

UNIVERSIDADE BRASIL
CURSO DE AGRONOMIA

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE BORO NA PRODUTIVIDADE DE
BETERRABA**

EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF BORON IN BEET PRODUCTIVITY

FABRICIO HENRIQUE LUIZ BRANDÃO

DESCALVADO

2016

FABRICIO HENRIQUE LUIZ BRANDÃO

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE BORO NA PRODUTIVIDADE DE
BETERRABA**

Orientador: Prof. Dr. LUÍZ CARLOS PIZETTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como parte das exigências da grade curricular do curso de graduação em Agronomia da UNIVERSIDADE BRASIL – Campus Descalvado – SP.

DESCALVADO

2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, e meus amigos, pela dedicação, atenção e por sempre estarem sempre ao meu lado, me incentivando a todos os momentos da minha vida.

Fabricio

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pela oportunidade de concluir este trabalho com muita dedicação e simplicidade.

A minha família, por sempre estarem presentes ao meu lado, mesmo em momentos difíceis sempre buscou me motivar a seguir em frente.

Em especial a querida Maria Aparecida Dagnesi, por ceder o espaço para condução do experimento e por toda motivação e ajuda a mim concedido no decorrer dessa etapa de minha vida.

Em especial ao meu amigo e colega de classe, Jose Carlos Tadeu por te me auxiliado em todo momento no decorrer do nosso estudo e também na condução deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luíz Carlos Pizetta, pelo empenho, dinamismo, perseverança, na realização e conclusão deste trabalho com muita competência e otimismo, sempre me encorajando e trazendo mais próximo a intenção da realização deste trabalho.

Ao coordenador, Prof. Dr. Fábio Mazzonetto, pelo companheirismo e respeito e por estar sempre a disposição a solucionar as dúvidas surgidas no decorrer do curso.

A todos os professores do curso de Agronomia, pelo empenho, carinho, dedicação e profissionalismo no meu aprendizado.

A todos os funcionários da Universidade Brasil, que direta ou indiretamente me ajudaram nesta etapa da minha vida.

Se Deus disse que eu posso, então eu posso!
Irei e não temerei mal algum.

Filipenses 4:13

“Deus nunca disse que a jornada seria fácil,
mais ele disse que a chegada valeria a pena”

Max Lucado

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Importância da cultura da beterraba.....	3
3.2. Cultivares.....	5
3.3. Importância do boro.....	6
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1. Delineamento Experimental e Plantio.....	10
4.2. Análises Estatísticas.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
6. CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de elementos contida em 100 gramas da parte comestível da beterraba hortícola.....	4
Tabela 2. Principais híbridos de beterraba no mercado e suas características...	5
Tabela 3. Equação de regressão e coeficientes de determinação (R^2), sem efeito significativo das doses de boro aplicadas na cultura da beterraba para as variáveis peso e circunferência.....	15
Tabela 4. Valores médios e resumo estatístico de produtividade em peso e circunferência do tubérculo de acordo com as doses de Boro aplicadas na cultura da Beterraba.....	15

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Preparo do solo.....	9
Figura 2. Preparo do solo.....	10
Figura 3. Preparo dos blocos.....	11
Figura 4. Preparo dos blocos.....	11
Figura 5. Bandeja de mudas de beterraba.....	12
Figura 6. Transplante de beterraba.....	12
Figura 7. Mudas com 50 dias após Transplante.....	13
Figura 8. Mudas com 60 dias após Transplante.....	13
Figura 9. Mudas com 70 dias após o Transplante.....	14
Figura 10. Peso da beterraba, em função das doses de boro.....	16
Figura 11. Circunferência da beterraba em função das doses de boro.....	16

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE BORO NA PRODUTIVIDADE DE BETERRABA

RESUMO

O experimento foi conduzido em campo em Latossolo Vermelho escuro (argiloso), situado na Chácara Paraíso, no Município de São Carlos – SP, com teor médio de boro no solo ($0,27 \text{ mg.dm}^{-3}$). O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso com 5 tratamentos (0; 2; 4; 6 e 8 kg ha^{-1} de boro), na forma de ácido bórico e 5 repetições. A adubação orgânica (30 t ha^{-1}) e a química: $20 - 70 - 40 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente e o boro conforme o tratamento e foram realizadas na superfície do canteiro e incorporadas com enxada. O plantio foi realizado no espaçamento de 0,10 m entre plantas e 0,25 m entre linhas e a variedade da beterraba foi a Early Wonder. As irrigações e capinas foram feitas conforme a necessidade. A colheita foi realizada com 90 dias após o transplante. As variáveis analisadas foram peso em kg ha^{-1} e circunferência em cm do tubérculo. A análise de variância da regressão para as variáveis testadas não evidenciou efeito significativo do boro na cultura da beterraba. A dose de 6 kg ha^{-1} de boro no solo propiciou o maior rendimento de beterraba com $69462,50 \text{ kg ha}^{-1}$ de tubérculo com circunferência média do tubérculo de 20,79, porém não significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não-significativo pelo teste F.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*, adubação, tubérculo.

EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF BORON IN BEET PRODUCTIVITY

ABSTRACT

The experiment was conducted in the field of Dark Red Latosol (clayey), located in Chácara Paraiso, in the Municipality of São Carlos - SP, with average boron content in the soil (0.27 mg.dm^{-3}). The statistical design was a randomized block design with 5 treatments (0, 2, 4, 6 and 8 kg ha^{-1} of boron) as boric acid and 5 replicates. The organic fertilization (30 t ha^{-1}) and the chemical: $20\text{-}70\text{-}40 \text{ kg ha}^{-1}$ of N, P_2O_5 and K_2O respectively and boron according to the treatment were carried out on the surface of the plot and incorporated with a hoe. Planting was performed at 0.10 m spacing between plants and 0.25 m between rows and the beet variety was Early Wonder. Irrigations and weeding were done as needed. Harvesting was performed 90 days after transplantation. The variables analyzed were weight in kg ha^{-1} and circumference in cm of the tuber. The analysis of variance of the regression for the variables tested did not show a significant effect of boron in the beet crop. The dose of 6 kg ha^{-1} of boron in the soil provided the highest yield of beet with $69462.50 \text{ kg ha}^{-1}$ of tuber with mean tuber circumference of 20.79, but not significant at 1 and 5% probability, and Non-significant by the F test.

Keywords: Beta vulgaris, fertilization, tubercle.

1. INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris L.*) é uma planta de raiz tuberosa originária da Europa pertencente à família *Chenopodiaceae*, com elevado valor nutricional e que destaca entre as hortaliças pelo elevado conteúdo em vitaminas do complexo B e alguns minerais como o potássio, o sódio, o ferro, o cobre e o zinco (FERREIRA e TIVELLI, 1990). A beterraba é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, com diversos biótipos, sendo três deles de significativa importância econômica. Estes biótipos são: a beterraba açucareira, forrageira e hortícola. Na beterraba açucareira, as raízes possuem altos teores de sacarose, sendo utilizadas para a extração de açúcar. Na beterraba forrageira, as raízes e folhas são empregadas na alimentação animal. Por sua vez, a beterraba hortícola, também conhecida como beterraba vermelha ou beterraba de mesa, é o biótipo cultivado no Brasil. As raízes e as folhas são utilizadas na alimentação humana (TIVELLI et al, 2011).

A beterraba, assim como, a couve-flor, nabo e aipo são espécies altamente sensíveis à deficiência de boro (MARTENS e WESTERMANN, 1991). Segundo Halbrooks e Peterson (1986), o escurecimento e tecidos internos das raízes de beterraba necrosadas, denominadas de coração negro, têm relação com a deficiência de boro.

Nas espécies de plantas onde o boro é imóvel, os sintomas de deficiência ocorrem nos tecidos de crescimento, e os de toxicidade, no ápice e margens das folhas mais velhas (DORDAS et al., 2001). De acordo com Dell e Huang (1997) a deficiência de boro inibe o alargamento da célula da raiz, causa o desenvolvimento anormal das células do xilema e floema e inibição da expansão das folhas afetando indiretamente a capacidade fotossintética das plantas.

Para Malavolta (1974), quando se estudam as características relacionadas com a nutrição de hortaliças, deve-se observar que devido ao ciclo curto, essas culturas estão muito sujeitas a distúrbios nutricionais, devido seu rápido crescimento, intensa produção, alta necessidade de nutrientes e a possível lixiviação de nutrientes no solo. Segundo Haag e Minami (1987), trabalhando com a cultivar Early Wonder, verificaram aumentos na massa seca da parte aérea e raízes até o final do ciclo da cultura (80 dias), e observaram que a extração de nutrientes foi contínua dos 40 dias até a colheita, acentuando-se aos 60 dias após a semeadura. A

quantidade total extraída de macronutrientes para uma população de 330.000 plantas ha^{-1} foi de: 30; 8; 75; 2 e 4 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Também com a cultivar Early Wonder, Grangeiro et al. (2007) verificaram em uma população de 333.000 plantas ha^{-1} e produtividade de 30 t ha^{-1} , que os nutrientes fósforo e potássio acumularam-se preferencialmente nas raízes, enquanto nitrogênio, cálcio e magnésio na parte vegetativa, sendo que a ordem decrescente dos nutrientes acumulados pela planta foi: $\text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{P}$. Nas raízes, as quantidades totais de N, P, K, Ca e Mg exportadas foram respectivamente de 88; 6,1; 93,2; 12,1 e 16,8 kg ha^{-1} . Já Sedyama et al. (2011), ao avaliarem também a cultivar Early Wonder, verificaram que para uma população de 400.000 plantas ha^{-1} e produtividade média de 34,22 t ha^{-1} , as quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S exportadas pelas raízes foram 140; 24; 180; 8; 17 e 5 kg ha^{-1} .

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos:

- a) Avaliar o efeito da adubação com boro na circunferência e no peso da beterraba.
- b) Determinar as curvas de resposta da beterraba à adubação com o boro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importâncias da cultura da beterraba

Beterraba (*Beta vulgaris* L.) pertence à família *Chenopodiaceae*. Essa hortaliça têm como centro de origem a Europa e o norte da África, regiões de clima temperado (TIVELLI et al, 2011).

A raiz da beterraba é rica em açúcares, destacando-se como uma das hortaliças mais ricas em boro e ferro, tanto na raiz quanto nas folhas (TIVELLI, 1998). Sendo a cultura muito exigente em boro, tendo uma alta resposta na adubação com esse micronutriente.

A imigração europeia e asiática no Brasil trouxe o crescimento do cultivo de beterraba de mesa. Na década passada, o aumento da demanda pela beterraba ficou evidente com a sua crescente utilização em alimentos industrializados, principalmente alimentos infantis, além do próprio consumo in natura (SOUZA et al., 2003).

A beterraba apresenta cor típica vermelho-arroxeadada devido à presença de betalainas estes pigmentos, além de fornecerem cor à beterraba, são importantes substâncias antioxidantes para a dieta humana (KANNER et al., 2001). De acordo com Tivelli, 2011 a beterraba contém na parte aérea e nas raízes, elementos que lhe proporcionam excelente valor nutritivo. A parte aérea, constituída das folhas e dos talos, é mais rica em ferro, sódio, potássio, vitamina A e do Complexo B, em níveis significativamente maiores aos das raízes representado na Tabela 1, o que revela a importância de seu aproveitamento na alimentação humana.

De acordo com Souza et al., (2005) o solo ideal para o cultivo dessa hortaliça é o de textura média, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes.

Em um diagnóstico da produção de hortaliças no estado de São Paulo constatou-se que a área cultivada com beterraba em 2013 foi de 7.148 ha⁻¹ com 39 t ha⁻¹ (IEA, 2015).

Tabela 1. Quantidade de elementos contida em 100 gramas da parte comestível da beterraba hortícola

Componente	Parte aérea	Raiz
Água (%)	90,9	87,3
Valor energético (cal)	24	43
Proteínas (g)	2,2	1,6
Lipídios (g)	0,3	0,1
Carboidratos totais (g)	4,6	9,9
Fibras (g)	1,3	0,8
Cálcio (mg)	119	16
Cinzas (g)	2	1,1
Fósforo (mg)	40	33
Ferro (mg)	3,3	0,7
Sódio (mg)	130	60
Potássio (mg)	570	335
Vitamina A (U.I.)	6100	20
Tiamina (mg)	0,1	0,03
Riboflavina (mg)	0,22	0,05
Niacina (mg)	0,4	0,4
Ácido ascórbico (mg)	30	10

Fonte: Trani et al., 1993.

Segundo o Censo Agropecuário (2009) no Brasil foram produzidos cerca de 177.154 toneladas de beterraba. Sendo que os principais estados produtores são: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia, onde movimentam cerca de 256,5 milhões de reais por ano (TIVELLI et al., 2011). De acordo com Lupa (Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo) de 2007/2008, 1230 estabelecimentos agrícolas que cultivam um total de 2784 hectares com beterraba só no estado de São Paulo (TIVELLI et al., 2011). Segundo a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo), a qual mantém a maior rede pública de armazéns de São Paulo e se destaca no comércio atacadista e varejista de hortifrúti, durante o período de 2001 a

2010 houve um aumento de 7% da quantidade comercializada de beterraba, variando de 27,5 mil toneladas em 2001 para 29,6 mil toneladas em 2010. Contudo, neste período o maior crescimento na comercialização ocorreu em 2008 com quantidade ao redor de 31,5 mil toneladas de beterraba, a qual foi 14% maior ao obtido em 2001 (CEAGESP, 2010).

3.2. Cultivares

Existem poucas cultivares de beterraba desenvolvida no Brasil devido à exigência de luz desta cultura para passar da fase vegetativa para a reprodutiva. Portanto, os cultivares que temos atualmente são de origem norte-americana ou europeia, com raiz tuberosa com formato globular e constituem o grupo denominado Wonder de todos cultivares, três deles são de máxima importância econômica. Estes cultivares são a beterraba açucareira, forrageira e hortícola (TIVELLI et al., 2011). Cada cultivar tem características próprias quanto ao formato das raízes, resistência às doenças e, principalmente, quanto à época de plantio. Essa última característica permite que se produza beterraba durante o ano todo na mesma região, desde que se plante a cultivar apropriada às condições de clima predominantes em cada época (Tabela 2).

Tabela 2. Principais híbridos de beterraba no mercado e suas características.

Cultivar	Formato das raízes	Ciclo (dias)	Coloração	Resistência(R) ou Tolerância (T) a doenças	Clima mais favorável para cultivo
Tall Topo Early AGF	Globular	70 – 80	Vermelho intenso	–	Ano todo
Itapuã	Globular	60 –70	Vermelho intenso	T – cercospora	Ano todo
Stays	Globular	100 –105	Vermelho intenso	T – cercospora	Ano todo
Green Topo Bunching	Redonda	100 –105	Vermelho intenso	R – queima das folhas R – nematoides	Ano todo
Tall Top Early Wonder	Globular	60 –70	Vermelho intenso	–	Ano todo
Fortuna	Globular	80	Vermelho intenso	–	Ano todo

Fonte: SEBRAE setor de horticultura

3.3. Importâncias do Boro

Boro é um elemento que possui átomo pequeno com apenas três valências, pertence ao grupo de semicondutores de elementos tendo propriedades intermediárias entre os não-metals e metais, sendo que, depois do carbono poderia ser mais complexo do que qualquer elemento (POWER e WOODS,1997). Apesar de sua baixa abundância natural, o boro é amplamente distribuído tanto na litosfera quanto na hidrosfera. Normalmente, só o boro solúvel está disponível para as plantas, aproximadamente 10% do total de boro no solo (BONILLA e BOLAÑOS, 2004). O boro é amplamente distribuído pela crosta terrestre sendo em basaltos a partir de 5 mg kg⁻¹, em xistos 100 mg kg⁻¹ e no oceano aproximadamente 4,5 mg L⁻¹ (SHORROCKS,1997).

De acordo com Nielsen (1997), o boro, além de ser nutriente de plantas, é essencial para o homem e atua no metabolismo de nutrientes e de substratos energéticos, no funcionamento do cérebro e na performance psicomotora e cognitiva. A ingestão diária de boro por uma pessoa adulta deve ser de 1 a 13 mg e as suas principais fontes são as frutas, os grãos de leguminosas e as hortaliças. Entre as hortaliças ricas em boro estão o rabanete, a beterraba, a cenoura e as brássicas.

O limite entre deficiência e toxicidade de boro nas plantas é estreito e ele pode ser extremamente tóxico para algumas espécies em concentrações pouco acima da considerada ótima (GUPTA, 1983).

A deficiência de boro é acompanhada pela produção de calose, obstruindo os tubos crivados, com consequentes efeitos adversos no transporte da seiva elaborada (MALAVOLTA et al., 1997). Sintomas de carência tais como menor germinação do grão de pólen e diminuição no crescimento do tubo polínico, frutos e folhas menores e deformadas, entre outros, mostram o importante papel do boro na vida das plantas. A deficiência de boro ocasiona uma série de sintomas anatômicos incluindo a inibição do crescimento em extensão e crescimento apical, necrose dos brotos terminais, rachamento e quebra de caules e pecíolos, abortamento dos botões florais e queda dos frutos (GOLDBACH, 1997).

O excesso de boro pode provocar toxidez e ocorrer o amarelecimento na ponta das folhas velhas, seguida por uma clorose malhada, progredindo para

manchas necróticas tanto nas pontas como nas margens das folhas, posteriormente e por final morte e queda das folhas (MALAVOLTA, 2006).

A nutrição mineral é um dos fatores que contribuem para a produtividade e qualidade do produto comercial, dessa forma os nutrientes devem ser aplicados de acordo com as exigências da cultura, nas quantidades e épocas corretas. Uma das ferramentas utilizadas no balanceamento das adubações é a marcha de absorção de nutrientes, expressa sob a forma de curvas em função da idade da planta (NUNES et al., 1981).

De acordo com Goldberg (1997), a absorção de boro pelas plantas depende somente da sua atividade (concentração) 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 e com a diminuição da umidade do solo (GOLDBERG 1997).

Os principais fatores que interferem na disponibilidade do boro presente no solo para as plantas seriam: o pH da solução do solo (com o aumento do valor do pH da solução do solo, menor é a disponibilidade do boro para as plantas), a textura do solo (quanto mais arenoso o solo, menor é a disponibilidade do nutriente), a umidade do solo (a disponibilidade de boro geralmente diminui com a redução da umidade do solo), a temperatura (ocorre aumento na adsorção de boro com o aumento da temperatura, entretanto, isso pode ser devido à interação entre o efeito da temperatura com a umidade do solo), a matéria orgânica (quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior é a disponibilidade de boro para as plantas).

O boro é absorvido da solução do solo pelas raízes, principalmente como H_3BO_3 , não dissociado, atuando em resposta à concentração externa de H_3BO_3 , à permeabilidade da membrana, à formação de complexos internos e à taxa de transpiração (HU e BROWN, 1997).

A toxidez de Al^{3+} pode ser minimizada pelo efeito do boro nas enzimas relacionadas ao metabolismo da Glutathione (GSH) que é considerado mecanismo importante das plantas em aliviar estresse do ambiente (RUIZ et al 2006).

A incorporação de fontes de boro em fertilizantes NPK é frequentemente praticada. Em trabalho realizado por Mortvedt (1968), a disponibilidade de boro incorporado não foi afetada pelo método de incorporação, aparentemente porque os

compostos de boro não reagem quimicamente com a maioria dos fertilizantes NPK. Em geral, o boro encontra-se nas camadas superficiais dos solos bem drenados, ligado à matéria orgânica, sendo esta a mais importante fonte deste nutriente para as plantas, da qual é liberado para a solução do solo (MALAVOLTA, 2006). Está comprovado que as plantas, em estado inicial de crescimento, absorvem o boro com maior intensidade do que plantas adultas, sendo pequena a mobilidade de redistribuição dos tecidos velhos para jovens e cujas concentrações nas mesmas variam de 10 mg kg^{-1} a 50 mg kg^{-1} de matéria seca, sendo as concentrações de 30 mg kg^{-1} a 50 mg kg^{-1} tidas como adequadas para um crescimento normal das plantas superiores, em geral, enquanto plantas deficientes apresentam concentrações foliares menores que 15 mg kg^{-1} de boro (DECHEN e NACHTIGALL 2007).

De acordo com Cruz et al. (1987), os solos em regiões tropicais são mais ricos em sesquióxidos de ferro, de alumínio e caulinita, a qual apresenta uma lâmina de alumínio exposta. Assim esses minerais poderiam ser os principais responsáveis pela porcentagem de retenção de boro nesses solos, pois a adsorção é dependente de pH e a faixa de reação alcalina continua como a mais favorável.

A aplicação de fertilizantes que contêm boro deve ser aplicada com muita cautela, pois a adubação no plantio poderá não ser suficiente para atender a demanda durante todo seu ciclo de crescimento da planta, sendo assim a faixa de toxicidade e deficiência de boro é menor quando comparada a outros nutrientes (EPSTEIN, 1975).

De acordo com Abreu et al. (1997), a análise de solo passou a ser usada para orientar a adubação com boro para as culturas no Estado de São Paulo, tal procedimento emprega a solução BaCl_2 $1,25 \text{ g. L}^{-1}$ com aquecimento da suspensão em forno de microondas e quando se usa esse procedimento, as classes de interpretação de teores são: de $0,0$ a $0,20 \text{ mg.dm}^{-3}$, teores baixos; de $0,21$ a $0,60 \text{ mg.dm}^{-3}$, teores médios; e maior que $0,60 \text{ mg.dm}^{-3}$, teores altos.

Devido à grande desuniformidade dos solos brasileiros, devem-se levar em conta os resultados de pesquisa regionais, para ocorrer em uma adequada recomendação de acordo com as exigências nutricionais da cultura.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em campo em um Latossolo Vermelho escuro (argiloso) situado no Município de São Carlos, SP, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 22° 01' 04" S, e Longitude 47° 53' 27" W, e altitude média de 856 m. O clima é tropical de altitude com inverno seco (Köppen: Cwa), com temperatura média mínima de 15,3°C e máxima de 27,0°C.

Para a caracterização química do solo foi coletada amostras de solo na profundidade de 0 a 0,20 m, resultante da mistura de 20 amostras simples, sendo que os resultados foram: pH = 5,6 CaCl₂; M.O. = 38 g.dm⁻³; P resina = 330 mg.dm⁻³; S = 33 mg.dm⁻³; Ca = 41 mmol_c.dm⁻³; Mg = 11 mmol_c.dm⁻³; K⁺ = 5,0 mmol_c.dm⁻³; H+Al = 36 mmol_c.dm⁻³; Al = 0,4 mmol_c.dm⁻³; SB = 56,4 mmol_c.dm⁻³; CTC = 92,4 mmol_c.dm⁻³; V = 61%; B = 0,27 mg.dm⁻³; Cu = 11,4 mg.dm⁻³; Fe = 27 mg.dm⁻³; Mn = 6,3 mg.dm⁻³; Zn = 8,7 mg.dm⁻³.

O preparo do solo foi feito com aplicação de herbicida (glifosato) na dose de 2,5 L. ha⁻¹ no dia 07 de abril de 2014 e 15 dias após foi realizada a limpeza da área (Figuras 1 e 2).

Em 25 de abril foi feita a calagem com calcário agrícola (PRNT 85%) (1,00 t.ha⁻¹) em área total e incorporado a 0-20 cm de profundidade, para elevar o V a 70% (TRANI et al 1997). A aguardou-se um período de 35 dias para efetuar o preparo dos blocos e parcelas.



Figura 1. Preparo do solo.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 2. Preparo do solo.
Fonte: Arquivo pessoal

4.1. Delineamento experimental e plantio

O delineamento estatístico foi de blocos ao acaso (DBC), associando a testemunha, 4 doses de boro com 5 repetições, sendo cada parcela constituída de 1 m de comprimento por 1 m de largura, com espaçamento de 0,10 m entre plantas e 0,25 m entre linhas, totalizando 25 parcelas. Os tratamentos foram: T1 – testemunha, sem aplicação de boro; T2 aplicação de 2 kg ha⁻¹ de boro; T3 aplicação de 4 kg ha⁻¹ de boro; T4 aplicação de 6 kg ha⁻¹ de boro e T5 aplicação de 8 kg ha⁻¹ de boro. No dia 20 de maio de 2014 foi feito o levantamento dos blocos e aplicação do adubo orgânico 30 t.ha⁻¹ e mineral 500 kg.ha⁻¹ do adubo NPK 4 -14 - 8 de acordo com a análise do solo (Figuras 3 e 4).



Figura 3. Preparo dos blocos.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 4. Preparo dos blocos.
Fonte: Arquivo pessoal

A aplicação do boro foi realizada 7 dias antes o transplante das mudas, sendo utilizado como fonte de boro o ácido bórico (17% boro), sendo aplicado com um regador e incorporado ao solo com auxílio de uma enxada

A semeadura foi realizada no dia 30 de abril de 2015 em bandeja com substrato no total de 4 bandejas com 200 cédulas (Figura 5), a variedade de beterraba utilizada no experimento foi a Early Wonder, o transplante das mudas ocorreu no dia 27 de maio de 2014 (Figura 6).



Figura 5. Bandeja com mudas de beterraba.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 6. Transplante de beterraba.
Fonte: Arquivo pessoal

Foi realizada a cobertura de 500 kg.ha^{-1} do adubo NPK 10 – 10 – 10 sendo parceladas em 15, 30 e 50 dias após o transplante das mudas. Durante a condução do experimento foram feitos irrigações, capinas e pulverizações conforme a necessidade.

O acompanhamento do desenvolvimento da cultura aos 50, 60 e 70 dias representado nas Figuras 7,8 e 9.



Figura 7. Mudanças com 50 dias após transplante
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 8. Mudanças com 60 dias após transplante. .
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 9. Mudanças com 70 dias após o transplante.
Fonte: Arquivo pessoal

4.2. Análise Estatística

A colheita foi realizada com 90 dias após o plantio. As variáveis analisadas foram pesos das beterrabas, sendo estes expressos $t\ ha^{-1}$, e circunferência, em cm do tubérculo.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA, 2014).

Na análise de correlação e construção de gráficos, utilizou-se o software Microsoft Excel 2010.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da regressão para as variáveis testadas não evidenciou efeito significativo do boro na cultura da beterraba, a equação e o respectivo valor de R-quadrado são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Equação de regressão e coeficientes de determinação (R^2), sem efeito significativo das doses de Boro aplicadas na cultura da Beterraba para as variáveis peso e circunferência.

Variável	Equação de regressão	Coefficiente de determinação
Peso	$y=682,29x+58818$	$R^2 = 0,1914$
Circunferência	$y=0,0575x+19,742$	$R^2 = 0,1341$

Na análise da variável produtividade do peso, observa-se que com 6 kg ha^{-1} de boro aplicado no solo a produtividade da beterraba atingiu $69462,50 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo 15,72% superior a testemunha que produziu $60025,00 \text{ kg ha}^{-1}$, Pizetta et al. (2010), obteve com dose de $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro no solo um rendimento de beterraba, $24.648,1 \text{ kg ha}^{-1}$. Caramuri (2015) observou que na ausência de boro resultou em produtividade $24194,21 \text{ kg ha}^{-1}$.

Com dose de 4 kg ha^{-1} a produtividade da beterraba foi de 6,53% inferior a da testemunha e com 8 kg ha^{-1} de boro, a produtividade foi de $62125,00 \text{ kg ha}^{-1}$, ou seja, 3,50% superior a testemunha e 10,56% inferior a produção com a aplicação de 6 kg ha^{-1} de boro (Tabela 4) comportamento este apresentado na Figura 10.

Tabela 4. Valores médios e resumo estatístico de produtividade em peso e circunferência do tubérculo de acordo com as doses de Boro aplicadas na cultura da Beterraba.

Boro (Kg ha^{-1})	Produtividade (kg ha^{-1})	Circunferência (cm)
0	60025,00	19,50
2	60016,67	19,50
4	56104,17	19,92
6	69462,50	20,79
8	62125,00	19,67
CV%	13,78	6,07
Regressão Linear	1,30 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Regressão Quadrática	0,03 ^{ns}	1,26 ^{ns}

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

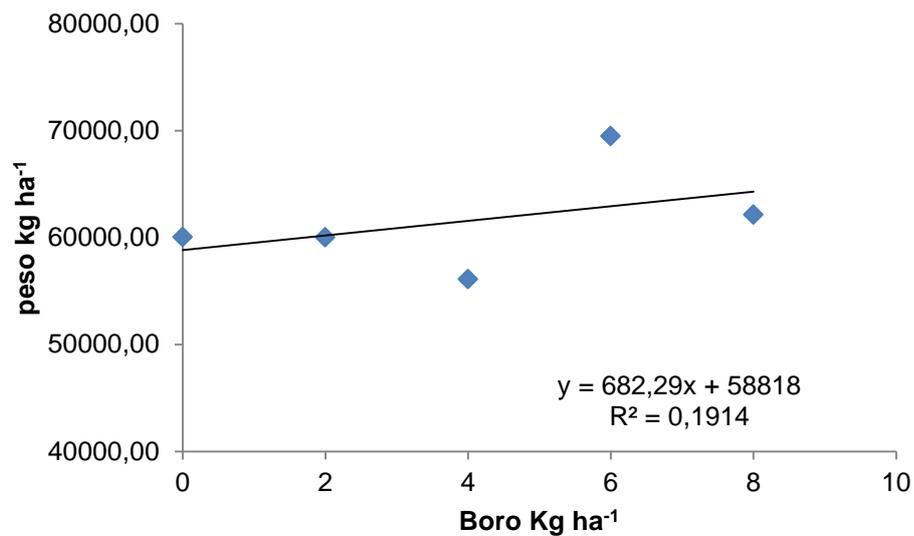


Figura 10. Peso da beterraba, em função das doses de boro.

Para a circunferência do tubérculo da beterraba, as doses 2, 4 e 8 kg ha⁻¹ de boro influenciaram um baixo aumento em relação a testemunha. Com dose de 6 kg ha⁻¹ de boro, obteve uma circunferência média de 20,79 cm sendo 6,61% superior à circunferência da testemunha com 19,50 cm de circunferência média produzida sem adição de boro sendo esses representados na Tabela 4 e Figura 11. Pizetta et al. (2010) obteve diâmetro da beterraba com a dose 2,5 kg.ha⁻¹ de boro de 57,16 mm.

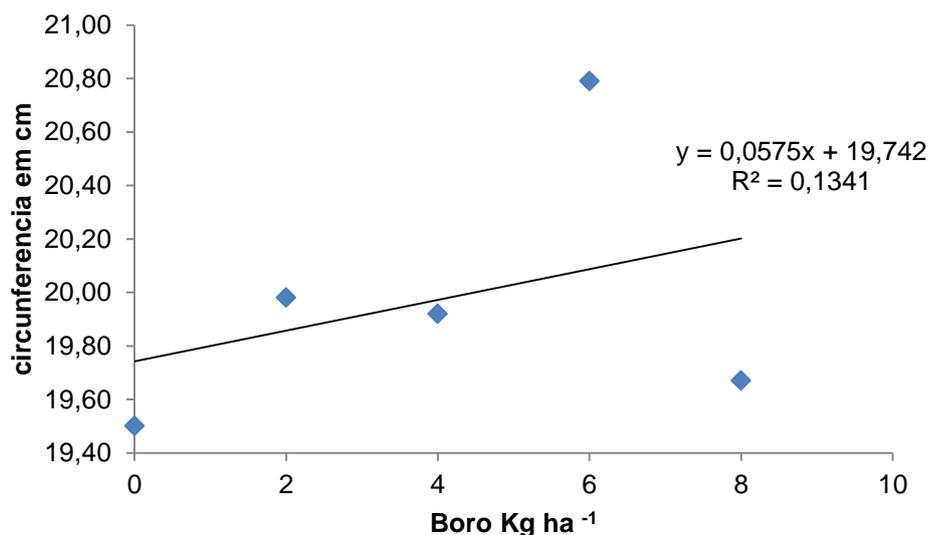


Figura 11. Circunferência da beterraba em função das doses de Boro.

6. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Doses de até 8 kg ha^{-1} de boro não influenciou significativamente a produção em peso e a circunferência da beterraba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; RAIJ, B. van Análise de micronutriente em solos brasileiros: situação atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26.; Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 20p. CD-ROM. Acesso em 22/12/2014

BONILLA, I. e BOLAÑOS, L.; Boron-Calcium relationship in biological Nitrogen **Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p. 429-446, 1993.

CARAMURI, A. Resposta da beterraba à aplicação de boro, Descalvado: [s.n.] 2015.

CEAGESP. Seção de Economia e Desenvolvimento. 2010.

CRUZ, M.C.; NAKAMURA, A.M.; FERREIRA, M.E. Adsorção de boro pelo solo: efeito da concentração e do pH. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, p 621-626, 1987.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 91-132, 2007.

DELL, B; HUANG, L.B. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.1, p.103-120, 1997.

DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P. H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização de Micronutrientes e Elementos Tóxicos em Plantas Superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.) **Microelementos e Elementos Tóxicos na Agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFÓS, p. 43-69. 2001.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora e Editora da Universidade de São Paulo, 341p. 1975.

FERREIRA, M. D.; TIVELLI, S. W. **Cultura da beterraba: recomendações gerais**. 3.ed. Guaxupé: Cooxupé, 14p.1990. (Boletim Técnico Olericultura, 2).

GOLDBACH, H.E.. A critical review on current hypotheses concerning the role of boron in higher plants: Suggestions for further research and methodological requirements. **Journal Trace Microprobe Technology**, v.15, p.51-91, 1997.

GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of born in soils. In: GUPTA, U.C. (ed.). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, p.3-44, 1997.

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, p.35-48, 1997.

GRANGEIRO, L.C.; NEGREIROS, M.Z.de; SOUZA, de B.S.; AZEVÊDO, P.E.de; OLIVEIRA, S.L.de; MEDEIROS, M.A.de. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p. 267-273, 2007.

GUPTA, U.C. Boron deficiency and toxicity symptoms for several crops as related to tissue boron levels. **Journal of Plant Nutrition**, v.6, p.387-395, 1983.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: LXIII. Requerimento de nutrientes pela cultura da beterraba. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba**, v. 44, p. 401-407, 1987.

HALBROOKS, M.C.; PETERSON, L.A. Boron use in the table beet and the relation of short-term boron stress to blackheart injury. **Journal of the American Society for horticultural Science**, Alexandria, n.5, p.751-757, 1986.

HU, H. & BROWN, P.H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 193, p.49-58, 1997.

IEA Instituto de economia Agrícola data de publicação 24/04/15

<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13660> acesso 02/05/16

KANNER, J; HAREL, S; GRANIT, S. Betalains – a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 49: 5178-5185. 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 290-310. 2006.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, p.190-224. 1974.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. e OLIVEIRA, S. A. de.. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFOS, 319p. 1997.

MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (Ed.). **Micronutrients in agriculture. Ed. 2. Madison: Soil Science Society of America**, p.549-592, 1991

MORTVEDT, J.J. Availability of boron in various boronated fertilizers. **Soil Science Society of America Proceedings, Madison**, v. 32, n. 3, p. 433-437, 1968.

NIELSEN, F.H. Boron in human and animal nutrition. **Plant and Soil**, v.193, p.199-208, 1997.

NUNES, M. A.; DIAS, M. A.; GASPAR, A. M.; OLIVEIRA, M. D.; PINTO, E.; CARAPAU, A. L. Análise do crescimento da beterraba sacarina em cultura de primavera. **Agricultura Lusitana**, [S.l.], v. 40, n. 3, p. 217-240, 1981.

PIZETTA, L. C.; JÚNIOR, A. M.; DALRI, A. B.; MAZZONETTO, F.; CORBANI, R. Z.; SOSSAI, V. L. M. Diferentes doses de boro sobre a produtividade da cultura da beterraba *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, v.17, n.2, p.33-39, 2010.

POWER, P.P. & WOODS, W.G.; The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, v. 193, p. 1–13, 1997.

RUIZ, J.M.; RIVERO, R.M.; ROMERO, L. Boron increases synthesis of glutathione in sunflower plants subjected to aluminum stress. **Plant and Soil**, v. 279, n.2, p. 25-30, 2006.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 9, p. 883-889, 2011.

SHORROCKS, V. M. **The occurrence and correction of boron deficiency**. Plant and Soil Netherlands, V. 193, p. 121 – 148, 1997.

SILVA, F.A.S. ASSISTAT: Versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de março de 2016.

SOUZA, P.A.; NEGREIROS, M.Z.; MENEZES, J.B.; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G.L.F.M.; CARNEIRO, C.R; QUEIROGA, R.C.F. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n.3, p. 754-757, 2005.

SOUZA, R.J. de; FONTANETTI, A.; FIORINI, C.V.A.; ALMEIDA, K. **Cultura da beterraba: cultivo convencional e cultivo orgânico**. Lavras: UFLA, 2003, 37p.

TIVELLI, S W. Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas. **Boletim 200 do IAC - Instituto Agrônomo - IAC - Centro de Horticultura**. Campinas: IAC. 396p. 1998. disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Beterraba/Beterraba.htm>>. acesso em: 20 maio 2015

TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S. Beterraba: do plantio a comercialização. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011, 45p

TRANI, P.E.; FORNASIER, J.B.; LISBÃO, R.S. Nutrição mineral e adubação da beterraba. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.429-46. 1993.

TRANI, P.E.; GROppo, G.A.; SILVA, M.C.P.; MINAMI, K; BURKE, T.J. Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.19- 24, 1997.