



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



HENRIQUE VASQUE

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E BORO**

Botucatu

2019

HENRIQUE VASQUE

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E BORO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura)

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Botucatu

2019

V335p Vasque, Henrique
Produtividade e qualidade pós-colheita da beterraba em
função de doses de nitrogênio e boro / Henrique Vasque.
-- Botucatu, 2019
95 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu
Orientador: Rogério Lopes Vieites

1. Beterraba. 2. Compostos bioativos. 3. Conservação. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E BORO

AUTOR: HENRIQUE VASQUE

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES
Horticultura / Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu


Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP


Dr.^a ELISANGELA MARQUES JERONIMO TORRES
. / APTA - Polo Regional Centro Oeste - Bauru

Botucatu, 04 de julho de 2019

Dedico,

*Aos meus amados pais,
Arlete e João,
As minhas avós Leonilda e Ester,
e a minha namorada Stefany*

AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre e acima de tudo.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, por proporcionar a realização do Mestrado e melhora do meu aprendizado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites, pelos ensinamentos, amizade, oportunidade, conhecimento, conselho, paciência e acima de tudo pelo exemplo de Professor.

Aos Professores Hélio Grassi Filho e Antonio Ismael Inácio Cardoso, pelo suporte e ensinamentos transmitidos.

A todos os Professores que contribuíram para a minha formação.

À banca examinadora pelas considerações e melhoria do trabalho.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de São Manuel, que sempre me ajudaram a vencer as dificuldades que apareceram durante o caminho, além dos conselhos e momentos de descontrações.

Aos técnicos do laboratório, em especial a Márcia pela ajuda, amizade e ensinamentos.

Aos funcionários da Biblioteca pela excelência no atendimento, profissionalismo e amparo.

Aos amigos Ariel, Andres, Juliana, Karina, Vander e minha prima Larissa pela grande ajuda na execução do trabalho, além dos momentos de amizade e descontração.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) Código de Financiamento 001.

OBRIGADO

RESUMO

O fornecimento adequado de nutrientes é fundamental para o desenvolvimento e qualidade pós-colheita dos produtos hortícolas. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e bórica na produção e pós-colheita da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder, armazenada em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e UR de 85 ± 5 %. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizado, com quatro tratamentos constituídos das combinações entre a adubação com nitrogênio e boro: sem nitrogênio e sem boro (SNSB), sem nitrogênio e com boro (SNCB), com nitrogênio e sem boro (CNSB) e com nitrogênio e com boro (CNCB), em quatro repetições. Os tratamentos com boro (4 Kg ha^{-1}) foram aplicados em dose única na adubação de plantio e os tratamentos com nitrogênio (90 Kg ha^{-1}) em cobertura, parcelada em um terço da dose total aos 15, 30 e 45 dias após o transplante. A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia e de boro o bórax. Avaliou-se na colheita a altura das plantas, massa fresca e seca da raiz e da parte aérea, diâmetro e comprimento da raiz e produtividade. Após a colheita foram avaliadas as variáveis perda de massa fresca, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares redutores, cor, respiração, pigmentos, compostos fenólicos, atividade antioxidante, flavonóides, composição centesimal e aparência. Os resultados demonstram que na colheita o nitrogênio proporcionou aumento na produtividade, raízes maiores e mais homogêneas para o mercado, já o boro promoveu incremento na massa seca de raiz. Porém, não houve interação entre os fatores nitrogênio e boro nas características analisadas. Na pós-colheita, a adubação nitrogenada juntamente com a bórica, promoveu diminuição na perda de massa fresca e na atividade respiratória, bem como aumento da vida de prateleira e melhor aparência.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.. Adubação. Compostos bioativos. Conservação. Taxa respiratória.

ABSTRACT

Adequate nutrient supply is essential to the development and post-harvest quality of vegetables. The objective of this research was to evaluate the effect of nitrogen and boric fertilization on the production and post harvest of the Tall Top Early Wonder beet stored in a cold room at 5 ± 1 ° C and RH of $85 \pm 5\%$. The experiment was conducted at the São Manuel Experimental Farm. The experimental design was a completely randomized block design, with four treatments consisting of nitrogen and boron nitrogen and no boron (SNSB), nitrogen and boron (SNCB), nitrogen and boron (CNSB) and with nitrogen and boron (CNCB) in four replicates. Boron treatments (4 kg ha^{-1}) were applied in a single dose in planting fertilization and treatments with nitrogen (90 kg ha^{-1}) in cover, divided in one third of the total dose at 15, 30 and 45 days after the transplant. The source of nitrogen was urea and boron was used as borax. Plant height, fresh and dry root and shoot mass, root diameter and length and yield and post-harvest loss of fresh weight, pH, soluble solids, titratable acidity, reducing sugars, quantification of the instrumental color, respiration, pigments, phenolic compounds, antioxidant activity, flavonoids, centesimal composition and visual analysis. The results showed that nitrogen yielded an increase in yield, larger roots and more homogeneous to the market, while boron promoted an increase in dry root mass. However, there was no interaction between the nitrogen and boron factors in the analyzed characteristics. In post-harvest, nitrogen fertilization along with boric acid promoted a decrease in fresh weight loss and respiratory activity, as well as increased shelf life and improved appearance.

Keywords: *Beta vulgaris* L.. Fertilization. Bioactives compounds. Conservation. Respiratory rate.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1 - ADUBAÇÃO NITROGENADA E BÓRICA NA PRODUTIVIDADE DA BETERRABA	19
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
1.4 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO 2 - QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM N E B	36
2.1 INTRODUÇÃO.....	38
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
2.4 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICES	93
ANEXO	95

INTRODUÇÃO GERAL

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) pertence à família Chenopodiaceae, sendo originária da costa do Mediterrâneo abrangendo o sul da Europa e o norte da África (FILGUEIRA, 2008).

Existem três tipos de beterrabas cultivadas: a açucareira (de cor branca, cultivada na Europa), usada para a produção de açúcar; a forrageira (para alimentação animal) e a olerácea ou beterraba de mesa, utilizada para o consumo humano e a mais consumida no Brasil (TIVELLI et al., 2011).

A beterraba de mesa vem se destacando no mercado mundial tanto para o consumo *in natura*, quanto na indústria de alimentos, como fonte de corante natural em sopas desidratadas, iogurtes e molhos, devido a diversas propriedades nutricionais que ela apresenta (SOUZA et al., 2003; MARQUES et al., 2010).

As principais fontes nutricionais presentes neste vegetal são as vitaminas (B1, B2, B5 e C), potássio, ferro, cobre, zinco, manganês (MIKOŁAJCZYK et al., 2016; SILVA et al., 2013), e os compostos bioativos com efeitos antioxidantes, como os compostos fenólicos, flavonóides e antocianinas (AQUINO et al., 2006; CUCHINSKI et al., 2010; SEDIYAMA, et al., 2010). Também estão presentes as betalaínas, compostos nitrogenados responsáveis por promover a coloração característica deste vegetal (STRACK et al., 2003).

Dentre as propriedades medicinais, a beterraba é muito apreciada por ser rica em ferro, o qual auxilia na formação de glóbulos vermelhos, daí sua importância contra a anemia (SOUZA et al., 2003).

A produtividade média é de 30 a 40 toneladas por hectare, sendo no Brasil os principais produtores, os Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul (SEDIYAMA et al., 2011).

Segundo a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo), durante o período de 2016 a 2017 houve acréscimo de aproximadamente 3% da quantidade comercializada de beterraba, variando de 27,5 mil toneladas em 2016 para 28,3 mil toneladas em 2017 (CEAGESP, 2017).

Com o aumento do consumo e também maior exigência do mercado por produtos de melhor qualidade, é fundamental que todas as etapas, desde o preparo e adubação do solo, plantio, colheita, armazenamento até chegar ao consumidor,

sejam bem planejadas e realizadas de forma integrada (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Durante a etapa de armazenamento, o murchamento e a perda de massa fresca constituem os principais fatores que prejudicam a qualidade desta hortaliça (ARRUDA et al., 2004). Para diminuir estas perdas, é fundamental que as raízes, logo após a colheita, sejam imediatamente armazenadas em condições de temperatura e umidade adequadas até serem entregues ao consumidor (TESSARIOLI NETO et al., 1998).

A refrigeração constitui o meio mais econômico e efetivo na redução da deterioração pós-colheita de frutos e hortaliças, pois é capaz de diminuir a intensidade do processo metabólico, sem alterar a fisiologia do produto (VISSOTO et al., 1999). As raízes de beterraba apresentam como condições adequadas de armazenamento, temperatura próxima a 0°C e umidade relativa do ar entre 85 a 95% (ASHRAE et al., 1994).

A utilização de técnicas combinadas ao uso da refrigeração tais como o uso de embalagens, pode aumentar a vida útil deste vegetal, pois a embalagem protege as raízes contra as injúrias mecânicas e cria uma barreira semipermeável à água e gases, reduzindo a taxa respiratória e a perda de massa fresca das raízes (DURIGAN et al., 2009).

Arruda et al. (2004) avaliaram a conservação de beterraba cultivar Early Wonder e observaram menores perdas de matéria fresca nas raízes embaladas em filme de cloreto de polivinila (PVC), com valores médios de 2,7% aos nove dias de armazenamento, já o tratamento que não utilizou a embalagem, as perdas aumentaram para mais de 23%. Os autores concluíram que o uso de filme de PVC prolongou a vida de prateleira das raízes por mais tempo em comparação ao tratamento sem a utilização de embalagem.

O nível de hidratação em que o tecido vegetal se encontra e a sua condição para a comercialização são fatores importantes e está diretamente relacionado à aparência e vida útil do produto (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Além dos cuidados no manuseio do produto e do uso adequado de técnicas de armazenamento, a qualidade e a vida útil dos produtos hortícolas são influenciadas pelas práticas culturais realizadas no campo (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Dentre estas práticas, a adubação merece destaque, pois está diretamente relacionada com a regulação dos processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais (FAQUIN e ANDRADE, 2004).

O equilíbrio entre macro e micronutrientes, melhora o estado nutricional da planta, proporciona ganhos na produção e qualidade do produto, com menos gastos com fertilizantes e defensivos agrícolas (FAQUIN e ANDRADE, 2004).

O fornecimento inadequado de nutrientes pode causar alterações indesejáveis no tamanho, na aparência, sabor e na resistência do vegetal contra doenças e pragas (ALVES et al., 2008).

Entre os nutrientes que proporcionam o aumento da produtividade e melhorias na qualidade da beterraba, destacam-se o nitrogênio e o boro (TRANI et al., 2005).

O nitrogênio é essencial por promover maior acúmulo de massa nas folhas e raízes, também participa na formação de moléculas importantes como clorofilas, ácidos nucleicos e proteínas (MALAVOLTA et al., 1997). Quando ausente, provoca modificações morfológicas expressivas em beterrabas, tais como a redução do tamanho e perdas de qualidade nutricional das raízes e folhas (TIVELLI et al., 2011). Em excesso, pode afetar a qualidade da raiz, aumentando o acúmulo de glutamina e de PCA (ácido orgânico) que provoca sabor amargo na beterraba (SOUZA et al., 2003).

Já o boro, é considerado entre os micronutrientes o que mais contribui no desenvolvimento fisiológico e na qualidade deste vegetal (ALI et al., 2015). O suplemento deste micronutriente diminui a incidência de lesões nas raízes, áreas escurecidas na superfície e no interior do tubérculo (HEMPHILL et al., 1982; MACK, 1989; TRANI et al., 1993). Quando ausente, afeta negativamente a formação da parede celular e o transporte de açúcares das folhas para as raízes (KIRKBY e RÖMHELD, 2007).

Apesar da importância da adubação com nitrogênio e boro na cultura da beterraba, são escassos estudos avaliando o efeito combinado entre estes elementos no desenvolvimento, rendimento e pós-colheita desta cultura, visto que a maioria dos trabalhos analisa estes nutrientes de maneira isolada, sem considerar a associação e o possível efeito sinérgico ou antagônico entre eles (GRANGEIRO et al., 2007).

O objetivo desta pesquisa foi verificar a influência da adubação nitrogenada e bórica na produção e pós-colheita da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder armazenada sob refrigeração.

CAPÍTULO 1

ADUBAÇÃO NITROGENADA E BÓRICA NA PRODUTIVIDADE DA BETERRABA

RESUMO

Dentre as práticas realizadas no campo, a nutrição mineral tem grande influência na produtividade e qualidade dos produtos hortícolas. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da adubação nitrogenada e bórica nas características de produção da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de São Manuel (FCA/UNESP), localizada em São Manuel-SP. Foram avaliados quatro tratamentos em blocos inteiramente casualizado, constituídos das combinações entre a adubação com nitrogênio e boro: sem nitrogênio e sem boro (SNSB), sem nitrogênio e com boro (SNCB), com nitrogênio e sem boro (CNSB) e com nitrogênio e com boro (CNCB), em quatro repetições. Os tratamentos com boro (4 Kg ha^{-1}) foram aplicados em dose única na adubação de plantio e os tratamentos com nitrogênio (90 Kg ha^{-1}) em cobertura, parcelada em um terço da dose total aos 15, 30 e 45 dias após o transplante. Foram utilizadas como fonte de nitrogênio e boro a uréia e o bórax, respectivamente. As características avaliadas no final do ciclo foram: número de folhas por planta, altura das plantas, massa fresca e seca da raiz e da parte aérea, diâmetro e comprimento da raiz, produtividade e número de raízes comerciais. Os resultados demonstram que o nitrogênio promoveu aumento na produtividade, raízes maiores e mais homogêneas para o mercado, enquanto que o boro proporcionou incremento na massa seca de raiz. Porém, não houve interação entre os fatores nitrogênio e boro na produção da beterraba.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.. Boro. Equilíbrio nutricional. Nitrogênio. Raízes comerciais.

ABSTRACT

NITROGEN AND BORIC FERTILIZATION IN SUGAR BEET CROP

Among the practices performed in the field, mineral nutrition has a great influence on the productivity and quality of horticultural products. The objective of this work was to verify the effect of the nitrogen and boric fertilization on the production characteristics of the beet cultivar Tall Top Early Wonder. The experiment was developed at the São Manuel Experimental Farm (FCA / UNESP), located in São Manuel-SP. Four completely randomized block treatments, consisting of the combinations between nitrogen and boron fertilization: without nitrogen and without boron (SNSB), without nitrogen and with boron (SNCB), with nitrogen and without boron (CNSB) and with nitrogen and with boron (CNCB) in four replicates. Boron treatments (4 kg ha^{-1}) were applied in a single dose in planting fertilization and treatments with nitrogen (90 kg ha^{-1}) in cover, divided in one third of the total dose at 15, 30 and 45 days after the transplant. Nitrogen and boron were used as urea and borax, respectively. The characteristics evaluated at the end of the cycle were: number of leaves per plant, height of plants, fresh and dry root and shoot mass, root diameter and length, yield and number of commercial roots. The results demonstrate that nitrogen promoted an increase in productivity, larger and more homogeneous roots for the market, while boron provided an increase in root dry mass. However, there was no interaction between nitrogen and boron factors in beet production.

Keywords: *Beta vulgaris* L.. Boron. Nutritional balance. Nitrogen. Commercial roots.

1.1 INTRODUÇÃO

O fornecimento inadequado de nutrientes para a cultura da beterraba provoca alterações indesejáveis no tamanho, na aparência, sabor e na resistência deste vegetal contra doenças e pragas (ALVES et al., 2008).

Entre os nutrientes que proporcionam o aumento da produtividade e melhorias na qualidade desta cultura, destacam-se o nitrogênio e o boro (TRANI et al., 2005).

O nitrogênio é constituinte de várias moléculas orgânicas, tais como proteínas, ácidos nucleicos e clorofilas, exerce grande efeito na expansão foliar e no acúmulo

de massa, contribuindo no aumento da produtividade e na qualidade dos produtos vegetais (AQUINO et al., 2006; MARQUES et al., 2010; TRANI et al., 2013).

A deficiência deste nutriente pode levar a alterações morfológicas expressivas na cultura da beterraba, tais como a redução no desenvolvimento da planta e na qualidade nutricional das raízes (TIVELLI et al., 2011).

Já o boro, participa de maneira efetiva em diversos processos fisiológicos das plantas tais como: transporte de açúcar, na absorção e no metabolismo dos cátions, principalmente do Ca^{2+} , na formação da pectina de membranas celulares e no metabolismo de glicídios, além de ser importante na síntese de bases nitrogenadas responsáveis pela formação dos ácidos nucleicos, influenciando, portanto, no desempenho produtivo e na manutenção da qualidade do produto (KABU et al., 2013).

Na omissão deste elemento, ocorre menor absorção de água pela parede celular e redução da biossíntese dos polissacarídeos e conseqüentemente, aumento da rigidez na parede celular, crescimento reduzido e lesões nas raízes de beterraba (MALAVOLTA, 2000).

Apesar da importância da adubação com nitrogênio e boro na cultura da beterraba, são escassos trabalhos avaliando o efeito combinado entre estes elementos no desenvolvimento e rendimento desta cultura, visto que a maioria dos trabalhos analisa estes nutrientes de maneira isolada, sem considerar a associação entre eles (GRANGEIRO et al., 2007). Objetivou-se verificar o efeito da adubação nitrogenada e bórica nas características de produção da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder.

1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu-SP, no período de fevereiro a junho de 2018. As coordenadas geográficas da área são: 22° 44' 28" de latitude Sul, 48° 34' 37" de longitude Oeste e altitude de 740 m (Figura 1 e 2).

Figura 1 e 2 - Área experimental (A) após o preparo dos canteiros (março de 2018) e (B) dia da colheita (maio de 2018). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2018



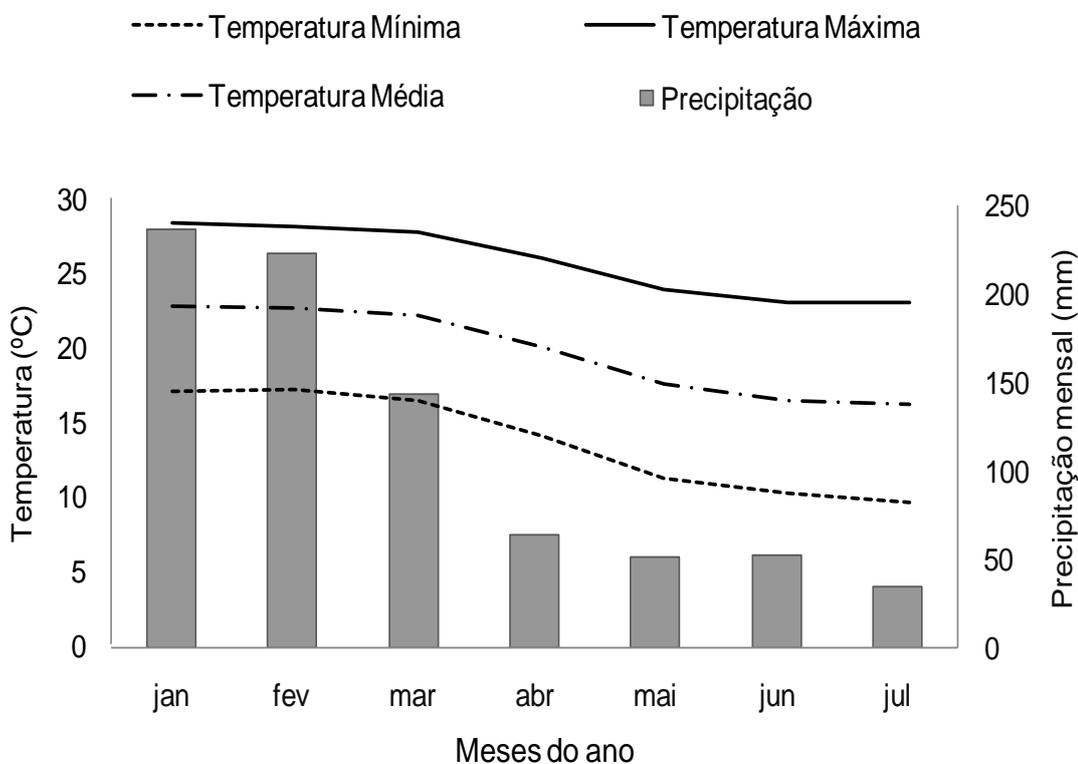
O clima predominante da região de São Manuel-SP, segundo a classificação de Köppen, é tipo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico), com chuvas concentradas nos meses de novembro a abril e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, com precipitação pluvial média anual de 1.376,70 mm (CUNHA e MARTINS, 2009).

Os dados de temperatura e precipitação observados durante o período de realização do experimento encontram-se na Figura 3. Os mesmos foram disponibilizados pelo Departamento de Engenharia Rural, pertencente à FCA da UNESP de Botucatu-SP.

O solo onde foi realizado o experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico, de textura arenosa (EMBRAPA, 2013).

Antes da instalação do experimento, foi realizada a análise química do solo. A amostra do solo foi constituída a partir de duas sub-amostras de cada parcela retiradas na profundidade de 0-20 cm. Este material foi misturado, formando uma única amostra (amostra composta), e em seguida, seca em estufa de circulação de ar forçado a 45°C.

Figura 3 - Temperaturas máximas, mínimas, médias (°C) e precipitação pluvial acumulada (mm) nos meses de janeiro a julho de 2018, no município de São Manuel, SP



Após este procedimento, a amostra foi enviada ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA, em Botucatu/SP, para a determinação de suas propriedades químicas, seguindo a metodologia descrita por Raij et al. (1997).

A análise química do solo indicou: pH (CaCl₂) = 6,5; matéria orgânica = 19 g dm⁻³; H+Al = 9 mmol_cdm⁻³; K = 2,5 mmol_cdm⁻³; P (resina) = 165 mg dm⁻³; Ca = 33 mmol_cdm⁻³; Mg = 9 mmol_cdm⁻³; SB = 43 mmol_cdm⁻³; CTC = 52 mmol_cdm⁻³; V% = 82; S = 13 mg dm³; B = 0,14 mg dm³; Cu = 2,5 mg dm³; Fe = 58 mg dm³; Mn = 4,7 mg dm³ e Zn = 3,6 mg dm³.

Com base na análise química do solo, e na recomendação de Trani et al. (1997), não foi necessário realizar a calagem, pois a saturação por bases foi acima de 80%.

Em relação aos nutrientes, todos apresentaram valores adequados para o desenvolvimento da cultura, com exceção ao boro, que foi considerado abaixo do valor mínimo (0 a 20 mg dm³), conforme descrito por Raij et al. (1997).

A adubação foi definida com base na análise do solo e conforme recomendação descrita por Trani et al. (1997).

Todos os tratamentos receberam na adubação de plantio: 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio (uréia), 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 120 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), e na adubação de cobertura 45 Kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), parceladas aos 15, 30 e 45 dias (DAT).

Foram avaliados quatro tratamentos, em esquema fatorial 2 x 2, no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos

Tratamentos	N (Kg ha ⁻¹)	B (Kg ha ⁻¹)
1	0	0
2	0	4
3	90	0
4	90	4

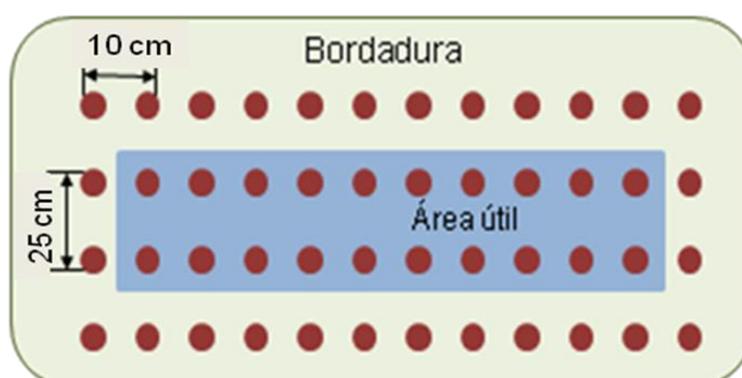
Os tratamentos com boro (4 kg ha⁻¹) foram aplicados em dose única na adubação de plantio, já os tratamentos com nitrogênio (90 kg ha⁻¹) foram aplicados em cobertura, parcelados aos 15, 30 e 45 (DAT). As fontes de boro e nitrogênio foram respectivamente, a uréia e o bórax.

As mudas de beterraba foram produzidas em casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental de São Manuel. A semeadura (cultivar Early Wonder Tall Top) foi realizada em bandejas de plástico de 288 células, contendo substrato para hortaliças, colocando-se um glomérulo por célula. Posteriormente aos 15 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste das plântulas, deixando apenas uma plântula em cada célula.

A área experimental foi preparada com aração, passagem de rotocanteirador para o preparo dos canteiros, abertura manual dos sulcos de plantio, instalação da irrigação por aspersão, e posteriormente a demarcação da área separada em parcelas.

Aos trinta dias após a semeadura (março de 2018), as mudas foram transplantadas para a área experimental definitiva. As parcelas tinham dimensões de 1,20 m de comprimento e 1,0 m de largura, totalizando 1,20 m². Cada parcela foi constituída de quatro linhas longitudinais distanciadas a 0,25 m, e entre plantas de 0,10 m. Foram determinadas como parcela útil, as plantas contidas nas duas linhas centrais de cada parcela (Figura 4).

Figura 4 - Croqui da parcela experimental em função da coleta e avaliação das plantas. FCA/UNESP, São Manuel, 2018

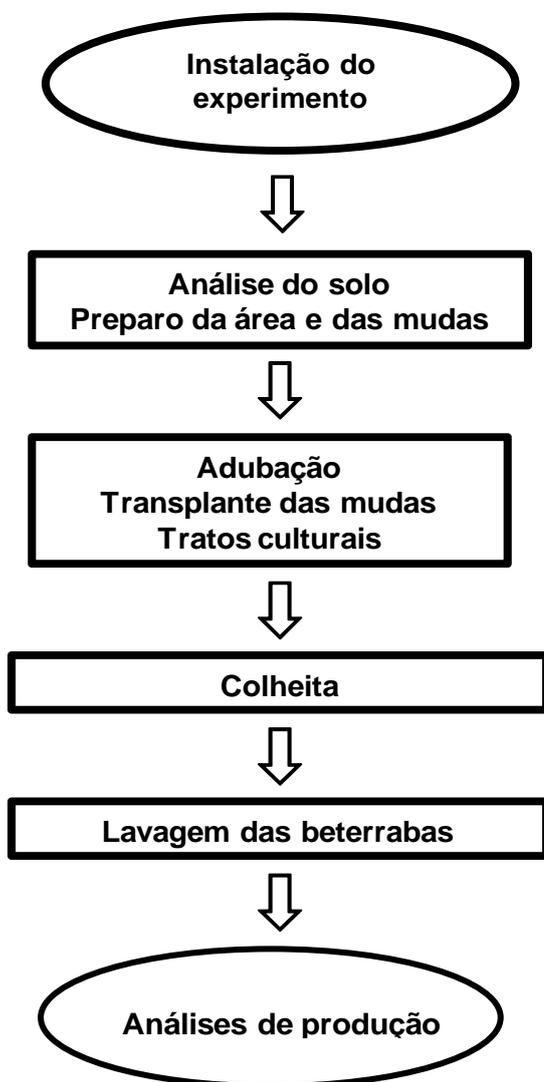


Ao longo do ciclo da cultura foram realizadas capinas manuais com o auxílio de enxada para o controle de plantas espontâneas e remoção de folhas secas e doentes para evitar a disseminação de doenças na área.

A colheita foi realizada com ciclo de 90 dias. As beterrabas foram colhidas, acondicionadas em sacos devidamente identificados e imediatamente transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, Departamento de Horticultura da UNESP/FCA, Campus de Botucatu/SP, para a realização das análises de produção.

As etapas de produção e avaliação de beterraba estão representadas no fluxograma da Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de etapas de produção e avaliação de beterraba, em função da adubação nitrogenada e bórica



As beterrabas foram lavadas em água corrente e secas em temperatura ambiente em bancada devidamente higienizada.

As metodologias adotadas para as análises de produção estão descritas abaixo:

Em 10 plantas retiradas ao acaso de cada parcela útil foram avaliadas:

Altura de plantas (APA): distância da superfície do solo até a parte mais alta da planta e os resultados expressos em centímetros (cm).

Número de folhas: contagem do número de folhas por planta.

Massa fresca da parte aérea (MFPA) e das raízes (MFR): obtidas com auxílio de uma balança semi-analítica, com precisão de 0,1g e convertidas em $t\ ha^{-1}$.

Comprimento da raiz (CR): através do comprimento longitudinal da raiz, com o auxílio de paquímetro digital, expresso em milímetros (mm).

Diâmetro da raiz (DR): medição da seção transversal da raiz, com auxílio de paquímetro digital e os resultados expressos em milímetros (mm).

Massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR): obtidas com auxílio de uma balança semi-analítica, com precisão de 0,1g, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Classificação de raízes comerciais: de acordo com a classificação comercial implantada pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP, 2017), conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Classes de beterraba de acordo com seu calibre

Classe	Calibre (mm)
Extra AA	Maior ou igual a 90 e menor que 120
Extra A	Maior ou igual a 50 e menor que 90
Extra	Menor que 50

Produtividade total: através da média da massa fresca das raízes da parcela útil e os valores convertidos em toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$).

Delineamento Experimental e Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, cujas médias de adubação com e sem nitrogênio e boro foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade (FERREIRA, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão apresentados os quadrados médios obtidos nas análises de variância da adubação com nitrogênio (QM nitrogênio), boro (QM boro) e interação entre os dois fatores (QM Interação) para as características relacionadas à produção de beterraba avaliada neste experimento.

Todas as variáveis de produção apresentaram efeito significativo para o fator adubação com nitrogênio.

Para o fator adubação com boro, só houve efeito significativo para a variável massa seca da raiz (MSR). Não houve interação significativa entre o boro e nitrogênio para nenhuma variável (Tabela 4).

Tabela 4 - Quadrados médios da adubação com nitrogênio (QM nitrogênio), boro (QM boro) e interação entre estes fatores (QM interação) da análise de variância das características de produção de beterraba cultivar Tall Top Wonder. São Manuel, São Paulo, 2018

Característica	QM nitrogênio	QM boro	QM interação
Número de folhas	5,0625 *	3,062	0,062
Altura da parte aérea	335,988 *	21,762	3,348
Massa fresca da parte aérea	365,838 *	56,839	0,759
Massa seca da parte aérea	2,545 *	0,231	0,004
Diâmetro da raiz	636,80 *	12,852	0,336
Comprimento da raiz	255,760 *	0,395	15,531
Massa seca da raiz	29,384 *	5,860 *	0,624
Massa fresca da raiz	9972,019 *	983,449	46,036
Produtividade	949,163 *	94,643	4,066
Número de raízes comerciais	8100 *	100	25

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

A adição de nitrogênio em cobertura promoveu incrementos em todas as características de produção avaliadas (Tabela 5), provavelmente porque este nutriente além de promover a expansão foliar e maior acúmulo de massa, é fundamental para a formação de aminoácidos, proteínas e carboidratos nas plantas (DUPAS, 2012).

A adubação com nitrogênio proporcionou aumento de 12% para o número de folhas e 31% para a altura da parte aérea da beterraba, em relação à média dos tratamentos sem nitrogênio. A relação de número de folhas e altura da parte aérea é importante, pois a parte aérea funciona como fonte e dreno na formação da raiz (BARRETO, 2013).

Verificou-se maior acréscimo de massa fresca da parte aérea, com média de 56% acima para os tratamentos que receberam adubação nitrogenada em comparação com a média dos tratamentos que não receberam nitrogênio em cobertura (Tabela 5). A massa fresca da parte aérea é determinada para verificar a eficiência da adubação nitrogenada em culturas, pois indica o acúmulo de biomassa do vegetal em função da maior produção de aminoácidos e assimilados de carbono da fotossíntese (FERREIRA et al., 2010).

Tabela 5 - Número de folhas (NF), altura da parte aérea (APA), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e raiz (MFR) e (MSR), comprimento (CR) e diâmetro de raiz (DR) e produtividade (PROD) da beterraba, em função da adubação (CN) ou não com nitrogênio (SN) em cobertura. São Manuel, São Paulo, 2018

Parte aérea					
	NF	APA (cm)	MFPA (t ha ⁻¹)	MSPA (t ha ⁻¹)	
SN	9,12 b	29,04 b	16,95 b	1,29 b	
CN	10,25 a	38,21 a	26,52 a	2,09 a	
CV (%)	9,06	10,31	16,79	18,34	
Raiz					
	CR (mm)	DR (mm)	MSR (t ha ⁻¹)	MFR (g planta ⁻¹)	PROD (t ha ⁻¹)
SN	57,06 b	41,94 b	3,71 b	61,79 b	18,97 b
CN	65,06 a	54,56 a	6,42 a	111,72 a	34,37 a
CV (%)	10,31	13,34	20,63	17,58	17,58

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

A omissão de nitrogênio provocou redução em todos os parâmetros de produção avaliados. A deficiência deste elemento na cultura da beterraba pode causar redução no desenvolvimento e alterações morfológicas expressivas no vegetal, afetando a produtividade e a qualidade nutricional das raízes (TIVELLI et al., 2011).

Alves et al. (2008) relataram resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho. Segundo os autores avaliando o desenvolvimento e estado nutricional da beterraba conduzida em casa de vegetação, verificaram que a omissão de nitrogênio provocou desequilíbrio nutricional bastante significativo na cultura da beterraba, causando diminuição na altura, número de folhas e matéria seca da parte aérea e raiz.

Em relação ao boro, apenas foi observado diferença significativa para a massa seca da raiz (MSR), na ordem de 27% de acréscimo para a média dos tratamentos com boro em relação à média dos tratamentos sem boro (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de folhas (NF), altura da parte aérea (APA), massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea e raiz (MFR) e (MSR), comprimento (CR) e diâmetro de raiz (DR) e produtividade (PROD) da beterraba, em função da adubação com boro (CB) ou sem (SB) no plantio. São Manuel, São Paulo, 2018

Parte aérea					
	NF	APA (cm)	MFPA (t ha ⁻¹)	MSPA (t ha ⁻¹)	
SB	9,25 a	32,46 a	19,85 a	1,57 a	
CB	10,12 a	34,79 a	23,62 a	1,81 a	
CV (%)	9,06	10,31	16,79	18,34	
Raiz					
	CR (mm)	DR (mm)	MSR (t ha ⁻¹)	MFR (g planta ⁻¹)	PROD (t ha ⁻¹)
SB	60,91a	47,36 a	4,46 b	78,92 a	24,24 a
CB	61,22 a	49,15 a	5,67 a	94,60 a	29,10 a
CV (%)	10,31	13,34	20,63	17,58	17,58

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Gondim et al. (2009) estudaram a absorção e mobilidade do boro na cultura da beterraba e verificaram que apesar das plantas não apresentarem diferença significativa em área foliar, o fornecimento de boro na solução nutritiva aumentou a matéria fresca e seca da raiz da beterraba.

O boro é responsável por transportar açúcares das folhas para as raízes, proporcionando melhor desenvolvimento radicular, além de ser importante na formação da parede celular (KIRKBY et al., 2007). A contribuição positiva do boro no aumento da massa seca da raiz (MSR) pode estar associada ao baixo teor deste micronutriente no solo, que conforme a análise química realizada antes da implantação da cultura na área experimental, foi de $0,14 \text{ mg dm}^{-3}$ e, portanto, apresentando possível resposta à aplicação deste micronutriente.

Estudos de Pregno e Armour (1992) na cultura da batata inglesa obtiveram aumentos em produtividade de 19,7 para $27,3 \text{ t ha}^{-1}$ com a aplicação de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de boro, mostrando que plantas que possuem tubérculos ou raízes de armazenamento apresentam acréscimos na produtividade em razão da aplicação deste elemento.

Já Hopkins et al. (2007) analisaram a influência do boro na cultura da batata inglesa em solos com altos teores deste micronutriente e verificaram que não houve diferença significativa. Os autores concluíram que a resposta da planta à aplicação de boro depende, dentre outros fatores, da exigência da cultura, do teor de nutrientes presentes no solo, tipo de solo e época de plantio.

Para a classificação de raízes comerciais de beterraba, foi verificado efeito significativo apenas para o fator adubação com nitrogênio (Tabela 7). Os tratamentos com nitrogênio apresentaram raízes mais homogêneas e maiores, com média de 68,75% de raízes no grupo extra A, em comparação com os tratamentos que não receberam nitrogênio, os quais obtiveram média de 23,75% na classe Extra A (Tabela 7).

A omissão de nitrogênio causou prejuízo no desenvolvimento da beterraba, diminuindo a altura e matéria seca da parte aérea e da raiz, que refletiram diretamente na produtividade e na homogeneidade das raízes (TRANI et al., 2013).

As interações que ocorrem entre os nutrientes podem ser sinérgicas, quando um nutriente favorece a absorção de outro, ou antagônicas, quando um nutriente interfere negativamente na absorção de outro (CARDOSO, 2008).

Tabela 7 - Produtividade de raízes de beterraba de acordo com as classificações comerciais (Extra e Extra A) em função da adubação nitrogenada em cobertura. Botucatu, SP, 2018

	Classificação de raízes comerciais (%)	
	Extra	Extra A
SN	76,25 a	23,75 b
CN	31,25 b	68,75 a
CV (%)	28,16	32,73

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Em estudo com adubação bórica e nitrogenada na cultura da beterraba, Abdallah et al. (2015) notaram que o maior diâmetro das raízes foram obtidos quando os dois nutrientes foram aplicados simultaneamente. Shal et al. (2016) constataram maior diâmetro e produtividade das raízes de beterraba no tratamento com nitrogênio em cobertura combinado com boro.

Porém, neste trabalho não foi verificada significância estatística na interação entre os fatores adubação nitrogenada e bórica para nenhuma característica relacionada à produção da beterraba, corroborando com Oliveira et al. (2005) os quais também não verificaram interação entre o nitrogênio e o boro na cultura da beterraba.

1.4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que:

- O fornecimento de nitrogênio em cobertura proporcionou maior incremento na produtividade e obtenção de raízes maiores e mais homogêneas para o mercado.
- A adubação bórica no plantio promoveu incremento na massa seca de raízes de beterraba.
- Não houve interação entre os fatores nitrogênio e boro nas características de produção da beterraba.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, A.; MEKIDAD, A. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. **Journal Microbiology Science**, v. 4, p. 181-196, 2015.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; LADEIRA, I. R.; CASTRO, M. R. S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 199-203, 2006.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- BARRETO, C. R.; ZANUZO, M. R.; WOBETO, C.; ROSA, C. B. Produtividade e qualidade da beterraba em função da aplicação de doses de nitrogênio. **Revista Uniara**, v.16, n.1, 2013.
- CARDOSO, A. I. I. Produção de beterraba híbrida no Brasil. **Revista Campo & Negócios HF**, Uberlândia, ano 4, n. 40, p. 26-27, ago. 2008.
- CEAGESP. Companhia de Entrepasto e Armazéns Gerais de São Paulo. **Ficha técnica para a classificação da beterraba (*Beta vulgaris* L)**. 2017. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/hortiescolha/anexos/ficha_beterraba.pdf>. Acesso em 09 out. 2017.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.
- DUPAS, E. **Nitrogênio, potássio e boro: aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e protéicas do capim-Tanzânia**. 2012. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências/Solo e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 2013. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M. M. M.; FONTES, P.C.R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57, n. 2, p. 263-273, 2010.
- GONDIM, A. R. O. **Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba**. 2009. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009

- GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; AZEVEDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M. A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 267-273. 2007.
- HOPKINS, B. G.; JOLLEY, V. D.; WEBB, B. L.; ELLSWORTH, J. W.; CALLAHAN, R. K. Boron fertilization in potato. Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, v. 7, p. 215-218, 2007.
- KABU, M.; AKOSMAN, M. S. Biological effects of boron. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 225, p. 57–75, 2013.
- KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº118, 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MALAVOLTA, E.; PIMENTEL GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 13 p. 2000.
- MARQUES, L. F., MEDEIROS, D. C., COUTINHO, O. D. M.; MARQUES, L. F., MEDEIROS, C. B., VALE, L. S. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010.
- OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E. P.; BARBOSA, L. J. N.; BRUNO, G. B. Produção da batata-doce em função de doses de P_2O_5 em dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 768-772, 2005.
- PREGNO, L. M.; ARMOUR, J. D. Boron deficiency and toxicity in potato cv. Sebago on oxisol of the Athert Tablelands, North Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Austrália, v. 32, n. 2, p. 251- 253, 1992.
- RAIJ, VAN B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1997. 285 p.
- SHAL, R. M. E. Effect of Urea and Potassium Sulfate Fertilizers combined with Boron on Soil Fertility and Sugar Beet Productivity in Salt Affected Soil. **Egyptian Journal of Soil Science**. Vol. 56, n. 4, p. 665-681, 2016.
- TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. 2011. Beterraba: do plantio à comercialização. Campinas: Instituto agronômico, p. 45. (Boletim técnico 210).
- TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. 285p.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 726-730, 2005.

TRANI, P. E. Calagem e adubação da beterraba. *Revista Campos & Negócios HF*, Campinas, p. 8–11, 2013.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E BORO

RESUMO

O nitrogênio e o boro são nutrientes que além de influenciar no crescimento e produção de várias espécies hortícolas, interferem também em aspectos relacionados à qualidade pós-colheita. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e bórica nas características físico-químicas e bioquímicas da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder armazenada em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e UR de 85 ± 5 %. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de São Manuel, no município de São Manuel - SP, pertencente à FCA/UNESP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizado, com quatro tratamentos constituídos pelas combinações entre a adubação com nitrogênio e boro: sem nitrogênio e sem boro (SNSB), sem nitrogênio e com boro (SNCB), com nitrogênio e sem boro (CNSB), com nitrogênio e com boro (CNCB), em quatro repetições. Os tratamentos com boro (4 Kg ha^{-1}) foram aplicados em dose única na adubação de plantio e os com nitrogênio (90 Kg ha^{-1}) em cobertura, parcelada em um terço da dose total aos 15, 30 e 45 dias após o transplante. A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia e de boro o bórax. As variáveis analisadas nas raízes foram perda de massa fresca, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares redutores, cor instrumental, respiração, pigmentos, compostos fenólicos, atividade antioxidante, flavonóides, composição centesimal e aparência. Concluiu-se que a adubação nitrogenada em cobertura juntamente com a bórica no plantio promoveu efeito positivo na qualidade pós-colheita das raízes de beterraba, proporcionando redução na perda de massa fresca e na atividade respiratória, bem como aumento da vida de prateleira e manutenção da aparência.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.. Compostos bioativos. Atividade respiratória. Conservação.

ABSTRACT

**POSTHARVEST QUALITY OF BEET ROOTS AS A FUNCTION OF
FERTILIZATION WITH NITROGEN AND BORON**

Nitrogen and boron are nutrients, which in addition to influencing the growth and production of several horticultural species, also interfere in aspects related to post-harvest quality. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen and boric fertilization on the physico-chemical and biochemical characteristics of the Tall Top Early Wonder beet stored in a cold room at 5 ± 1 ° C and RH of $85 \pm 5\%$. The experiment was developed at the São Manuel Experimental Farm belonging to FCA / UNESP. The experimental design was a completely randomized block design, with four treatments consisting of nitrogen and boron nitrogen and no boron (SNSB), nitrogen and boron (SNCB), nitrogen and boron (CNSB), with nitrogen and with boron (CNCB), in four replicates. The treatments with boron (4 kg ha^{-1}) were applied in a single dose in the fertilization of plantation and the treatments with nitrogen (90 Kg ha^{-1}) in cover, divided in one third of the total dose at 15, 30 and 45 days after the transplant. The source of nitrogen was urea and boron was used as borax. The root analyzes were fresh weight loss, pH, soluble solids, titratable acidity, reducing sugars, quantification of instrumental color, respiration, pigments, phenolic compounds, antioxidant activity, flavonoids, centesimal composition and visual analysis. The results show that the nitrogen fertilization in coverage together with the boric acid in the planting promoted a positive effect on the post-harvest characteristics of the beet roots, providing a reduction in fresh weight loss and respiratory activity, as well as increased shelf life and better appearance.

Keywords: *Beta vulgaris* L.. Bioactive compounds. Respiratory activity. Conservation.

2.1 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é originária da costa do Mediterrâneo abrangendo o sul da Europa e o norte da África (FILGUEIRA, 2008).

Segundo o “Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura”, desenvolvido pelo Centro de Qualidade em Horticultura (CEAGESP) a homogeneidade visual do tamanho do lote é um fator importante para a classificação das beterrabas. Além disso, o mercado prefere raízes apresentando coloração vermelha intensa e sem sintomas de murcha (CEAGESP, 2017).

Para diminuir as perdas de matéria fresca e o murchamento, as raízes são embaladas em saco plástico ou em bandeja recoberta por filmes de plástico e refrigeradas em temperatura próxima a 0°C e umidade relativa do ar entre 85 a 95%, pois quando mantido em condição ambiente deteriora-se rapidamente (TESSARIOLI NETO et al., 1998).

No entanto, outras características desejadas pelo mercado, como por exemplo, coloração, teor de açúcares e compostos fenólicos estão diretamente relacionadas às práticas de cultivo, principalmente com a nutrição mineral e disponibilidade de água para o vegetal (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O adequado fornecimento de nutrientes é um fator indispensável para a planta se desenvolver de forma sadia, garantindo na colheita um produto de qualidade conforme as exigências do mercado (FAQUIN e ANDRADE, 2004).

Dentre os principais nutrientes que mais influenciam no desenvolvimento fisiológico e na qualidade da beterraba destaca-se o nitrogênio e o boro (TRANI et al., 2005).

O nitrogênio participa na formação de proteínas, e o boro na síntese de bases nitrogenadas. Em caso de deficiência de um desses elementos, haverá diminuição da produção de aminoácidos e proteínas, causando desequilíbrio na manutenção da qualidade das raízes (KABU et al., 2013).

Aquino et al. (2006) verificaram que a adubação nitrogenada alterou os teores de sólidos solúveis, mas não os valores de pH e acidez titulável nas raízes de beterraba.

Gobarah et al. (2014) observaram que a aplicação de boro na beterraba proporcionou aumento na concentração de açúcares nas raízes.

Shal et al. (2016) verificaram que a aplicação de nitrogênio em cobertura combinado com o boro proporcionou maior produtividade na cultura da beterraba, referindo-se ainda que é importante o equilíbrio entre o nitrogênio e boro, pois doses desbalanceadas de um nutriente pode prejudicar a absorção de outro, comprometendo o crescimento e o rendimento da planta.

Contudo, são escassos na literatura trabalhos analisando a influência destes nutrientes em outras características importantes na cultura da beterraba como teor de compostos fenólicos, taxa respiratória, perda de massa fresca, coloração, análise sensorial, entre outras variáveis de qualidade.

Diante disso, objetivou-se avaliar a interação da adubação com nitrogênio e boro na qualidade de raízes de beterraba cultivar Tall Top Early Wonder.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de São Manuel, localizada no município de São Manuel - SP, pertencente à FCA/Unesp, no período de fevereiro a junho de 2018.

A adubação foi definida com base na análise do solo e conforme recomendação descrita por Trani et al. (1997). Todos os tratamentos receberam na adubação de plantio: 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio (uréia), 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 120 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), e na adubação de cobertura 45 Kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), parceladas aos 15, 30 e 45 dias (DAT).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizado, com quatro tratamentos constituídos das combinações entre a adubação com nitrogênio e boro, em quatro repetições, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos

Tratamentos	N (Kg ha ⁻¹)	B (Kg ha ⁻¹)
1	0	0
2	0	4
3	90	0
4	90	4

N: adubação nitrogenada; B: adubação bórica

As mudas foram produzidas em bandejas de plástico de 288 células, contendo substrato para hortaliças, colocando-se um glomérulo por célula (cultivar Early Wonder Tall Top).

A área experimental foi preparada com aração, passagem de rotocanteirador para o preparo dos canteiros, abertura manual dos sulcos de plantio, instalação da irrigação por aspersão.

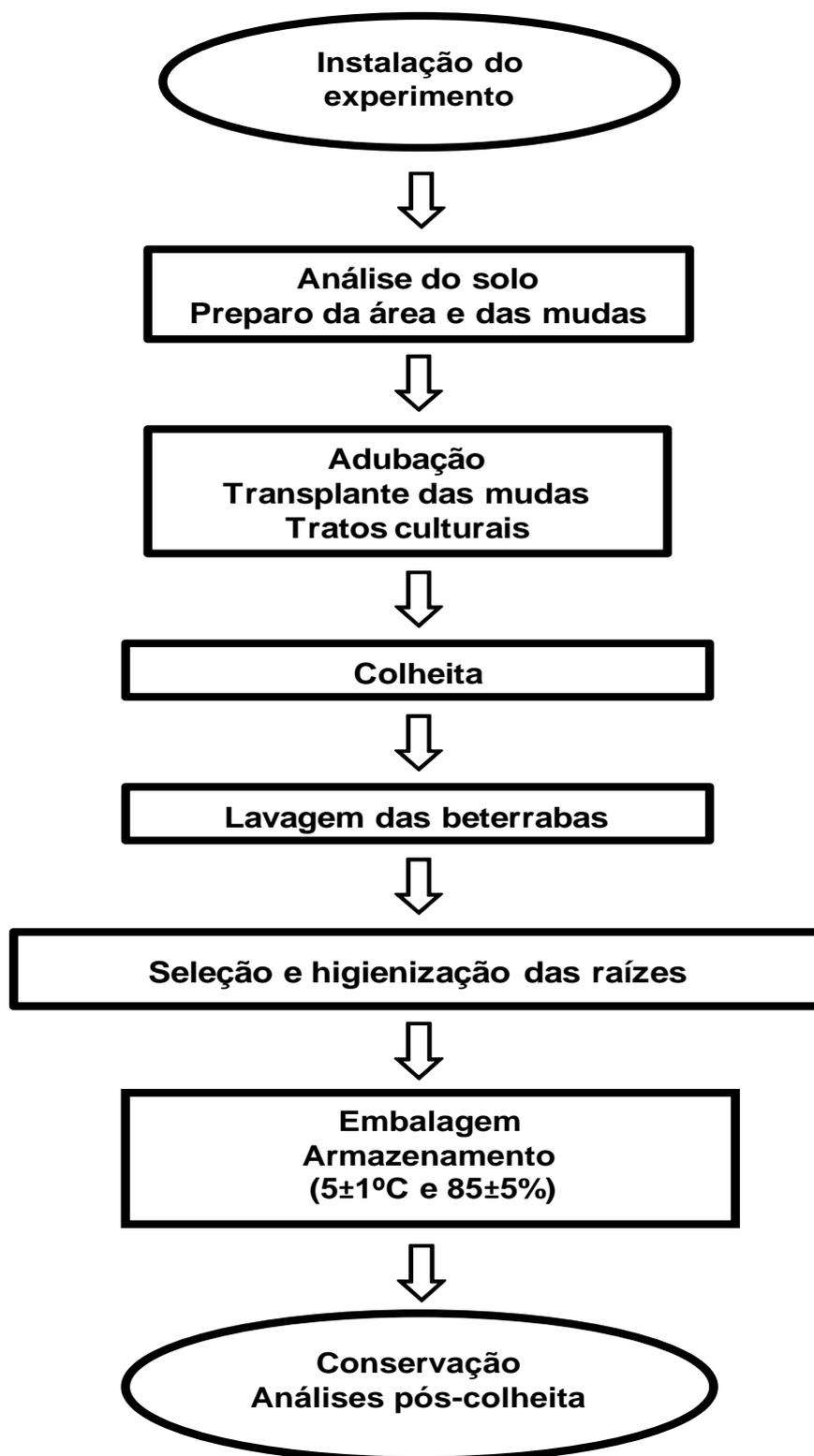
Trinta dias após a semeadura (DAS), as mudas foram transplantadas para a área experimental definitiva. Cada parcela foi constituída de quatro linhas longitudinais distanciadas a 0,25 m, e entre plantas de 0,10 m. Foram determinadas como parcela útil, as plantas contidas nas duas linhas centrais de cada parcela.

As beterrabas foram colhidas 60 dias após o transplante, sendo as mesmas acondicionadas em sacos devidamente identificados e transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, Departamento de Horticultura da UNESP/FCA, Campus de Botucatu/SP, para a realização das análises de qualidade físico-química e bioquímicas.

As raízes foram selecionadas eliminando-se as com injúrias, defeitos e presença de doença. Em seguida, as mesmas foram imersas em solução contendo 200ppm de cloro ativo por 15 minutos, enxaguadas em água corrente e secas em temperatura ambiente.

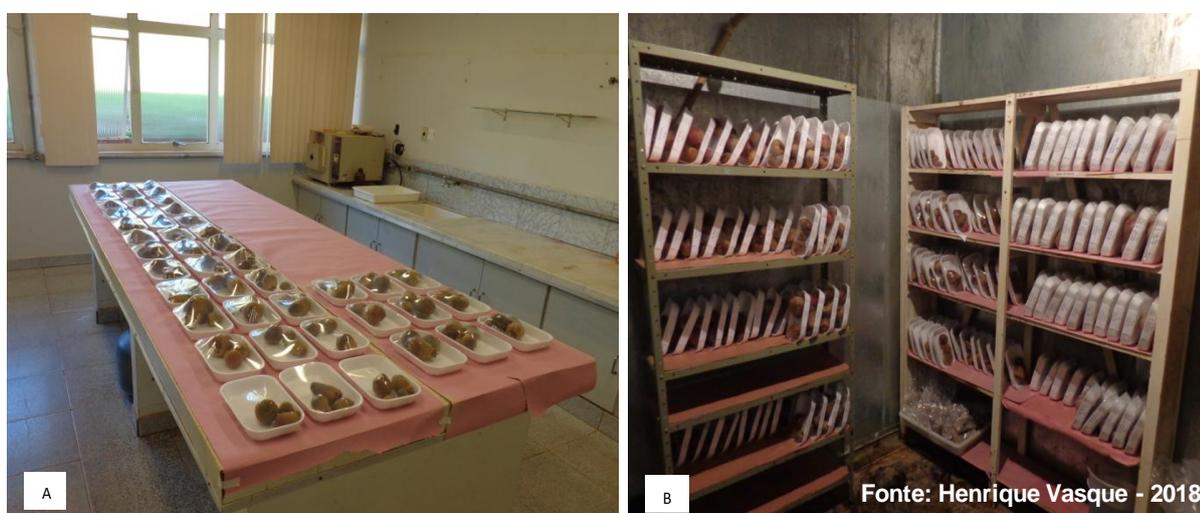
As etapas e avaliação das raízes de beterraba estão representadas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de etapas de produção e avaliação pós-colheita de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica



Posteriormente, as raízes foram acondicionadas em bandeja de poliestireno expandido, envoltas por filme plástico (policloreto de vinila - PVC) 0,020 mm (Figura 2A) e armazenadas em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e UR de 85 ± 5 % durante 28 dias (Figura 2B), sendo avaliadas a cada sete dias (0, 7, 14, 21 e 28 dias após a colheita).

Figuras 2 - (A) Raízes acondicionadas em bandeja de poliestireno expandido e envoltas por filme plástico (policloreto de vinila - PVC) 0,020 mm. Figura 7 - (B) Raízes armazenadas em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e UR de 85 ± 5 %



As metodologias adotadas para as análises pós-colheita das raízes de beterrabas estão descritas abaixo:

Análises físico-químicas

Perda de massa fresca

Para a determinação de perda de massa, cada bandeja contendo três raízes foi pesada em balança semi-analítica, MARTE, modelo BL 3200 H – carga máxima de 2000g e precisão de 0,01 g. Os resultados foram expressos em perdas percentuais, considerando-se a diferença entre a massa da matéria fresca inicial das raízes (MI) e a massa da matéria fresca das raízes (MF) obtida a cada dia de avaliação (7, 14, 21 e 28), conforme a equação: $\% PM = ((MI - MF) / MI) * 100$

Em que:

% PM = porcentagem de perda de massa parcial acumulada

MI = Massa inicial da amostra em um período determinado em g

MF= Massa final da amostra no período seguinte a MI em g

Posteriormente, as raízes foram trituradas, utilizando um Mixer comercial WALITA, homogeneizadas e acondicionadas em recipientes plásticos com tampa. Em seguida, foram armazenadas sob congelamento a -18°C .

Potencial hidrogeniônico (pH)

Através da medição da polpa (extrato aquoso das raízes de beterraba), com auxílio de um potenciômetro digital DMPH-2, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Sólidos solúveis (SS)

Determinado por leitura refratométrica direta com o uso de um refratômetro digital, ATAGO, onde foi aplicada uma gota do extrato aquoso de cada amostra de beterraba sob a lente do aparelho. Utilizou-se a metodologia segundo a (AOAC, 2005), e os resultados foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$.

Acidez titulável (AT)

Obtida através da titulação em $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ onde foram pesadas 5 g do extrato aquoso da beterraba, diluída em 100 mL de água destilada e acrescentadas de 0,3 mL do indicador fenolftaleína. Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 g^{-1} de polpa de beterraba, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Relação SS/AT (Ratio)

Determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT) Os resultados foram expressos em número puro, com uma casa decimal (TRESSLER e JOSLYN, 1961).

Determinação dos açúcares redutores (AR)

Os teores de açúcares foram determinados, segundo a metodologia descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B 382, sendo a leitura realizada a 535 nanômetros e os resultados expressos em porcentagem.

Taxa respiratória

Realizada em respirômetro, pela medida de CO₂ liberado. Os valores foram expressos em mililitro de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, conforme metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976).

A taxa de respiração foi calculada pela seguinte fórmula:

$$T \text{ CO}_2 = 2,2. (V0 - V1). 10/P.T$$

Onde:

T CO₂ = Taxa de respiração em (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹);

V0 = Volume de HCl gasto para a titulação de hidróxido de potássio – (padrão) antes da absorção de CO₂ (ml);

V1 = Volume de HCl para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção do CO₂ da respiração (ml);

T = Tempo de reação (hora);

P = Peso das raízes;

2,2 = Inerente ao equivalente de CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico;

10 = Ajuste para o total e hidróxido de potássio usado no experimento.

Avaliação da cor instrumental

A coloração foi determinada através da medição em dois pontos internos de cada lado da raiz, utilizando-se um colorímetro digital Konica Minolta (Chroma meter, CR 400), e os valores expressos em L*, C* e H*. Onde L*, indica valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), C* (Chroma), define a intensidade da cor variando de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa). O H* (°Hue), valor em grau correspondente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo) e 270° (azul), conforme descrição de Minolta (1998).

Análises da composição centesimal

Umidade

Para a quantificação de umidade foram pesadas três gramas da amostra e posteriormente, levado para secagem em estufa com aquecimento a 105 °C com ar

forçado até peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem, conforme metodologia descrita por Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

Cinzas

Para a determinação das cinzas, foram pesadas três gramas da amostra, as quais foram queimadas em Mufla a 550 a 570 °C. Os resultados foram expressos em porcentagem, conforme método descrito por Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

Matéria graxa

Determinada com o auxílio do extrator de matéria graxa (Soxleth), sendo utilizados três gramas de amostra e os resultados em porcentagem. Conforme método descrito por Horwitz (1995).

Proteína bruta

Procedimento realizado por digestão ácida em tubo digestor de Kjeldahl, conforme metodologia empregada por Horwitz (1995), onde foi pesado 1 grama da amostra e os valores expressos em porcentagem.

Análises bioquímicas

Para as análises bioquímicas, raízes foram descascadas e em seguida fatiadas em cubos com aproximadamente 1 cm³, com auxílio de uma faca devidamente esterilizada. Em seguida, as amostras foram resfriadas em nitrogênio líquido, e armazenados em freezer à temperatura de -18°C. Em seguida, as amostras foram maceradas até ficarem homogêneas e completamente pulverizadas. Este procedimento foi realizado em ambiente escuro para evitar qualquer alteração na amostra provocada pela presença de luz.

Determinação da atividade antioxidante

Determinada pelo método DPPH (1,1-difenil-2picrilidrazil). Sendo a capacidade antioxidante expressa em % DPPH reduzido, conforme metodologia descrita por Mensor et al. (2001).

Compostos fenólicos totais

O conteúdo total de compostos fenólicos do extrato etanólico da beterraba foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON, 1999). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico.100 g⁻¹ amostra.

Pigmentos

Foi determinada através da metodologia de Linder (1974) e Whitham et al. (1971). As amostra após serem pesadas (50 mg) e adicionadas com 3 mL de acetona tamponada Tris-HCl, foram homogeneizadas e centrifugadas durante 5 minutos a 2000 rpm. O sobrenadante foi retirado com auxílio de uma pipeta e a leitura da absorbância realizada em espectrofotômetro a 663nm para clorofila a, 647nm para colorofila b, 537nm para antocianinas e 470 nm para carotenóides. Os resultados foram expressos em ug por 100 g de beterraba.

Flavonóides

Nesta avaliação utilizou-se a metodologia adaptada de Santos (1998) e Awad et al. (2000). Foram pesadas 0,1g de amostra macerada em nitrogênio líquido, adicionado com 4 mL de metanol acidificado (Metanol 70% + ácido acético 10%). As amostras foram colocadas em banho ultrassônico durante 30 minutos, foi adicionado 1 mL de solução de cloreto de alumínio 5% (peso/volume) em metanol. Após este procedimento, as amostras permaneceram em local ausente de luz durante 30 minutos e posteriormente, centrifugadas por 20 minutos a 6000 rpm. A leitura do sobrenadante foi realizada através de um espectrofotômetro a 425nm. Os resultados foram expressos em de rutina 100 g⁻¹ de amostra e em mg de quercetina 100 g⁻¹ de amostra.

Análise sensorial

Em relação ao atributo aparência, as raízes foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas por filme plástico (PVC), e armazenadas em câmara fria a 5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %. Cada tratamento foi constituído por três embalagens, contendo em cada embalagem três raízes.

As amostras foram retiradas da câmara fria e imediatamente transportadas para o laboratório de aulas práticas localizado na UNESP/FCA, Campus de Botucatu, SP, sendo para cada dia de análise, avaliadas por 60 julgadores não

treinados, de ambos os sexos, com idade acima de 18 anos. As avaliações foram realizadas nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 após a colheita, durante o período da manhã. A ficha utilizada pelos avaliadores encontra-se no apêndice 1.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância através do teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias da adubação ou não com boro e nitrogênio. Para a descrição das variáveis em função dos períodos de armazenamento, foram realizadas análises de regressão. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do quadrado médio e níveis de significância para os teores de cinzas, umidade, proteína, matéria graxa e fibras em função da adubação com nitrogênio e boro, e interação entre os mesmos.

Para os teores de cinzas não houve influência significativa da adubação nitrogenada e bórica. O teor de cinzas representa a quantidade de minerais presentes no vegetal, os valores encontrados nesse trabalho (Tabela 3) se assemelham com os dados de outros trabalhos, que são de 1,28% (RAMOS, 2015) e 1,40% (CURVÊLO et al., 2018).

Tabela 2 – Quadrados médios para os teores de cinzas (%), umidade (%), proteína (%), matéria graxa (%) e fibras (%) de raízes de beterraba cultivar Tall Top Wonder em função da adubação com nitrogênio e boro. UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Causa da variação	Quadrados médios				
	Cinzas	Umidade	Proteína	Matéria graxa	Fibras
Nitrogênio	0,3606	1,7620	0,2013 *	0,0075 *	0,4797
Boro	0,0101	1,2943	0,0709	0,0009	0,8712
Nitrogênio x Boro	0,1331	0,3689	0,0015	0,0037	2,7204 *
Média geral	1,3233	86,9731	1,3009	0,0776	2,9709
CV (%)	18,25	15,22	10,90	26,16	23,40

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Conforme NEPA (2016) a quantidade média de cinzas encontrada em raízes de beterraba é de 0,9%, valor inferior ao obtido nesse trabalho (Tabela 3),

provavelmente devido a diferentes fatores tais como cultivares, tipo de solo, adubação, irrigação, cultivo e estágio de maturação (RAMOS, 2015).

Os teores de umidade não foram influenciados pela adubação nitrogenada e bórica, as raízes apresentaram valor médio de 86,97% (Tabela 3). Estes resultados corroboram com os de outros trabalhos, que foram de 87,3% (TIVELLI et al., 2011) e 86% (NEPA, 2016). Porém, abaixo do teor encontrado por (CURVÊLO et al., 2018), que foi de 93,86%.

Tabela 3 - Valores médios de umidade (%) e cinzas (%) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica. UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Cinzas	Umidade
SNSB	1,36	87,51
SNCB	1,62	87,22
CNSB	1,22	87,09
CNCB	1,07	86,08
Média	1,31	86,97

As médias do tratamento e interação não foram significativas entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio.

Os valores de umidade das raízes de beterraba estão em conformidade aos do NEPA (2016) onde discrimina valor de umidade da beterraba crua de 86%. Segundo Albuquerque (2013) o percentual de umidade é responsável pelo nível de hidratação em que o tecido vegetal se encontra, proporcionando boa aparência ao produto.

A adubação nitrogenada promoveu efeito significativo nos teores de proteínas (Tabela 4), observou-se que as beterrabas que não foram adubadas com nitrogênio apresentaram valores abaixo do estabelecido pelo (NEPA, 2016) que é de 1,89 %. Porém, nos tratamentos com nitrogênio o teor de proteína apresentou acréscimo de 53% (Tabela 4) alcançando valor próximo aos do (NEPA, 2016). O aumento do teor de proteínas nas raízes pode estar relacionado ao papel do nitrogênio no metabolismo vegetal, pois este nutriente é responsável pela formação de aminoácidos, ácidos nucléicos e clorofilas, os quais exercem influência sobre os processos bioquímicos e fisiológicos da planta, como a atividade fotossintética e taxa de translocação de fotoassimilados (TRANI et al., 2013).

Nos vegetais a deficiência em nitrogênio afeta a síntese de DNA e RNA, levando, em consequência, à menor produção de proteínas pelas plantas (FAQUIN e ANDRADE 2004), como verificado nesse trabalho.

Curvêlo et al., 2018 avaliando o efeito da adubação mineral e orgânica na produção e qualidade pós-colheita de beterraba cultivar Early Wonder, verificaram valor médio de 0,20 para o teor de proteína, acima do encontrado nesse trabalho (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de proteína (%) e matéria graxa (%) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada. UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Proteína	Matéria graxa
SN	1,17 b	0,05 b
CN	1,83 a	0,10 a
CV (%)	10,90	26,16

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. CV (%): coeficiente de variação.

Os teores de matéria graxa foram influenciados pela adubação nitrogenada (Tabela 4). Em comparação com os dados do (NEPA, 2016), onde apresenta valor de matéria graxa da beterraba de 0,1 g em cada grama de beterraba, observou-se que as beterrabas que não foram adubadas com nitrogênio apresentaram menores valores (0,05 g). Já nos tratamentos com nitrogênio, o teor de matéria graxa atingiu aumento de 100%, conforme Tabela 4.

O nitrogênio desempenha funções específicas nas plantas, como na síntese de vários hormônios vegetais e regulação de diversas reações metabólicas, causando alterações no metabolismo vegetal, dentre elas, na formação de proteínas e matéria graxa (TAIZ e ZAIGER, 2013), como observado no presente estudo.

Curvêlo et al. (2018) observaram valor médio de 0,1% para o teor de matéria graxa em raízes de beterraba cultivar Early Wonder, acima do encontrado nesse trabalho para os tratamentos sem nitrogênio, que foi de 0,05%, no entanto, semelhante a média dos tratamentos com nitrogênio (Tabela 4).

Em relação aos teores de fibras das raízes, houve influência da interação entre os fatores adubação nitrogenada e bórica. Conforme a Tabela 5 observou-se maior

teor de fibras para o tratamento sem nitrogênio e sem boro (SNSB) com 3,91 %, porém não se diferindo estatisticamente do tratamento com nitrogênio e boro (CNCB) que apresentou valor de 2,97 %.

Quando o boro foi aplicado sem nitrogênio foi verificado efeito antagônico entre os mesmos, ou seja, diminuição nos teores de fibras, porém, quando o micronutriente foi aplicado juntamente com o nitrogênio, houve efeito sinérgico com aumento de 23% nos teores de fibras (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de fibras (%) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica. UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Fibras	
	SB	CB
SN	3,91 Aa	2,42 Ba
CN	2,56 Ab	3,07 Aa
CV (%)	23,40	23,40

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

Nitrogênio e boro são nutrientes essenciais para o metabolismo vegetal, neste trabalho, o fornecimento de nitrogênio juntamente com o boro proporcionou aumento nos teores de fibras em raízes de beterraba. Resultados de pesquisas sobre a influência da adubação nitrogenada e bórica nos teores de fibras em beterraba são escassos.

Para perda de massa das raízes foi observado efeito significativo nos fatores isolados, adubação nitrogenada, bórica e tempo de armazenamento, e na interação entre o período de armazenamento em função da adubação nitrogenada (Tabela 6).

Houve aumento na perda de massa com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos (Tabela 6). Este comportamento pode ser atribuído à perda de água por transpiração e do material de reserva provocado pela atividade respiratória das raízes (FINGER e VIEIRA, 1997).

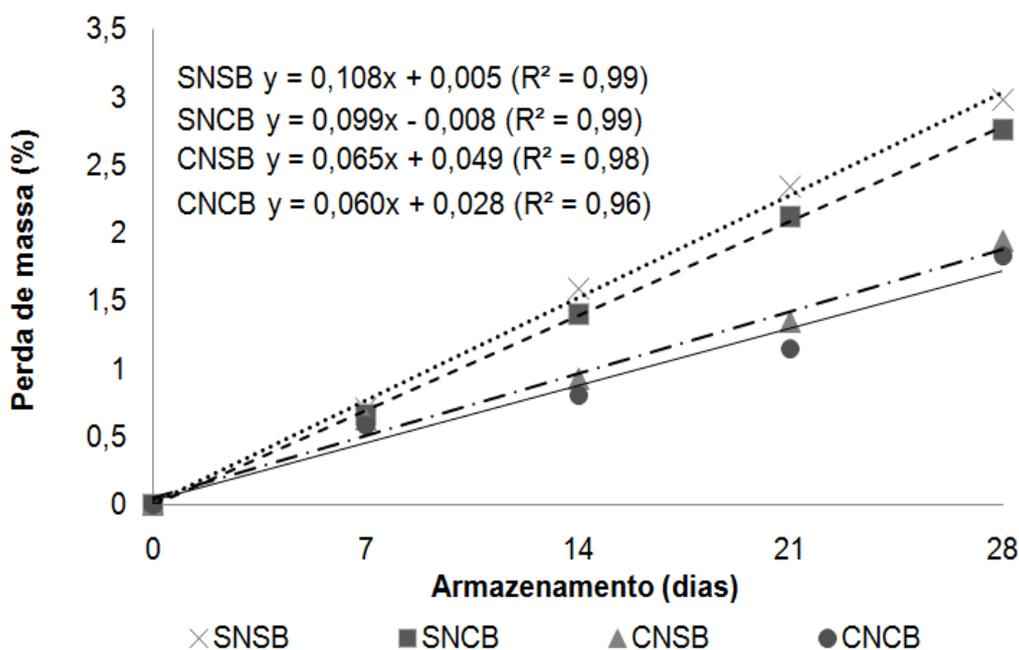
Tabela 6 - Quadrado médio e análise de variância para perda de massa fresca (%) das raízes de beterraba em função da adubação (CN) ou não com nitrogênio (SN), e com boro (CB) ou sem boro (SB), armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) de $85 \pm 5\%$, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Fatores de Variação		Perda de Massa (%)
Adubação com nitrogênio (N)	SN	1,47 a
	CN	1,24 b
Adubação com boro (B)	SB	1,41 a
	CB	1,29 b
Tempos de Armazenamento (TA)	0	0,00 e
	7	0,64 d
	14	1,35 c
	21	2,06 b
	28	2,71 a
Valor de p	Interação N x B	0,49
	Interação N x TA	0,01 *
	Interação B x TA	0,39
	Interação N x B x TA	0,98

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo a 5% de probabilidade para o teste F. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. TA: tempo de armazenamento.

A perda de massa resulta no murchamento e amolecimento dos tecidos, tornando o vegetal mais susceptível às deteriorações e às alterações indesejáveis no sabor e na aparência, sendo que para a maioria dos produtos hortícolas, a máxima perda de massa fresca tolerada varia entre 5 e 10% (FINGER e VIEIRA, 2002). Porém, observou-se que ao longo dos 28 dias de armazenamento as raízes apresentaram perda de massa fresca abaixo de 3% em todos os tratamentos, indicando a influência positiva do armazenamento controlado de umidade e temperatura na conservação das raízes (Figura 3).

Figura 3 - Perda de massa fresca (%) em raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica e acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido de vinila e armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) de $85 \pm 5 \%$, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018



SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro
 CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Arruda et al. (2004) trabalhando com raízes de beterraba armazenadas em câmara fria, sob diferentes tipos de embalagens (filme de cloreto de polivinila 12 μ (PVC), cera de carnaúba e biofilme de fécula de mandioca, observaram que todos os tratamentos apresentaram perdas de matéria fresca acima de 15%, com exceção das raízes envoltas em filme de PVC, as quais, aos 9 dias de armazenamento apresentaram perdas de massa em torno de 2,7%, valor superior a média obtida neste trabalho no 7º dia de armazenamento (0,64%), conforme Figura 3.

Para o fator adubação, observou-se que a omissão de nitrogênio provocou aumento na perda de massa fresca das raízes, sendo que para o 28º dia de armazenamento, a média dos tratamentos sem nitrogênio (2,87%) apresentou perdas de 52% a mais do que a média dos tratamentos com nitrogênio (1,88%), conforme Tabela 7. Este fato pode estar relacionado à importância do nitrogênio em diversos processos fisiológicos vitais para a vida das plantas, como na formação dos compostos orgânicos como aminoácidos e ácidos nucleicos, influenciando

diretamente na respiração celular, fotossíntese, absorção de íons, multiplicação e diferenciação celular (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Marques et al. (2010) em experimento realizado com a cultura da beterraba, também verificaram influência positiva da adubação nitrogenada na produção total e no acúmulo de massa fresca das raízes. Porém os mesmos autores não verificaram influência do nitrogênio na perda de massa fresca das raízes.

Tabela 7 – Perda de massa fresca em raízes de beterraba (%), em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamento	Período de armazenamento (dias)					Média
	0	7	14	21	28	
SN	0 a	0,68 a	1,49 a	2,23 a	2,87 a	1,81 a
CN	0 a	0,60 a	0,87 b	1,25 b	1,88 b	1,15 b
Média	0 E	0,64 D	1,18 C	1,74 B	2,37 A	
CV (%)	16,34					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. CV (%): coeficiente de variação.

Em relação ao boro, foi verificada maior perda de massa média nos tratamentos sem o micronutriente com 10% a mais em comparação a média dos tratamentos com boro (Tabela 8). O boro contribui na formação e proteção das células da parede do vegetal, quando ausente provoca aumento da deterioração nas raízes (KIRKBY e ROMHELD, 2007), tal afirmação possivelmente justifica a maior perda de massa fresca das raízes dos tratamentos sem a adubação bórica nesse estudo.

Tabela 8 – Perda de massa fresca (%) em raízes de beterraba em função da adubação bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamento	Período de armazenamento (dias)					Média
	0	7	14	21	28	
SB	0 a	0,67 a	1,25 a	1,84 a	2,46 a	1,55 a
CB	0 a	0,62 a	1,11 a	1,64 a	2,29 a	1,41 b
CV (%)	16,34					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

Não foram relatados na literatura informações sobre uma possível contribuição do boro na diminuição da perda de massa fresca em raiz de beterraba. No entanto, Souza e Resende (2003) avaliando a influência da adubação bórica na cultura da alface, verificaram redução de perda de peso pela adição de boro.

Para o pH, foram observadas diferenças significativas para o fator isolado N e tempo de armazenamento. Não houve influência da adubação bórica e interação entre os fatores (Tabela 9).

Tabela 9 – Quadrados médios para potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (g ácido cítrico 100 g⁻¹), sólidos solúveis (°Brix) e “Ratio” de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de 5 ± 1°C e umidade relativa (UR) de 85 ± 5%, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Causa da variação	Quadrados médios			
	pH	Acidez Titulável	Sólidos Solúveis	RATIO
Nitrogênio	0,3557 *	0,0010	5,1626	1272,7151*
Boro	0,0026	0,0004	0,8640	16,9296
Tempo de armazenamento	0,1580 *	0,0034 *	1,7547	385,1111*
Nitrogênio x Boro	0,0009	0,0001	0,0060	10,3393
Nitrogênio x Dia	0,0242	0,0002	3,2947	96,0278
Boro x Dia	0,0009	0,0003	0,7144	69,3330
Nitrogênio x Boro x Dia	0,0008	0,0005	2,2064	71,4000
Média geral	6,0130	0,1633	11,2900	70,8635
CV (%)	3,15	11,78	10,65	13,93

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Na tabela 10, nota-se que o maior valor de pH ocorreu no 1º dia de avaliação, com valor médio entre os tratamentos de 6,21. Posteriormente, ao 7º dia houve decréscimo, porém, não havendo diferença a partir do referido período até o último dia de avaliação.

O valor médio de pH das beterrabas nesse trabalho se assemelha com os de outros trabalhos, que são de 5,87 (RAMOS, 2015), 5,96 (HERNANDES, 2006) e de 6,12 (CURVÊLO et al., 2018). O menor valor de pH foi observado nos tratamentos sem nitrogênio, com 5,84 no 14º dia de armazenamento (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores de pH da raiz de beterraba em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	pH					
SN	6,20	5,89	5,84 b	5,85	5,88	5,94b
CN	6,22	6,05	6,09 a	6,04	6,05	6,09a
Médias	6,21 A	5,97 B	5,96 B	5,95 B	5,94 B	
CV (%)	3,15					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. CV (%): coeficiente de variação.

Os dados obtidos neste trabalho não corroboram com os encontrados por Barreto et al. (2013) os quais não constataram influência da adubação nitrogenada no pH das raízes de beterraba, obtendo-se média de 6,58. Também, Curvêlo et al. (2018) avaliando o efeito da adubação orgânica e mineral na beterraba Early Wonder, não observaram influência da adubação nitrogenada no pH das raízes. Marques et al. (2010) verificaram que a composição química das raízes de beterraba variou com o tipo de solo, variedade e estágio de maturação, fato que pode explicar a diferença entre os dados desse estudo e os encontrados na literatura.

Quanto à acidez titulável, foi observada diferença significativa apenas para o fator tempo de armazenamento, com maior valor obtido no 21º dia de armazenamento (Tabela 11).

Os valores neste trabalho são menores em relação aos observados por Oliveira et al. (2005) os quais avaliando o efeito da adubação mineral na cultura da beterraba verificaram valor de 1,05 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ e Ramos (2015) em beterrabas da cultivar híbrida Borus, com valor de 1,72 g de ácido cítrico.100 g⁻¹.

Sanches et al. (2017) avaliaram a qualidade das raízes de beterraba armazenadas durante sete dias à temperatura de 5°C e também observaram aumento nos valores de acidez titulável com o tempo de armazenamento com média de 0,05 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ de raiz no 1º dia de avaliação para 0,23 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ da raiz no 7º dia.

Tabela 11 - Acidez titulável (g de ácido cítrico. 100 g⁻¹) da raiz de beterraba em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Acidez Titulável					
Dias de armazenamento					
Tratamentos	0	7	14	21	28
SNSB	0,16	0,15	0,16	0,19	0,13
SNCB	0,15	0,14	0,16	0,18	0,15
CNSB	0,17	0,16	0,17	0,19	0,16
CNCB	0,18	0,16	0,16	0,20	0,15
Média	0,16B	0,15B	0,16B	0,19A	0,14B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro; CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Avaliando o desempenho da beterraba 'Katrina' submetida a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, Barcelos (2010) não constatou alteração na acidez titulável em função da adubação nitrogenada. Barreto et al. (2013) não verificaram efeito do nitrogênio na acidez titulável nas raízes de beterraba, com valor médio de 1,07 g de ácido cítrico, 100 g⁻¹, acima do encontrado neste trabalho.

A acidez é atribuída à presença dos ácidos orgânicos que se encontram dissolvida nos vacúolos das células vegetais, contribuindo para o aroma característico em alguns produtos hortícolas (NASSUR, 2009). De acordo com Morgan (2012) estes ácidos podem ser acumulados durante o desenvolvimento do vegetal, ocorrendo o aumento da acidez, como observado nesse trabalho no 21º dia de armazenamento. Porém, durante o processo de maturação e amadurecimento, os teores de ácidos orgânicos podem diminuir, devido ao processo respiratório ou pela conversão em açúcares (GOUVEIA et al., 2014), conforme verificado nesse estudo no 28º dia de armazenamento.

Para sólidos solúveis foram observados que durante os 28 dias de armazenamento não houve influência da adubação nitrogenada e bórica bem como na interação destes fatores com o tempo de armazenamento, o que possibilita a interpretação de que o nitrogênio e o boro não interferiram na variação dos sólidos solúveis da raiz de beterraba durante o armazenamento (Tabela 12).

Tabela 12 - Sólidos solúveis (°Brix) da raiz de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Sólidos solúveis					Média
	Dia de armazenamento					
	0	7	14	21	28	
SNSB	11,10	11,57	12,03	12,17	11,60	11,69
SNCB	11,23	10,17	12,67	12,30	11,00	11,47
CNSB	11,50	10,60	11,37	11,40	10,77	11,13
CNCB	12,70	11,73	10,07	10,53	9,57	10,92
Média	11,63	11,02	11,53	11,60	10,73	

As médias do tratamento e interação não foram significativas entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro; CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Sanches et al. (2017) simulando a comercialização de beterraba nos pontos de venda a varejo, verificaram que raízes acondicionadas em bandejas de isopor de poliestireno revestidas com filme plástico de PVC 14 micras e armazenadas em refrigerador a 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) e 85% (5% de UR), obtiveram valores entre 10,8 a 12,2 °Brix, similares a este trabalho.

Segundo (TRANI et al., 2005) a influência da adubação nas características físico-químicas na cultura da beterraba depende do tipo de solo, modo de adubação, fonte de nutriente, entre outros fatores. Barreto et al. (2013) estudando duas variedades de beterraba (Early Wonder e Itapuã) não verificaram alterações no teor de sólidos nas raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada, obtendo valores semelhantes a este trabalho. Porém, Aquino et al. (2006) observaram que o nitrogênio proporcionou aumento nos teores de sólidos solúveis na cultivar Early Wonder 2000, com valores estimados de 10,4 °Brix, entretanto, também próximos aos obtidos neste trabalho.

O “*Ratio*”, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), foi influenciado pela adubação nitrogenada e pelo tempo de armazenamento (Tabela 9). Durante o período de armazenamento, foi verificado maior “*Ratio*” nos tratamentos sem adubação nitrogenada, com média de 75,47, em comparação aos tratamentos com nitrogênio, que foi de 66,25 (Tabela 13).

Tabela 13 - Relação SS/AT “Ratio” das raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	<i>“Ratio”</i>					
SN	71,55 a	79,75 a	77,44 a	66,80 a	81,48 a	75,47 a
CN	71,19 a	72,40 a	63,90 b	56,31 b	67,48 b	66,25 b
Médias	71,37 AB	76,08 A	70,67 AB	61,55 B	74,63 A	
CV (%)	13,93					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. CV (%): coeficiente de variação.

O incremento nos valores de “Ratio” nas beterrabas que não foram adubadas com nitrogênio pode estar associado à redução nos seus teores de acidez e aumento dos sólidos solúveis em decorrência do processo respiratório, conversão de energia em açúcares e pela maior perda de massa durante o período de armazenamento, proporcionando maior concentração de substratos nas raízes (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

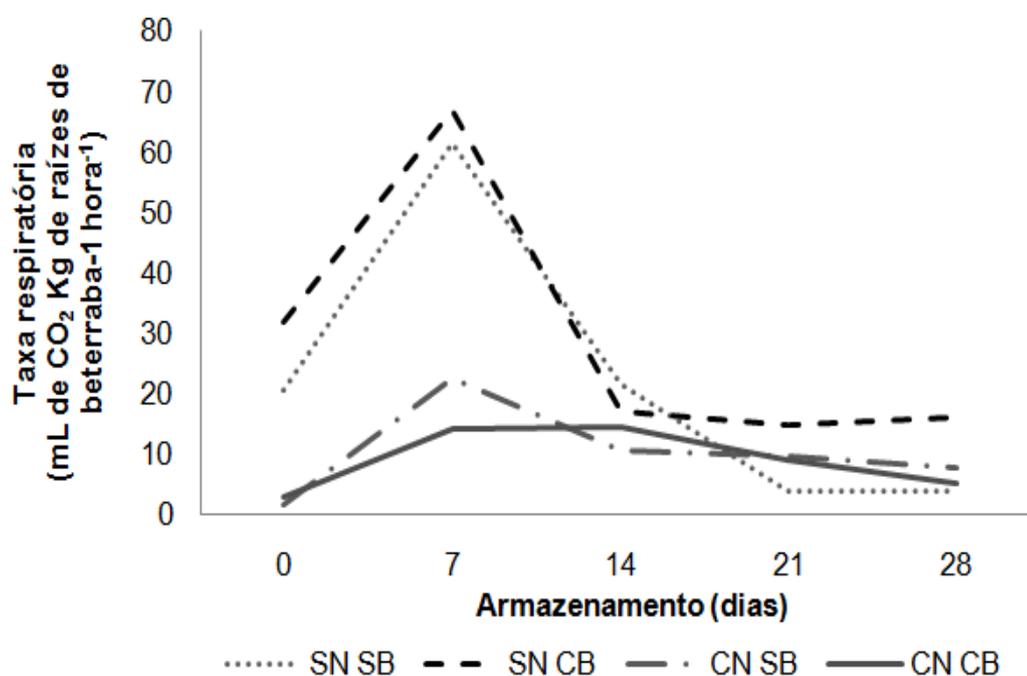
O “Ratio” representa o equilíbrio entre os açúcares e ácidos orgânicos presentes nos vegetais, sendo relacionado com o estágio de maturação e palatabilidade dos produtos hortícolas (BENEVIDES et al., 2008). Segundo Pierro (2002) fatores como adubação e condições de armazenamento têm influência na quantidade de açúcares e ácidos orgânicos nos vegetais. Coutinho et al. (2016) avaliando diferentes cultivares de beterraba, verificaram que para a cultivar Tall Top Early Wonder, a relação de SS/AT foi de 76,92, semelhante a este trabalho. Já Ramos et al. (2015) avaliando raízes de beterraba cultivar Borus, obtiveram valores de SS/AT de 95,9, superior ao obtido neste trabalho.

Para a atividade respiratória das raízes de beterraba, foi verificado que as raízes dos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada apresentaram média superior de 159% em comparação à média das raízes dos tratamentos com nitrogênio (Figura 4).

No 1º dia de avaliação foi verificado maior acréscimo na taxa respiratória nas raízes sem adubação nitrogenada com média de 26,25 ml CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹, em comparação com a média dos tratamentos com nitrogênio, cujo valor foi de 2,24 ml

$\text{CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Em relação ao boro, nota-se que a média da taxa respiratória das raízes com adubação bórica foi de 24% maior em relação à média dos tratamentos sem boro (Figura 4).

Figura 4 – Taxa de respiração ($\text{ml CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) em raízes de beterrabas em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas a temperatura de $5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) $85 \pm 5 \%$, UNESP/FCA, 2018



SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro
CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Observou-se que as raízes dos tratamentos sem nitrogênio e sem boro (SNSB), bem como as raízes do tratamento sem nitrogênio e com boro (SNCB) apresentaram maiores taxas de respiração, alcançando pico respiratório no 7º dia de armazenamento, com valores de 57,31 e 66,86 $\text{ml CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. Já as raízes do tratamento com nitrogênio e sem boro (CNSB) apesar de também apresentarem pico respiratório no 7º dia de avaliação, apresentaram menores taxas respiratórias, com valor médio de 22,63 $\text{ml CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, conforme Figura 4.

Esta variação na taxa respiratória das raízes de beterraba pode estar relacionada ao estresse nutricional provocado pelo desequilíbrio entre o nitrogênio e o boro, pois segundo Kluge et al. (2006) o fornecimento inadequado de nutrientes provoca desordens metabólicas e estresse no vegetal, e consequentemente,

provoca aumento na taxa respiratória e estímulo à formação de metabólitos secundários de defesa, além de causar alterações de natureza química e física, como escurecimento enzimático, oxidação de lipídios e aumento na perda de massa fresca das raízes.

De outra forma, o fornecimento adequado de macro e micronutrientes melhoram o estado nutricional da planta, aumentando a resistência da mesma às alterações provocadas pelo ambiente, como variação de temperatura, umidade e defesa contra as doenças (ALVES et al., 2008). Fato este, observado nas raízes do tratamento com nitrogênio e boro (CNCB), as quais além de apresentarem baixas taxas respiratórias, com média de $9,84 \text{ CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ durante os 28 dias de avaliação, também obtiveram pico respiratório no 14º dia de armazenamento, ou seja, menor deterioração nas raízes durante o tempo de armazenamento (Figura 4).

Sanches et al. (2017) estudando o comportamento respiratório de raízes de beterraba armazenadas durante sete dias à temperatura de 5º C, verificaram que após 1 hora de armazenamento as raízes apresentaram valores médios de $12,13 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Porém, os mesmos autores verificaram que no sexto dia de avaliação ocorreu pico respiratório das raízes atingindo média de $62,13 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, valor similar observado nos tratamentos sem nitrogênio do presente estudo, porém superior a média dos tratamentos com nitrogênio.

A coloração é um dos atributos mais importante dos alimentos, pois define sua aparência e é utilizada como critério para identificar e julgar a qualidade do produto (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007). Segundo Arias (2000) valores de °Hue mais próximos de 0º indicam tonalidades mais fortes de vermelhos, enquanto que mais próximo de 90º representa o amarelo, já os valores de chroma indica a intensidade da cor, que varia de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa). Porém, conforme a Tabela 14, não foi verificado influência da adubação nitrogenada e bórica, bem como na interação destes fatores com o tempo de armazenamento na saturação da cor (chroma) e no ângulo Hue (º Hue).

Tabela 14 – Quadrados médios para luminosidade (L), chroma e ângulo Hue ($^{\circ}$ Hue) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e umidade relativa (UR) de $85 \pm 5\%$, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Causa da variação	Quadrados médios		
	Valor L*	Chroma	$^{\circ}$ Hue
Nitrogênio	6,0166	0,0334	0,0062
Boro	1,4936	1,1732	1,3953
DIA	8,7509	30,2496	3,2514
Nitrogênio x Boro	52,8656 *	10,9084	0,0200
Nitrogênio x Dia	3,8846	9,8792	1,1770
Boro x Dia	10,1547	7,5384	2,8745
Nitrogênio x Boro x Dia	2,2390	22,3844	2,6244
Média geral	27,4615	40,9643	16,4800
CV (%)	9,35	9,01	11,30

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Ramos (2015) avaliando a qualidade de raízes de beterraba cultivar Borus observou menor valor de chroma (26,50) e ângulo de cor Hue (13,77) do que o encontrado neste trabalho (Tabela 15).

Tabela 15 - Valores de chroma e ângulo Hue ($^{\circ}$ Hue) das raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
Chroma						
SNSB	40,04	37,21	43,33	44,09	41,45	41,22
SNCB	43,3	39,18	38,83	41,42	40,54	40,65
CNSB	41,89	39,43	42,34	42,17	36,27	40,42
CNCB	40,19	38,89	45,28	41,41	42,01	41,55
Média	41,35	38,68	42,44	42,27	40,06	
Ângulo de cor ($^{\circ}$ Hue)						
SNSB	18,13	16,11	16,59	16,55	15,82	16,64
SNCB	16,85	16,17	15,71	16,67	16,09	16,3
CNSB	17,65	17,21	15,88	17,53	14,86	16,62
CNCB	15,74	15,63	17,89	16,39	16,13	16,36
Média	17,09	16,28	16,51	16,78	15,72	

As médias do tratamento e interação não foram significativas entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro; CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Para a Luminosidade (L^*) houve influência da interação entre a adubação nitrogenada e bórica (Tabela 14). Ramos (2015) avaliou a qualidade de raízes de beterraba cultivar Borus e encontrou valor médio de 22,99 para a luminosidade, sendo este menor do que a média observada nesse trabalho que foi de 27,45 (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores de Luminosidade (L^*) das raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

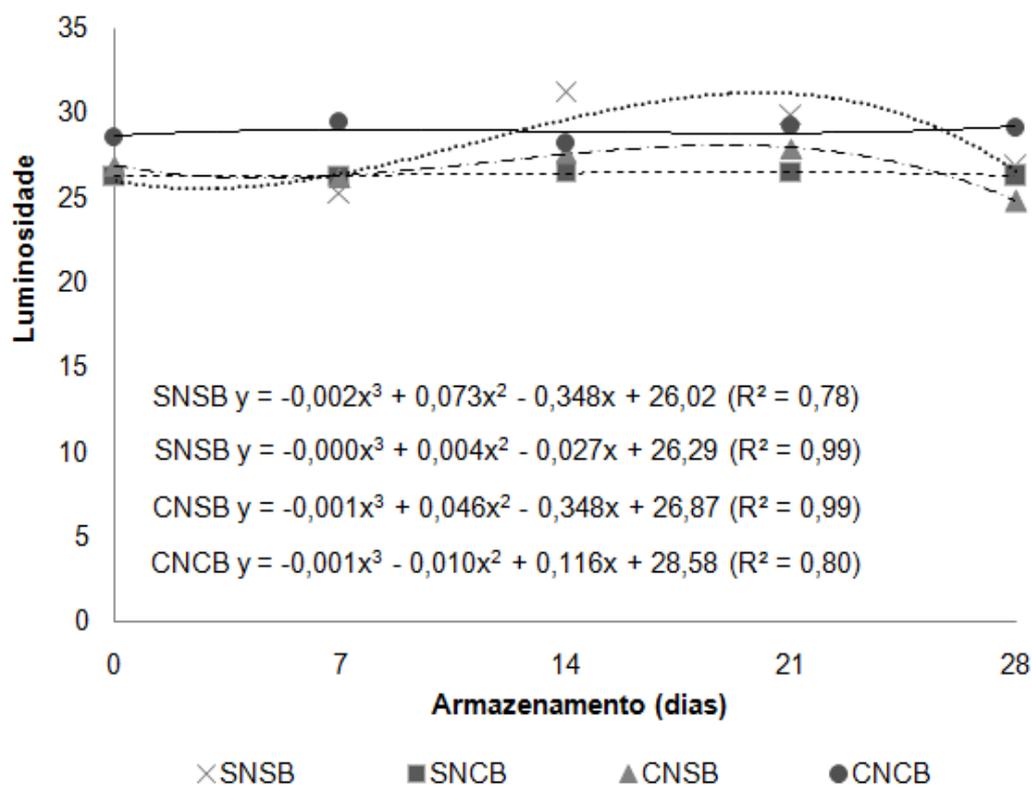
Tratamentos	Luminosidade (L^*)	
	SB	CB
SN	27,92 Aa	26,68 Ab
CN	26,36 Ba	28,87 Aa
CV (%)	9,35	9,35

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

As raízes do tratamento sem nitrogênio e sem boro (SNSB) apresentaram maiores variações de Luminosidade durante o período de armazenamento, com valores de 25,28 no 7^o dia de avaliação para 31,29 no 14^o dia. Tal comportamento pode estar relacionado às alterações no metabolismo do vegetal provocadas pela deficiência do nitrogênio e do boro, comprometendo a qualidade das raízes (Figura 5). As raízes do tratamento com nitrogênio e boro (CNCB) apresentaram poucas variações, ou seja, maior estabilidade no valor de luminosidade, com valor médio de 28,87 durante todo período de armazenamento.

Ferreira et al. (2016) observaram que com o fornecimento de nitrogênio em cobertura proporcionou aumento na Luminosidade em pêssegos, porém, na literatura não foram encontrados estudos relacionando a influência da adubação nitrogenada, bem como a bórica nos valores de Luminosidade em raízes de beterraba.

Figura 5 - Valores de Luminosidade (L*) da parte interna das raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu - SP, 2018



SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro
 CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

A estabilidade na coloração é um fator importante para o critério de aceitação visual do produto. Teixeira (2013) avaliou a caracterização dos fatores de escolha de hortaliças, comprovou que a cor foi um dos critérios que mais influenciou na decisão de compra do produto, atingindo percentual de 74,4%. Esta afirmação corrobora com este experimento, caracterizando a importância da estabilidade da luminosidade em raízes de beterraba, com o objetivo de aumentar a vida de prateleira e aceitação do público consumidor deste vegetal.

Para os teores de açúcares redutores, nota-se que os mesmos foram influenciados pelos fatores isolados adubação nitrogenada e tempo de armazenamento (Tabela 17).

Tabela 17 - Quadrado médio para açúcares redutores (AR) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) de $85 \pm 5\%$, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Causa da variação	Quadrado médio
	AR
Nitrogênio	0,0240 *
Boro	0,0001
DIA	0,0035 *
Nitrogênio x Boro	0,0006
Nitrogênio x Dia	0,0008
Boro x Dia	0,0001
Nitrogênio x Boro x Dia	0,0003
Média geral	0,1580
CV (%)	18,86

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Durante o armazenamento, o conteúdo dos açúcares redutores aumentou, com maiores teores no 21º e 28 º dia com médias de 0,17 e 0,18% respectivamente, em relação ao dia 0 (dia da colheita) o qual obteve média de 0,13% (Tabela 18). O aumento no teor de açúcares redutores pode ter ocorrido pela evolução da maturação juntamente com a perda de massa fresca das raízes (JIE et al., 2013). Os açúcares constituem cerca de 65% dos sólidos solúveis totais e se acumulam na fase final da maturação devido a conversão de amido em açúcares (ALVARENGA, 2004).

Tabela 18 - Teores de açúcares redutores (AR) das raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de $5^\circ\text{C} \pm 1$ e umidade relativa (UR) $85 \pm 5\%$ UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	AR					
SN	0,12 A	0,13 B	0,13 B	0,14 B	0,15 B	0,14 B
CN	0,14 A	0,16 A	0,18 A	0,20 A	0,20 A	0,18 A
Média	0,13 b	0,14 ab	0,16 ab	0,17 a	0,18 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura.

Os valores de açúcares observados no presente trabalho foram próximos aos obtidos por Ramos et al. (2015) avaliando a qualidade físico-química das raízes de beterraba cultivar Borus, com valor de 0,18%.

Em relação à adubação, o fornecimento de nitrogênio proporcionou aumento de 28% nos teores de açúcares redutores em comparação a média das raízes dos tratamentos que não receberam nitrogênio.

O menor teor de açúcar nas raízes de beterraba dos tratamentos sem adubação nitrogenada pode estar relacionado ao estresse provocado pela deficiência do nitrogênio, pois este nutriente participa na formação dos ácidos nucléicos, proteínas e no acúmulo de carboidratos (TAIZ e ZEIGER, 2013), portanto, quando em deficiência, pode provocar aumento da taxa respiratória e degradação dos carboidratos nas raízes. Além disso, a deficiência de nitrogênio pode afetar as fases de formação de órgãos para absorção de nutrientes e fotossíntese e na translocação e acúmulo de assimilados, entre eles os açúcares (LOPES, 2015). Winzer et al. (1996) também observaram aumento no teor de açúcares em beterraba com a disponibilidade de nitrogênio.

Segundo Evangelista et al. (2008) os açúcares e ácidos são os principais compostos consumidos durante a respiração dos produtos armazenados, sendo que os mesmos tendem a diminuir com o aumento da taxa respiratória, haja vista que a glicose é o açúcar redutor utilizado direto para a oxidação, no processo respiratório, via ciclo de Krebs (TAIZ e ZEIGER, 2013), fato este observado no presente estudo.

A adubação bórica não causou alteração nos teores de açúcar nas raízes durante o armazenamento, mantendo valor médio de 0,15% para o teor de açúcar redutor.

Para os teores de antocianinas foram observadas diferenças significativas para os fatores isolados adubação nitrogenada e período de armazenamento, entre a adubação com boro e nitrogênio e entre o período de armazenamento em função da adubação nitrogenada (Tabela 19).

Tabela 19 - Quadrados médios para antocianinas (mg 100 g⁻¹), carotenóides (mg 100 g⁻¹) e flavonóides (mg de quercetina 100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de 5 ± 1°C e umidade relativa (UR) de 85 ± 5%, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Causa da variação	Quadrados médios		
	Antocianinas	Carotenóides	Flavonóides
Nitrogênio	300,7070*	2,6414	139,7816 *
Boro	4,5426	1,8869	105,2315 *
DIA	81,6751*	0,2325	16,2048
Nitrogênio x Boro	198,2470 *	0,0216	100,9325 *
Nitrogênio x Dia	38,5491*	0,4170	14,1307
Boro x Dia	5,4375	0,4771	0,8095
Nitrogênio x Boro x Dia	2,5868	0,3550	0,9257
Média geral	19,5009	8,1775	14,6916
CV (%)	17,01	10,42	17,97

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

Em relação ao tempo de armazenamento, o menor teor de antocianina foi verificado no 1º dia de avaliação, com valor médio das raízes de 14,98 (mg 100 g⁻¹). A partir do 7º dia de avaliação houve aumento atingindo teor de 21,16 (mg 100 g⁻¹), porém, não havendo diferença estatística a partir do referido período até o último dia de avaliação (Tabela 20). Provavelmente esse aumento ocorreu pela concentração dos pigmentos devido à perda de massa das raízes.

As antocianinas são responsáveis pela coloração dos produtos hortícolas, que vai do vermelho intenso ao roxo escuro. Ramos (2015) obteve em raízes de beterraba cultivar Borus 83,25 mg de antocianinas em 100 g de amostra, valor superior ao obtido nesse trabalho. Coutinho et al. (2016) trabalhando com cultivares de beterraba, também verificaram valor superior ao obtido neste trabalho para a cultivar Tall Top Early Wonder, com valor médio de 31,33 mg.100 g⁻¹ de beterraba. Os mesmos autores concluíram que os teores de antocianinas são inerentes a cada cultivar.

Em relação à adubação, foi verificado que a omissão de nitrogênio causou aumento nos valores de antocianinas a partir do 7º dia de avaliação, com média superior de 26% em comparação a média dos tratamentos que recebeu nitrogênio (Tabela 20). A possível explicação para esse resultado está no aumento da concentração dos pigmentos devido à maior perda de massa nos tratamentos sem nitrogênio.

Tabela 20 - Teores de antocianinas (mg 100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	Antocianina					
SN	15,34 a	26,33 a	23,71 a	22,33 a	20,69 a	21,74 a
CN	14,34 a	15,98 b	19,05 b	18,08 b	18,83 b	17,26 b
Média	14,98 B	21,16 A	21,38 A	20,21 A	19,76 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura.

Em relação à interação entre a adubação nitrogenada e bórica, nota-se que os maiores teores de antocianinas ocorreram no tratamento sem nitrogênio e com boro (SNCB) com valor de 23,28 mg.100 g⁻¹ de beterraba e no tratamento sem nitrogênio e sem boro (SNSB), com valor de 20,19 mg.100 g⁻¹ de beterraba. De outro modo, o tratamento com nitrogênio e boro (CNCB) apresentou menor valor no teor de antocianinas, com valor de 15,17 mg.100 g⁻¹ de beterraba (Tabela 21).

As antocianinas são metabólitos produzidos pelas plantas as quais podem sofrer influência em respostas ao estresse biótico e abiótico, entre eles o desequilíbrio nutricional (MOTA et al., 2009), como supostamente observado nesse estudo.

Tabela 21 - Valores médios de antocianinas (mg.100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Antocianinas	
	SB	CB
SN	20,19 Ba	23,28 Aa
CN	19,35 Aa	15,17 Bb
CV (%)	17,01	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

Quanto ao conteúdo de carotenóides, verificou-se que não houve efeito significativo da adubação bórica e nitrogenada bem como na interação destes elementos com o tempo de armazenamento (Tabela 19). Teores médios de carotenóides obtidos no presente estudo (8,18 mg) foram menores do que o reportado por Ramos (2015) o qual obteve para a cultivar Borus 12,83 mg de carotenóides em 100 gramas de beterraba.

Vegetais com teor maior de 2 g de carotenóides em 100 g do produto são considerados bons para saúde (RODRIGUEZ et al. 2008), assim como observado nas raízes de beterrabas desse estudo (Tabela 22).

Não foram encontradas quantidades significativas de clorofila A e clorofila B nas amostras de beterrabas.

Tabela 22 - Valores médios de carotenóides (mg.100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamento s	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
Carotenóides						
SNSB	8,45	7,78	8,36	8,51	7,54	8,13
SNCB	7,91	7,71	7,72	7,59	8,11	7,81
CNSB	8,93	8,68	8,01	8,84	8,46	8,58
CNCB	7,89	8,78	8,03	8,27	7,98	8,19
Média	8,29	8,24	8,04	8,30	8,02	

As médias do tratamento e interação não foram significativas entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro; CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Para os teores de flavonóides não foi observado influência do tempo de armazenamento, porém, verificou-se diferença estatística para os fatores isolados adubação nitrogenada e bórica, bem como na interação entre os dois nutrientes (Tabela 19).

A omissão de nitrogênio causou aumento nos valores de flavonóides no 7º dia e 14º dia de avaliação, alcançando no final do período de armazenamento média superior de 23% em comparação a média dos tratamentos que recebeu nitrogênio (Tabela 23).

Tabela 23 - Teores de flavonóides (mg quercetina.100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	Flavonóides					
SN	13,23	19,20 a	16,84 a	16,23	15,58	16,22 a
CN	12,38	12,60 b	13,73 b	13,43	13,68	13,16 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura.

Para o fator boro, foi observado aumento nos teores de flavonóides nos tratamentos sem este micronutriente no 7º dia de avaliação, alcançando no final do período de armazenamento média superior de 20% em comparação a média dos tratamentos que recebeu boro (Tabela 24). A possível explicação para o aumento dos teores de flavonóides nas raízes seria devido ao estresse provocado pela deficiência nutricional do boro e nitrogênio, afetando a fisiologia do vegetal. Os flavonóides são metabólitos secundários produzidos pelas plantas os quais podem sofrer influência em respostas ao estresse biótico e abiótico (MOTA et al., 2009).

Tabela 24 - Teores de flavonóides (mg quercetina.100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	Flavonóides					
SB	13,89	17,47 a	16,31	16,20	16,20	16,02 a
CB	11,72	14,34 b	14,27	13,45	13,05	13,37 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio.

Em relação à interação entre a adubação nitrogenada e bórica, nota-se que o tratamento com nitrogênio e boro (CNCB) foi o que apresentou menor teor de flavonóides, com valor de 10,54 mg de quercetina.100 g⁻¹ de beterraba (Tabela 25).

Tabela 25 - Valores médios de flavonóides (mg quercetina.100 g⁻¹ amostra) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos		Antocianinas	
		SB	CB
SN		16,24 Aa	15,79 Aa
CN		16,19 Aa	10,54 Bb
CV (%)	17,97		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

O valor médio obtido por Lin e Tang (2007) em raízes de beterraba foi de 62,8 mg de quercetina.100 g⁻¹ de beterraba. Ramos (2015) encontrou valor de 766,27 mg de quercetina em 100 g de beterraba, ambos superior a média encontrada entre os tratamentos nesse estudo que foi de 14,69 mg de quercetina.100 g⁻¹ de beterraba.

Conforme Silva (2018) os teores de flavonóides podem ser alterados conforme irregularidade da maturação dos frutos no campo e até mesmo pelo processamento do alimento. Santos et al. (2017) estudando teores de flavonóides em diversas hortaliças, obtiveram em raízes de beterraba valores próximos de 1,15 mg 100 g⁻¹. Os autores concluíram que há muitas falhas na qualidade dos dados referentes aos teores de flavonóides em alimentos apresentados na literatura, fato este, podendo explicar a grande variação entre os dados desse trabalho e os encontrados em outros estudos.

Par a atividade antioxidante, observou-se efeito significativo para o fator isolado adubação nitrogenada e tempo de armazenamento, também houve interação entre os dois fatores e entre o nitrogênio e o boro (Tabela 26).

Tabela 26 - Quadrado médio para atividade antioxidante por DPPH (%) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) de $85 \pm 5\%$, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

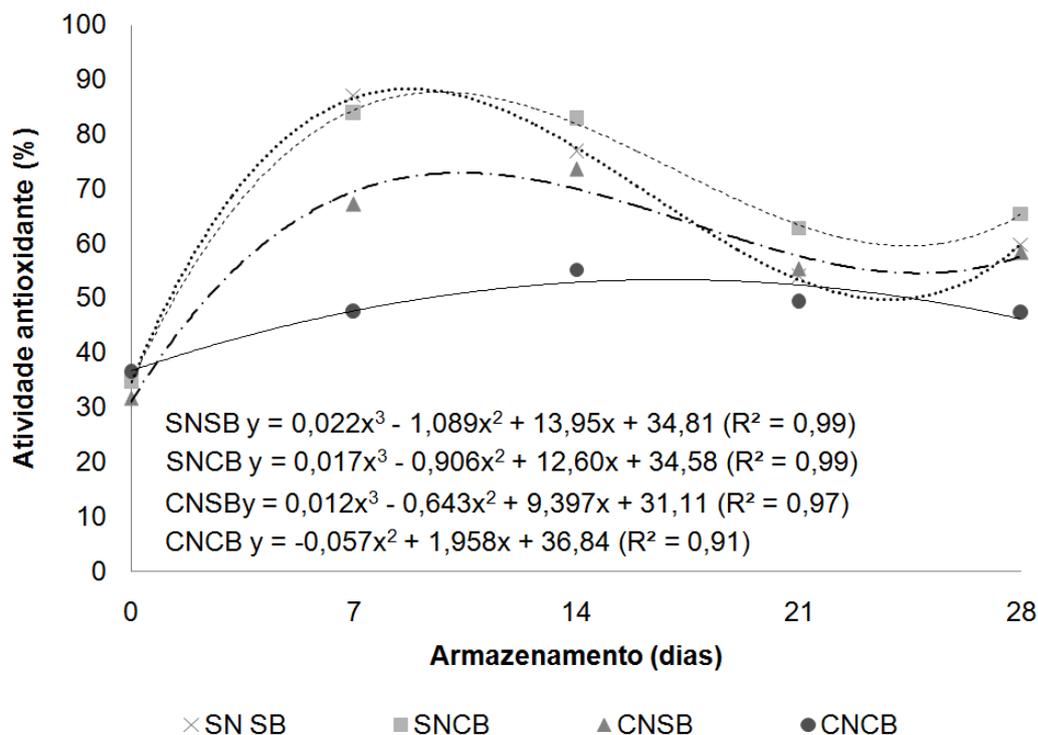
Causa da variação	Quadrado médio
	Atividade antioxidante
Nitrogênio	2126,3151 *
Boro	150,7910
Tempo de armazenamento (TA)	2877,2857 *
Nitrogênio x Boro	705,8583 *
Nitrogênio x TA	343,4773 *
Boro x Dia	103,8691
Nitrogênio x Boro x TA	80,4381
Média geral	58,1966
CV (%)	17,06

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

A menor atividade antioxidante ocorreu no dia da colheita (dia 0) com média entre os tratamentos de 34,12%, posteriormente, houve aumento aos 7 e 14 dia, (71,47% e 72,17%), respectivamente, seguido de redução durante o avanço do armazenamento, até chegar aos 28 dias com valor médio de 57,79% (Figura 6).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) os antioxidantes são substâncias que atuam evitando ou retardando a oxidação de substratos e a ação tóxica dos radicais livres. Ramos et al. (2015) avaliando a composição físico-química da beterraba cultivar Borus, verificaram que o valor médio da capacidade antioxidante nas raízes foi de 43,21% de DPPH, valor acima da média no presente estudo para o 1º dia de avaliação (34,12% de DPPH), porém abaixo da média dos dias posteriores (64,97 % de DPPH).

Figura 6 - Valores médios da capacidade antioxidante em porcentagem de DPPH reduzido (%) das raízes de beterraba, em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu - SP, 2018



SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro
 CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Os maiores valores da atividade antioxidante ocorreram nas raízes dos tratamentos sem nitrogênio no 7^o e 14^o dia de armazenamento, com valores de 85,56% e 79,89% de DPPH, respectivamente (Tabela 27).

De acordo com Pérez (2011) a deficiência de nitrogênio pode representar uma condição de estresse para o vegetal, provocando efeito no metabolismo secundário da planta, como o aumento da produção de antioxidantes, flavonóides e compostos fenólicos. Ferreira et al. (2016) observaram influência da adubação nitrogenada na atividade antioxidante em pêssegos. Os mesmos autores verificaram que os frutos que não foram submetidos à adubação nitrogenada, apresentaram maior atividade antioxidante, concluindo que esse aumento ocorreu devido às alterações químicas e enzimáticas provocadas pela deficiência do nitrogênio, possivelmente o mesmo comportamento ocorreu nas raízes dos tratamentos sem nitrogênio no presente estudo.

Tabela 27 - Valores médios da capacidade antioxidante em porcentagem de DPPH reduzido (%) das raízes de beterraba, em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
Atividade antioxidante						
SN	34,11 A	85,56 A	79,89 A	58,44 A	62,73 A	64,15 A
CN	34,12 A	57,34 B	64,45 B	52,41 A	52,86 A	52,24 B
Média	34,12 c	71,47 a	72,17 a	55,42 b	57,79 b	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura.

Em relação à interação entre os fatores boro e o nitrogênio, foi verificado menor valor médio (47,95% de DPPH) para as raízes do tratamento com nitrogênio e boro (CNCB) durante o período de armazenamento, na ordem de 32% a menos do que o tratamento (SNSB) sem nitrogênio e sem boro (63,31% de DPPH) e de 42% inferior ao tratamento (SNCB) sem nitrogênio e com boro (68,15% de DPPH), conforme ilustrado na tabela 28.

Tabela 28 - Valores da capacidade antioxidante em porcentagem de DPPH reduzido (%) das raízes de beterraba, em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Capacidade antioxidante	
	SB	CB
SN	62,30 Aa	57,26 Aa
CN	65,99 Aa	47,23 Bb
CV (%)	17,06	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

Através das avaliações da atividade antioxidante pode ser evidenciada a perda da qualidade de frutas e hortaliça durante o período de pós-colheita, pois tais compostos têm participação no aroma, sabor, coloração e vida de prateleira (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os resultados obtidos neste estudo mostram que houve efeito significativo na interação entre o nitrogênio e o boro na atividade

antioxidante, pois sem o nitrogênio, não houve efeito do boro, porém, quando foi aplicado o nitrogênio juntamente com o boro, foi verificada diminuição nos valores da capacidade antioxidante (Tabela 28).

Para compostos fenólicos foi observada diferença significativa para os fatores isolados adubação nitrogenada e tempo de armazenamento, também entre o período de armazenamento em função da adubação nitrogenada e entre o nitrogênio e o boro (Tabela 29).

Apesar de o teor de compostos fenólicos não necessariamente estar envolvido na quantificação da atividade antioxidante (VELAZQUÉZ, 2009), os resultados dessa análise apresentaram mesma tendência, com acréscimo médio entre os tratamentos no 7º dia de armazenamento de 72,19 mg ácido gálico.100 g⁻¹ de beterraba.

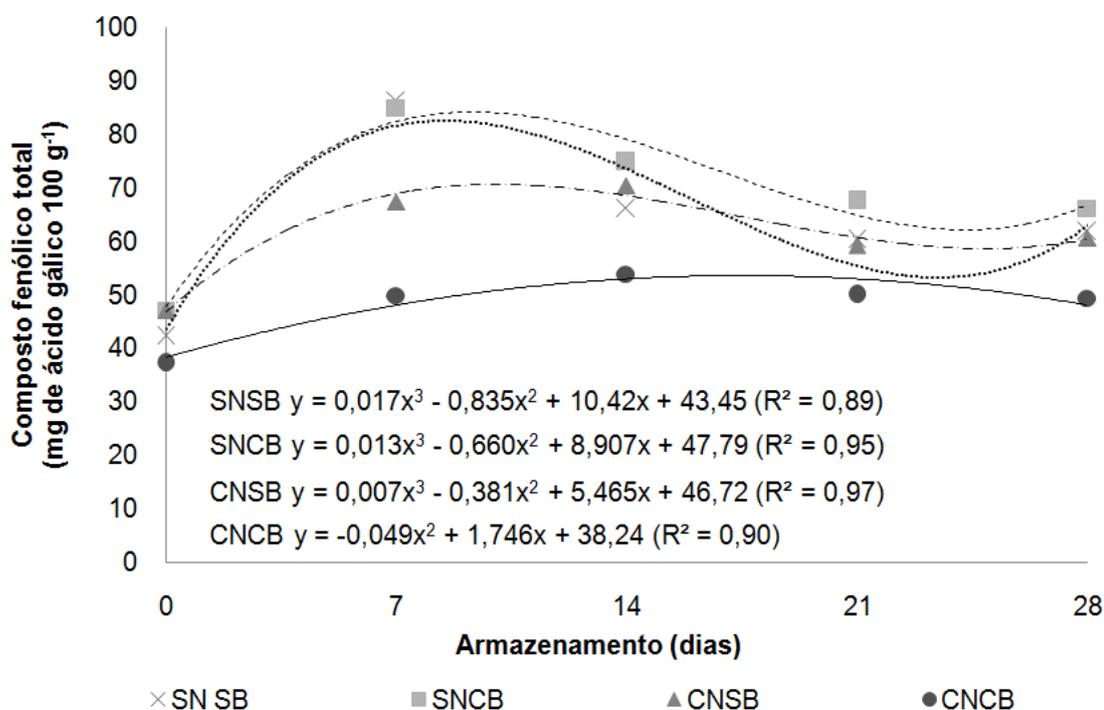
Tabela 29 - Quadrado médio para compostos fenólicos (mg de ácido gálico.100 g⁻¹) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de 5 ± 1°C e umidade relativa (UR) de 85 ± 5%, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Causa da variação	Quadrado médio
	Compostos fenólicos
Nitrogênio	1899,3110 *
Boro	252,8238
DIA	1390,5740 *
Nitrogênio x Boro	1200,2889 *
Nitrogênio x Dia	262,9910 *
Boro x Dia	31,0936
Nitrogênio x Boro x Dia	15,1866
Média geral	60,1076
CV (%)	13,51

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

A partir do 14º dia de armazenamento, foi verificado decréscimo nos conteúdos de compostos fenólicos, chegando ao último dia de avaliação com valor médio de 59,18 mg ácido gálico.100 g⁻¹ de beterraba (Figura 7). Essa diminuição pode ser atribuída à série de alterações químicas e enzimáticas como a hidrólise de glicosídeos e oxidação de fenóis durante o processo acelerado de senescência das raízes (ROBARDS et al.,1999). Menichini et al. (2009) trabalhando com diferentes espécies hortícolas também observaram redução na concentração de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante durante o armazenamento.

Figura 7 - Valores médios de compostos fenólicos (mg de ácido gálico.100 g⁻¹) das raízes de beterraba, em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu - SP, 2018



SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro
 CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

De acordo com Chitarrá e Chitarrá (2005) os compostos fenólicos estão diretamente relacionados com a qualidade de frutas e hortaliça, pois tais compostos têm participação no aroma, sabor, coloração e vida de prateleira destes produtos. Ramos et al. (2015) avaliando a composição físico-química da beterraba cultivar Borus, verificaram que o valor médio na beterraba *in natura* para os compostos fenólicos foi de 25,91 mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de beterraba, valor abaixo do obtido no presente estudo.

A omissão de nitrogênio em cobertura causou acréscimo de 20% nos teores de compostos fenólicos, em comparação a média dos tratamentos com nitrogênio, sendo que o maior teor (85,82 mg de ácido gálico.100 g⁻¹) foi alcançado no 7º dia de armazenamento (Tabela 30). Este aumento provavelmente ocorreu devido à condição de estresse ocasionado pela deficiência de nitrogênio na planta, o qual por sua vez, provocou alterações químicas e enzimáticas nas raízes (PÉREZ, 2011).

Queiroz et al. (2015) relataram que os compostos fenólicos podem sofrer alterações em função de fatores ambientais e estresse, tais como deficiência nutricional. Segundo Freitas et al. (2011) plantas deficientes em nitrogênio

apresentam acúmulo de carboidratos, os quais podem ser desviados para a síntese de metabólitos secundários e aumentar o teor de compostos fenólicos (GOBBONETO, 2007), comportamento este verificado neste experimento nas raízes dos tratamentos sem adubação nitrogenada.

Tabela 30 - Valores médios de compostos fenólicos (mg de ácido gálico.100 g⁻¹ amostra) das raízes de beterraba, em função da adubação nitrogenada, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
	Compostos fenólicos					
SN	44,14 A	85,82 A	70,39 A	63,89 A	63,90 A	65,73 A
CN	42,66 A	58,56 B	62,03 A	54,61 A	55,07 A	54,48 B
Média	43,40 c	72,19 a	66,21 ab	59,25 b	59,18 b	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura.

Em relação à interação entre os fatores adubação nitrogenada e bórica, foi verificado que as raízes do tratamento com nitrogênio e boro (CNCB) apresentaram menor valor médio (47,95 mg de ácido gálico 100 g⁻¹) durante o período de armazenamento, na ordem de 32% a menos do que o tratamento sem nitrogênio e sem boro (SNSB), com valor de 63,31 mg de ácido gálico 100 g⁻¹ e de 42% inferior ao tratamento sem nitrogênio e com boro (SNCB) que foi de 68,15 mg de ácido gálico 100 g⁻¹, conforme tabela 31.

Autores como Abdallah et al. (2015) sugerem que a adubação nitrogenada e bórica deve ser balanceada de modo a equilibrar a relação com os outros nutrientes e reduzir o estresse provocado no vegetal. Os resultados obtidos neste estudo mostram que o nitrogênio e o boro influenciaram nos teores de compostos fenólicos, além disso, foi verificada interação entre estes nutrientes, pois sem o nitrogênio, não houve efeito do boro nos teores de compostos fenólicos, porém, quando foi aplicado o nitrogênio juntamente com o boro, foi verificada diminuição nos teores de compostos fenólicos (Tabela 31).

Tabela 31 - Valores médios de compostos fenólicos (mg de ácido gálico.100 g⁻¹ amostra) das raízes de beterraba, em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de 5°C ± 1 e umidade relativa (UR) 85 ± 5 % UR, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

Tratamentos	Compostos fenólicos	
	SB	CB
SN	63,31 Aa	68,15 Aa
CN	61,01 Aa	47,95 Bb
CV (%)	13,51	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. SN: sem adubação nitrogenada em cobertura; CN: adubação nitrogenada em cobertura. SB: sem adubação bórica no plantio; CB: adubação bórica no plantio. CV (%): coeficiente de variação.

Em relação à análise sensorial (visual) das raízes de beterraba, foi observado efeito significativo para os fatores isolados adubação nitrogenada, bórica e tempo de armazenamento, não houve interação entre os fatores (Tabela 32).

Tabela 32 – Quadrado médio da análise sensorial (visual) de raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas durante 28 dias em câmara fria a temperatura de 5 ± 1°C e umidade relativa (UR) de 85 ± 5%, UNESP/FCA, Botucatu, SP, 2018

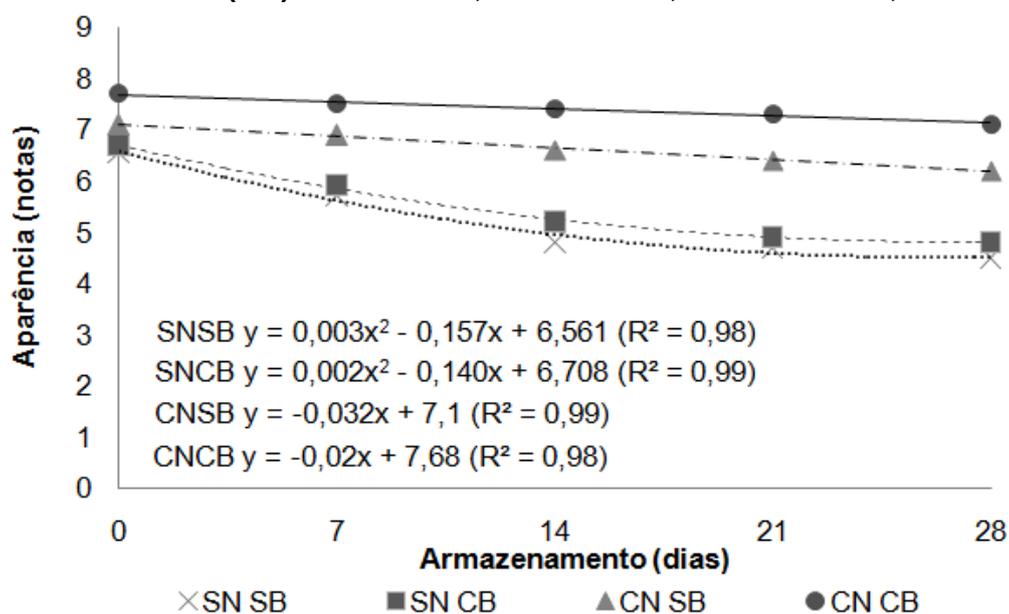
Causa da variação	Quadrado médio Análise visual
Nitrogênio	41,6666 *
Boro	3,9526 *
DIA	3,7380 *
Nitrogênio x Boro	0,8640
Nitrogênio x Dia	0,9554
Boro x Dia	0,0364
Nitrogênio x Boro x Dia	0,0160
Média geral	6,19
CV (%)	13,34

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. CV (%): coeficiente de variação.

No 1º dia de avaliação (dia 0) a maior nota foi atribuída para o tratamento com nitrogênio e com boro CNCB (7,7) seguido pelo tratamento com nitrogênio e sem boro CNSB (7,1) ambos com equivalência a excelente. As menores notas foram atribuídas aos tratamentos sem nitrogênio e com boro SNCB (6,69) e sem nitrogênio e sem boro SNSB (5,54), ambos com equivalência a bom (Figura 8).

Durante o período de armazenamento observou-se redução das notas em todos os tratamentos, porém, o tratamento CNCB chegou ao final com maior nota, 7,1 (excelente), mantendo-se com a mesma aceitabilidade durante todo período de avaliação. Os demais tratamentos obtiveram notas finais de 6,2 (CNSB), com conceito bom, 4,8 (SNCB) e 4,5 (SNSB), ambos correspondendo à regular (Figura 8).

Figura 8 - Análise sensorial (visual) das raízes de beterraba em função da adubação nitrogenada e bórica, armazenadas por 28 dias a temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa (UR) $85 \pm 5\%$ UR, UNESP/FCA, Botucatu - SP, 2018



SNSB: sem nitrogênio e sem boro; SNCB: sem nitrogênio e com boro
 CNSB: com nitrogênio e sem boro; CNCB: com nitrogênio e com boro.

Os fatores que mais depreciaram a qualidade visual das raízes foram o aspecto de murchamento e rachaduras, provavelmente causados pelo desequilíbrio nutricional entre o nitrogênio e o boro. Segundo Tivelli et al. 2011 a deficiência de nitrogênio na cultura da beterraba provoca redução no desenvolvimento do vegetal, afetando diretamente a qualidade visual e nutricional das raízes. A omissão de boro causa diminuição na absorção de água pela parede celular, redução da biossíntese dos polissacarídeos e, conseqüentemente, aumento da rigidez na parede celular e lesões nas raízes de beterraba (MALAVOLTA, 2000).

A partir dos resultados obtidos no presente estudo verificou-se que a interação entre o nitrogênio e o boro influenciou positivamente na qualidade das raízes da beterraba, refletindo em melhor aparência e aceitabilidade do produto.

2.4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que:

- Ao longo dos 28 dias de armazenamento foi verificada perda de massa das raízes abaixo de 3% em todos os tratamentos.
- O fornecimento de nitrogênio em cobertura proporcionou maior incremento nos teores de proteínas, matéria graxa e açúcares redutores.
- A adubação com boro proporcionou menor perda de massa fresca das raízes durante o armazenamento e melhor aparência.
- A interação entre a adubação nitrogenada e bórica promoveu aumento na vida útil das raízes, além de maior estabilidade nos valores de luminosidade e melhor aparência.
- Os maiores valores de antocianinas, flavonóides, atividade antioxidante, compostos fenólicos ocorreram nas raízes dos tratamentos sem nitrogênio no 7º e 14º dia de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, A.; MEKIDAD, A. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. **Journal Microbiology Science**, v. 44, p. 181-196, 2015.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras-MG: UFLA, 2004, 400p.
- ALBUQUERQUE, J. R. T.; FORMIGA, A. S.; ROCHA, T. C.; COSTA, F. B.; GONDIM, A. R. O. Qualidade pós-colheita de beterraba submetida à adubação com biofertilizante fermentado. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, V. 10, 2013.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; LADEIRA, I. R.; CASTRO, M. R. S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira** v. 24, p. 199-203, 2006.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- AOAC - **Official methods of analysis chemists**. 18. ed. Washington: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL, 2005.
- ARIAS, R.; LEE, T. C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal Agriculture Food Chemical**, Washington, v. 48, p. 1697-1702, 2000.
- ARRUDA, M.; BLAT, S. F.; OJEDA, R. M.; CALIXTO, M. C.; TESSARIOLI NETO, J. Conservação de raízes de beterraba cv. Early Wonder sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 10, p. 255-257, 2004.
- AWAD, A. M.; JAGER, A.; WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. **Scientia Horticulturae**, Mission, v. 83, p. 249-263, 2000.
- BLEINROTH, E. W. Determinação do ponto de colheita, maturação e conservação das frutas. In: *Industrialização de Frutas*. **Manual Técnico**, n. 8. Campinas: ITAL, 1991. 206 p.
- BARCELOS, J. C. **Desempenho da beterraba "katrina" submetida a lâminas de água e doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação**. 2010, 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

BARRETO, C. R.; ZANUZO, M. R.; WOBETO, C.; ROSA, C. B. Produtividade e qualidade da beterraba em função da aplicação de doses de nitrogênio. **Revista Uniara**, v. 16, n. 1, 2013.

BENEVIDES, S. D., RAMOS, M. A. M., STRINGHETA, P. C, CASTRO, V. C. Qualidade de magã e polpa de manga Uba. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, jul-set, 2008.

BLEINROTH, E. W.; ZUCHINI, A. G.; POMPEO, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 29-81, 1976.

BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1020 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2. ed. Lavras: ESAL, 783 p. 2005.

CEAGESP. Companhia de Entrepasto e Armazéns Gerais de São Paulo. **Ficha técnica para a classificação da beterraba (*Beta vulgaris* L)**. 2017. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/hortiescolha/anexos/ficha_beterraba.pdf>. Acesso em 09 out. 2017.

COUTINHO, P. W. R. **Desempenho de cultivares, produtividade e qualidade de beterraba em sistemas de cultivo**, 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2016.

CURVÊLO, C. R. S.; DINIZ, L. H. B.; PEREIRA, A. I. A.; FERREIRA, L. L. Influence of Fertilizer Type on Beet Production and Post-Harvest Quality Characteristic. **Agricultural Sciences**, 2018.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

EVANGELISTA, R. M.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I.; VIEITES, R. L. Qualidade de pimentão 'Rúbia' minimamente processado e armazenado sob refrigeração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 338-343, 2008.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. 2004. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao_mineral_diagnose_hortalicas2_ed.pdf>. Acesso em: 15 setembro. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, L. V.; CORRÊA, A. P. A.; PICOLOTTO, L.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Qualidade de pêssegos submetidos à adubação nitrogenada. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 17, n. 2, p. 231-240, 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 edição. Viçosa: UFV, 421 p. 2008.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. Viçosa: UFV. 29 p. (Cadernos didáticos, 19), 1997.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. UFV, Viçosa, Brasil, 2002.

FREITAS, M. S. M.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C.; VASCONCELLOS, M. A. S. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.1329-1341, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000400034>

GOBARAH, M. E.; TAWFIK, M. M.; ZAGHLOUL, S. M.; AMIN G. A. Effect of Combined Application of Different Micronutrients on Productivity and Quality of Sugar Beet Plants (*Beta vulgaris* L.). **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 3, p. 589-598, 2014.

GOBBO-NETO, L. B.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, p. 374-381, 2007. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>

GOUVEIA, A. M. S.; CORRÊA, C. V.; TAVARES, A. E. B.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de raízes de batata-doce em função da adubação nitrogenada e conservação. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2014.

HERNANDES, N. K. **Aplicação de baixas doses de radiação gama para extensão da vida útil de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* L.), cv. Early Wonder, minimamente processada**. 2006. 90 f. Tese (Doutorado Instituto de Agronomia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

HORWITZ, H. **Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 8. ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1995, 144 p.

JIE, D.; XIE, L.; FU, X.; RAO, X.; YING, Y. Variable selection for partial least squares analysis of soluble solids content in watermelon using near-infrared diffuse transmission technique. **Journal of Food Engineering**, v. 118, p. 387-392, 2013.

KABU, M.; AKOSMAN, M. S. Biological effects of boron. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 22, p. 57-75, 2013.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº118, 2007.

KLUGE, R. A. Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 263-270, jan-fev, 2006.

LIN, J. Y.; TANG, C. Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 10, p. 140-147, 2007.

LINDER, S. A. Proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determinations in ecological and ecophysiological investigations. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, n. 32, p. 154-56, 1974.

LOPES N. F.; LIMA M. G. S. 2015. Fisiologia da produção. Viçosa - UFV. 492p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 13 p. 2000.

MARQUES, L. F., MEDEIROS, D. C., COUTINHO, O. D. M.; MARQUES, L. F., MEDEIROS, C. B., VALE, L. S. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010.

MENICHINI, F.; TUNDISA, R.; BONESI, M.; LOIZZO, M. R.; FILOMENA CONFORTI, F.; STATTI, G.; CINDIO, B.; HOUGHTON, P. J.; MENICHINI, F. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. Cv. Habanero. **Food Chemistry**, Washington, v.114, n.2, p.553-560, 2009.

MENSOR, L. L. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method, **Phytotherapy Research**, Chichester, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. 1998. 59 p.

MORAES, I. V. M. **Dossiê Técnico: Cultivo de hortaliças**. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006. 26p.

MORGAN, L. **Tomate fruit flavor and quality evaluation**. Part I. Disponível em: <www.fertcut.com/seach.cfm 2012>. Acesso em: 10 jun. 2014.

MOTA, G. M. F.; SOUSA, E. R.; RANAL, M. A. Resposta da couve-da-Malásia (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja) à deficiência nutricional. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringa, v. 31, n. 2, p. 321-329, 2009.

NASSUR, R. C. M. R. **Qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano produzido em sistema orgânico**. Lavras, 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras-UFLA, 2009.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação); UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (Versão 1), Campinas, SP, 2016. Disponível em: http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/documentos/tab_bras_de_comp_de_alim_doc.pdf. Acesso em: 30 de março de 2018.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E. P.; BARBOSA, L. J. N.; BRUNO, G. B. Produção da batata-doce em função de doses de P_2O_5 em dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 768-772, 2005.

ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V. C.; ALVES, M. C. Aplicação de vinhaça em solos arenosos do Brasil e poluição do lençol freático com nitrogênio. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 13, n. 6, p. 14-16, 1995.

PÉREZ, V. M. **Efecto de la reducción de nitrógeno en el metabolismo de compuestos fenólicos en brotes de *castilleja tenuiflora benth.* cultivados en biorreactor de inmersión temporal**. 2011. 55 f. Tese (Maestria em Ciências em Desarrollo de Productos Bióticos) – Instituto Politécnico Nacional, Morelos, 2011.

PIERRO, A. Gosto Bom. Cultivar Hortaliças e Frutas, n. 14, p. 10-12, 2002.

QUEIROZ, C. R. A. dos A.; MORAES, C. M. dos S.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 93-104, 2015.

RAMOS, J. A.; VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; FURLANETO, K. A.; MENDONÇA, V. Z. Modificação da composição física química de beterrabas submetidas a diferentes tipos de corte e métodos de cocção. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 29, n.1, p.108-120, 2014.

RAMOS, J. A. **Aceitabilidade e qualidade nutricional de beterrabas in natura e pré-processadas submetidas a diferentes métodos de cocção**. 2015. 112p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2ªed. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda, 196 páginas, 2007.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, Oxford, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.

- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008, 100 p.
- SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, C. A. M. Atividade respiratória e qualidade de beterraba inteira e minimamente processada. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 1, jan-mar., p. 55-61, 2017
- SANTOS, M. D.; BLATT, C. T. T. Teor de flavonoides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers. de mata e de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 135-140, 1998.
- SANTOS, I. C.; SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, T. G.; COSTA, H. S. Frutas e hortícolas: análise comparativa dos seus teores em compostos fenólicos e flavonóides totais. **Alimentação e Nutrição**, Araguara-SP, n. 3, p. 60-63, 2017.
- SHAL, R. M. E. Effect of Urea and Potassium Sulfate Fertilizers combined with Boron on Soil Fertility and Sugar Beet Productivity in Salt Affected Soil. **Egyptian Journal of Soil Science**. Vol. 56, n. 4, p. 665-681, 2016.
- SILVA, J. S. **Qualidade pós-colheita do pimentão vermelho ‘melina’ sob cobertura de solo, adubação orgânica e mineral**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2018.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, **Methods of Enzymology**, New York, v. 299, p. 152-178, 1999.
- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viosa: Aprenda Facil, 2003. 564 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed, 918 p, 2013.
- TEIXEIRA, B. A. **Caracterização dos fatores de escolha e compra de Frutas e Hortaliças pela população adulta do Distrito Federal**. Brasília, 2013, 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição, Ciências da Saúde, Universidade de Brasília.
- TESSARIOLI NETO, J.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; SCARPARE, J. A.; IWATA, A. Y. Conservação de raízes de beterraba “Early Wonder” em diferentes tipos de embalagens. **Horticultura Brasileira**, v. 16, p. 7-10, 1998.
- TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. 2011. Beterraba: do plantio à comercialização. Campinas: Instituto agrônomo, p. 45. (Boletim técnico 210).
- TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285 p.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 726-730, 2005.

TRANI, P. E. Calagem e adubação da beterraba. **Revista Campos & Negócios HF**, Campinas, p. 8 – 11, 2013.

TRESSLER, D. K., JOSLYN, M. A. Fruits and vegetables juice processing technology. Westport: AVI, 1961. 1028 p.

VELÁZQUEZ, D. A. J.; Zevallos, C. Correlations of antioxidant activity versus phenolic content revisited: A new approach in data analysis for food and medicinal plants. **Jornal Food Science**, v. 74, p. 107-113, 2009.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in plant physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, p. 55-58, 1971.

WINZER, T.; LOHAUS, G.; HELDT, H. W. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose in the taproots fodder beet and sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 863-870, 1996.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que foi realizado este estudo, verificou-se que a adubação bórica e nitrogenada proporcionou efeito significativo nas características de produção e pós-colheita das raízes de beterraba.

O balanço nutricional entre o nitrogênio e o boro aliado ao armazenamento em câmara fria em condições de temperatura e umidade controlada, promoveu influência positiva na qualidade da beterraba, como a diminuição na perda de massa fresca e menor atividade respiratória, bem como aumento da vida útil e melhor aparência das raízes.

As raízes adubadas com nitrogênio apresentaram melhor aparência e maior tamanho, porém, menor quantidade de compostos bioativos em comparação as raízes dos tratamentos sem nitrogênio, indicando que a adubação da cultura da beterraba não deve ser realizada apenas com base na produção e aparência, mas também correlacionadas com as substâncias bioativas deste vegetal.

REFERÊNCIAS

- ALI, A. A. M. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. **Journal Microbiology Science**, v. 4, p. 181- 196, 2015.
- ALBUQUERQUE, J. R. T.; FORMIGA, A. S.; ROCHA, T. C.; COSTA, F. B.; GONDIM, A. R. O. Qualidade pós-colheita de beterraba submetida à adubação com biofertilizante fermentado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, V. 10, 2013.
- AQUINO, L. A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P. R. G.; PEREIRA, F. H. F.; LADEIRA, I. R.; CASTRO, M. R. S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 199-203, 2006.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- ARRUDA, M.; BLAT, S. F.; OJEDA, R. M.; CALIXTO, M. C.; TESSARIOLI NETO, J. Conservação de raízes de beterraba cv. Early Wonder sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 10, p. 255-257, 2004.
- ASHRAE. **Handbook vegetables**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, 1994, 229 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2. ed. Lavras: ESAL, 783 p. 2005.
- CEAGESP. Companhia de Entrepasto e Armazéns Gerais de São Paulo. **Ficha técnica para a classificação da beterraba (*Beta vulgaris* L)**. 2017. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/hortiescolha/anexos/ficha_beterraba.pdf>. Acesso em 09 out. 2017.
- CUCHINSKI, A. S.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. **Eclética química**, v. 35, n. 4, p. 17-23, 2010.
- DURIGAN, J. F., MATTIUZ, B., MORGADO, C. M. A. Pós-colheita e processamento mínimo de goiabas. In: DURIGAN, J. F. et al. (Ed). *Cultura da goiabeira do plantio a comercialização*. Jaboticabal: FCAV, v. 2, p. 429-459, 2009.
- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. 2004. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao_mineral_diagnose_hortalicas2_ed.pdf>. Acesso em: 15 setembro. 2018.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 edição. Viçosa: UFV, 421 p. 2008.

- GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; AZEVEDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M. A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 267-273, 2007.
- HEMPHILL, D. D.; WEBER, M. S.; JACKSON, T. L. Table beet yield and boron deficiency as influenced by lime, nitrogen and boron. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, p. 1190-1192, 1982.
- KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Tradução: Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº 118, 2007.
- MACK, H. J. Effects of row spacing, fertilizers and harvest dates on table beets. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 104, p. 717-720, 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MARQUES, L. F., MEDEIROS, D. C., COUTINHO, O. D. M.; MARQUES, L. F., MEDEIROS, C. B., VALE, L. S. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010.
- MIKOŁAJCZYK-BATOR, K. PAWLAK, S. The effect of thermal treatment on antioxidant capacity and pigment contents in separated betalain fractions. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 15, n. 3, p. 257-265, 2016.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, I. C.; SALGADO, L. T. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo de Beterraba com Cobertura Morta e Adubação Orgânica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 717-725, 2010.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SALGADO, L. T. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 15, n. 9, 2011.
- SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. E. Eficiência de uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 1, p. 27-36, 2013.
- SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.
- STRACK, D.; VOGT, T.; SCHLIEMANN, W. Recent advances in betalain research. **Phytochemistry**, v. 62, p. 247-269, 2003.
- TESSARIOLI NETO, J.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; SCARPARE, J. A.; IWATA, A. Y. Conservação de raízes de beterraba "Early Wonder" em diferentes tipos de embalagens. **Horticultura Brasileira**, v. 16, p. 7-10, 1998.

TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A. R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. 2011. Beterraba: do plantio à comercialização. Campinas: Instituto agrônomo, p. 45. (Boletim técnico 210).

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. Nutrição e adubação da beterraba. In: **Nutrição e adubação de hortaliças**. Campinas: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 429-446.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 726-730, 2005.

VISSOTO, F. Z., KIECBUSH, T. G., NEVES FILHO, L. C. Pré-resfriamento de frutas e hortaliças com ar forçado. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 33, n. 1, p.106-114, 1999.

APÊNDICE A - Ficha utilizada pelos avaliadores para a realização da análise sensorial das raízes de beterraba

Data:

Idade:

() 18 a 24 anos () 25 a 30 () 31 a 35

() 36 a 40 () 41 a 45 () 46 a 50

() 51 ou mais

A - Indique o quanto você gostou da APARÊNCIA

Amostra	Nota (de 1 a 9)
T1	_____
T2	_____
T3	_____
T4	_____

9 = excelente; 7 = bom; 5 = regular; 3 = ruim; 1 = péssimo

B - Você compraria este produto?

Amostra

T1 () compraria () talvez compraria () não compraria

T2 () compraria () talvez compraria () não compraria

T3 () compraria () talvez compraria () não compraria

T4 () compraria () talvez compraria () não compraria

APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
CAMPUS DE BOTUCATU

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Senhor (a) esta sendo convidado (a) a participar como avaliador visual de uma pesquisa chamada “**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E BORO**”, com o objetivo de avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e bórica na produção e qualidade pós-colheita da beterraba armazenada sob refrigeração. Nos testes visuais, os avaliadores apenas observarão as amostras (beterrabas) embaladas em bandejas de poliestireno expandido (isopor), recobertas com filme plástico de polietileno de vinila (PVC). Serão avaliados os seguintes atributos: aparência e intenção de compra. Utilizando-se escala hedônica de 9 pontos para dar notas à atratividade do produto: 1 - desgostei muitíssimo; 2 - desgostei muito; 3 - desgostei moderadamente; 4 - desgostei ligeiramente; 5 - indiferente; 6 - gostei ligeiramente; 7 - gostei regularmente; 8 - gostei muito e 9 - gostei muitíssimo. Para determinar a intenção de compra, será utilizada uma escala de 3 pontos: 1 - compraria; 2 - talvez compraria/talvez não compraria; 3 - não compraria. Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será elaborado em duas vias de igual teor, o qual uma via será entregue ao Senhor (a) devidamente rubricado, e a outra via será arquivada e mantida pelo pesquisador por cinco anos. O Senhor (a) poderá retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem nenhum prejuízo, com total sigilo em relação aos dados relatados nesta pesquisa. Após terem sanadas todas as minhas dúvidas a respeito deste estudo, **CONCORDO EM PARTICIPAR** de forma voluntária, estando ciente que todos os meus dados estão resguardados através do sigilo que os pesquisadores se comprometeram. Estou ciente que os resultados poderão ser publicados em revistas científicas, sem, no entanto, que minha identidade seja revelada.

CONCORDO EM PARTICIPAR DA PESQUISA

Nome: _____

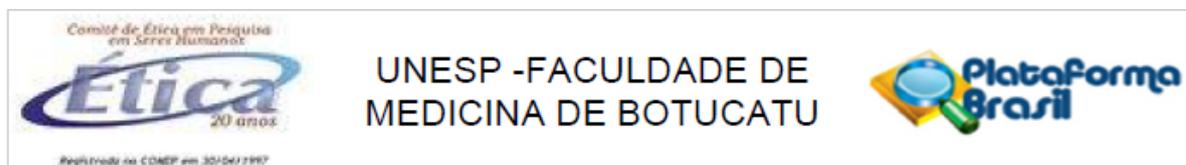
Assinatura: _____

Data: ___/___/___ Pesquisador: _____

Pesquisador responsável: Henrique Vasque

Fone: (014) 998134135 E-mail: henriquevasq@gmail.com

Orientador: Rogério Lopes Vieites E-mail: vieites@fca.unesp.br

ANEXO A - Comprovante de aprovação do comitê de ética**COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E BORO

Pesquisador: HENRIQUE VASQUE

Versão: 1

CAAE: 18474519.0.0000.5411

Instituição Proponente: CAMPUS DE BOTUCATU FACULDADE DE CIENCIAS

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 096624/2019

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio