de grão planta<sup>-1</sup>, massa seca da raiz e na porcentagem de óleo para o cultivar Hyola 76.
2. A Hyola 401 apresentou a maior porcentagem de germinação com 0,5 kg B ha<sup>-1</sup>. Mas a Hyola 76 apresentou maior porcentagem de germinação que a Hyola 401.
3. Nas avaliações entre os cultivares a Hyola 76 teve um melhor desempenho em todos os parâmetros biométricos em relação à Hyola 401.

## REFERÊNCIAS

ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer Verlag, 1986. 533p.

AMBERGER, A. **Pflanzenernährung: Ökologische und phisiologische Grundlagen Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente.** 3. ed. Stuttgart: Eugen Ulmer, 1988. 264p.

BARBOSA, M.Z. et al. Agricultura de alimentos X de energia: impacto nas cotações internacionais. In: **ANÁLISE E INDICADORES DO AGRONEGÓCIO.** São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2008. v.3, n.1. 1p.

BERGMANN, W. The significance of the micronutrient boron in agriculture. In: SYMPOSIUM HELD BY THE BORAX GROUP IN THE INTERNATIONAL TRADE CENTRE OF THE G.D.R. 1984, Berlin. **Anais...** Berlin: Borax Holdings, 1984. p.1-26.

BIÈVRE, P.D.; BARNES, I.L. Table of the isotopic composition of the elements as determined by mass spectrometry. **International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes, Amsterdam**, v.65, p.211-230, 1985.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v.49, p.481-500, 1998.

BOARETTO, R.M. **Boro em laranja:** absorção e mobilidade. 2006. 120p. (Doutorado) - ESALQ, Piracicaba.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BROWN, P.H.; HU, H. Boron uptake by sunflower, squash, and cultured tobacco cells. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.91. p.435-441, 1994.

BROWN, P.H.; HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals Botany**, v.77, p.497-505, 1996.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1-2, p.71-83, jun. 1997.

CAKMAK, I; KURZ, H.; MARSCHNER, H. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.95, n.1, p.11-18, 1995.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. Canola. **Winnipeg**, 1999. 23 p.

COHEN, M.S.; LEPPER, R. Effects of boron on cell elongation and division in squash roots. **Plant Physiology**, v.59, p.884-887, 1977.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento**, Outubro / 2010. Brasília: CONAB, 2010. 44p.

CONAB. **Conjuntura mensal**: oitavo levantamento de safra, Abril / 2013. Disponível em:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_06\\_10\\_16\\_35\\_08\\_canolam aio2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_06_10_16_35_08_canolam aio2013.pdf). Acesso em: 15 out 2013.

DALIPARTHY, J.; BARKER, A.V. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. **J. Plant Nut.** v.17, p.1859-1886, 1994.

DEMBITSKY, V.M., et al. Natural occurrence of boron-containing compounds in plants, algae and microorganisms. **Plant Science**, Amsterdam, v.163, p.931-942, 2002.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Função do Boro na planta e no solo. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006a. 432 p.

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

DIAS, J.C.A. **Canola/colza**: alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e energético. Pelotas: Embrapa-CPATB, 1992. 46p. (Embrapa CPATB. Boletim de Pesquisa; 3)

DUGGER, W.N.M. Boron in plant metabolism. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R.L., eds. **Encyclopedia of plant physiology**, Berlin: Springer-Verlag, 1983. v.15B, cap.2, p.626-650, 1983.

EMATER RS. ASCAR. **Canola**: informações práticas para o cultivo. Porto Alegre: EMATER RS; ASCAR, 2003. 12 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EPSTEIN, E. Flow in the phloem and the immobility of calcium and boron: a new concept in support of an old one. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.29, n.1, p.133-134, 1973.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo: Ceres, 1982. 357p.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. **Boron in soils and plants**: reviews. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p.35-48.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.31, p.273- 307, 1979.

HU, H. et al. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. The mechanism of phloem mobility of boron. **Plant Physiol.**, v.113, p.649-655, 1997.

IRIARTE, L.B.; VALETTI, O.E. **Cultivo de colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 2008. 156 p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Elemento f group III. In: **Trace elements in soil and plants**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 1984. p.127-134.

KANWAL, S. et al. Critical ratio of calcium and boron in maize shoot for optimum growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1535-1542, 2008.

KARAMANOS R.E; GOH T.B.; STONEHOUSE T.A. **Canola response to boron in Canadian prairie soils.**, Canada, 2002.

KOBAYASHI, M.; OHNO, K.; MATOH, T. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells. II. Characterization of the boron-polysaccharide complex roots. **Plant Physiology**, v.59, p.884-887, 1977.

LENOBLE, M.E.; BLEVINS, D.G.; MILES, R.J. Boro extra mantém crescimento radicular sob condições de alumínio tóxicos. **Informações Agronômicas**, n.92, p.3-4, 2000.

LOOMIS, W.D.; DURST, R.W. Chemistry and biology of boron. **BioFactors**, Oxford, v.3, n.4, p.229-239, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Piracicaba: POTAFOS**, 1997.

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

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. p.379-396.

MARTIN, N.B.; NOGUEIRA JUNIOR, S. Canola: uma nova alternativa agrícola de inverno para o centro-sul brasileiro. **Inf. Econ.**, v.23, p.9-24, 1993.

MATOH, T. Boron in plant cell walls. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.59-70, jun. 1997.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. p.621-638.

PERES, et al. Bicomustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, ano 14, n. 1, p.32-41, 2005.



POWER, P.P; WOODS, W.G. The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1/2, p.1-14, jun. 1997.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

RAIJ, B.V., et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RASHID, A.; RAFIQUE, E.; BUGHIO, N. Micronutrient deficiencies in rain-fed calcareous soils of Pakistan. III. Boron nutrition of sorghum. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.28, p.444-454, 1997.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212p.

SANTOS, I.S. et al. Estudo da relação Ca x B na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.8, p.19-23, 1990.

SHARMA, S.R.; KOLTE, S.J. Effect of soil applied NPK fertilizers on severity of black spot disease (*Alternaria brassicae*) and yield of oilseed rape. **Plant Soil**, v.167, p.313- 320, 1994.

SHELP, B.J. et al. Boron mobility in plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.94, p.356-361, 1995.

SHELP, B.J. Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica). **Annals of Botany**, London, v.61, p.83-91, 1988.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990. 165p.

SILVEIRA, E.P. et al. Época de semeadura da colza no sudeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.7, p.1065-1072, 1992.

SIMON, J. Canola seed yield in relation to harvest method. In: JAWORSKI, C.A.; PHAKAK, S.O.; JANICK, J., (eds). **Second national symposium on new crops: exploration, research and commercialization**. Indiana: Marcel Dekker, 1993. p.300-301.

SOUZA, T.A.F. et al. Comportamento fenológico de genótipos de canola no brejo paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. **IAnais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p.1230-1234.

THOMAS, D.L.; BREVE, M.A.; RAYNER, P.L. Influence of timing and method of harvest on rapeseed yield. **Journal of Production Agriculture**, v.4, n.2, p.266-272, 1991.

TOMM, G.O. Alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, v.15, n.94, jul./ago. 2006. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/canola-rev\\_plantio\\_direto2006.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/canola-rev_plantio_direto2006.pdf)>. Acesso em: 28 Mai. 2013.

TOMM, G.O. **Tecnologia para cultivo de canola no sudoeste de Goiás**. [Itumbiara]: Caramuru Alimentos Ltda. 2004. 34 p.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p.

TOMM, G.O. et al. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 118). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do118.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do118.htm)>. Acesso em: 25 Ago. 2013.

TOMM, G.O. **Situação atual e perspectivas da canola no Brasil**. Passo fundo: Embrapa-Trigo, 2000. (Comunicado Técnico; n. 58)

TOMM, G.O. Híbridos de canola Hyola empregados na América do Sul. [s. l.]: Advanta: Pacific Seeds, 2009.

TOMM, G.O. et al. **Efeito de épocas de semeadura sobre o desempenho de genótipos de canola de ciclo precoce e médio, em Maringá, Paraná**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, dez. 2010.

VAN. GOOR, B.J; VAN LUNE, P. Redistribution of potassium, boron, iron, magnesium and calcium in apples trees by an indirect method. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.48, p.21-26, 1980.

WARINGTON, K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. **Annals of Botany**, London, v.37, p.629-672, 1923.

WELCH, R.M. Micronutrient Nutrition of Plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.14, n.1, p.49-82, 1995.

WORLD MAP OF THE KÖPPEN-GEIGER CLIMATE CLASSIFICATION. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification**. 2011. Disponível em: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>> Acesso em: 02 Nov. 2011.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agrônomicas**, n.90, Jun 2000.

ZIMMERMANN, M.H. Transport in the phloem. **Annual Review of Plant Physiology**, California, v.11, p.167-190, 1960.

ZIMMERMANN, J. Cultivo da Canola como alternativa da safrinha no Distrito Federal. **Boletim Técnico UPSI**. 2005. Disponível em: <[http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia/projeto\\_empresarial/Juliana%20Boleti%20T%E9cnico.pdf](http://www.upis.br/pesquisas/pdf/agronomia/projeto_empresarial/Juliana%20Boleti%20T%E9cnico.pdf)> Acesso em: 15 Jan. 2012.

## ANEXOS

### ANEXO A – Teores de Análise de Tecido Vegetal da Parte Área das Plantas de Canola.

TEORES MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTE PARTE AÉREA								
CULTIVARES	DOSES kg ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	B
				( g kg <sup>-1</sup> )			(mg kg <sup>-1</sup> )	
HYOLA 401	0,0	5,73	0,94	3,90	10,23	1,28	2,28	26,63
	0,5	4,70	0,97	5,90	7,90	1,05	2,05	23,25
	1,0	4,70	1,15	1,30	9,80	1,05	2,70	24,00
	2,0	6,58	0,95	5,73	11,73	1,53	2,55	24,63
HYOLA 76	0,0	10,73	1,56	13,68	16,13	2,35	3,53	27,88
	0,5	11,40	1,70	18,53	20,28	2,45	3,48	32,25
	1,0	8,50	1,30	16,63	14,00	2,13	3,03	25,50
	2,0	8,03	0,89	11,58	9,53	1,30	3,05	29,00

### ANEXO B – Teores de Análise de Tecido Vegetal da Raiz das Plantas de Canola.

TEORES MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTE RAIZ								
CULTIVARES	DOSES kg ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	B
				( g kg <sup>-1</sup> )			(mg kg <sup>-1</sup> )	
HYOLA 401	0,0	4,65	1,31	1,30	4,28	0,55	1,35	20,50
	0,5	5,20	1,66	2,83	4,25	0,83	1,28	17,25
	1,0	4,00	1,32	0,10	5,88	0,58	0,73	26,25
	2,0	5,28	1,69	1,18	4,75	0,85	1,18	27,00
HYOLA 76	0,0	5,90	2,54	3,50	5,28	0,73	1,35	14,13
	0,5	4,90	3,24	6,88	6,63	0,70	1,45	39,25
	1,0	6,43	3,09	4,13	5,35	0,83	1,55	32,75
	2,0	5,93	2,12	3,70	6,48	0,70	1,43	20,00