



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
MESTRADO EM AGRONOMIA: FITOTECNIA

HENRIQUE CAMPOS NOGUEIRA

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BETERRABA EM FUNÇÃO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

MOSSORÓ-RN

2020

HENRIQUE CAMPOS NOGUEIRA

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BETERRABA EM FUNÇÃO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Prof. D. Sc. Leilson Costa Grangeiro

MOSSORÓ – RN

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N7742 Nogueira, Henrique Campos.  
265p PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BETERRABA EM  
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA /  
Henrique Campos Nogueira. - 2020.  
39 f. : il.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2020.

1. Beta vulgaris L.. 2. Nutrição mineral. 3.  
Sólidos solúveis totais.. I. Grangeiro, Leilson  
Costa, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HENRIQUE CAMPOS NOGUEIRA

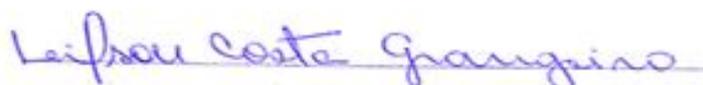
**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BETERRABA EM FUNÇÃO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

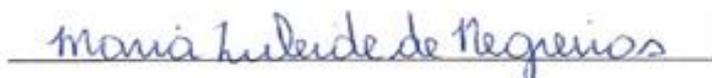
Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Defendida em: 29 / 05 / 2020.

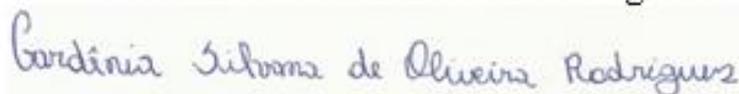
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro



Profa. Dra. Maria Zuleide de Negreiros



Profa. Dra. Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues



Dra. Valdívia de Fatima Lima de Sousa

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por ter me possibilitado mais essa conquista.

Aos meus pais, por me proporcionarem atenção e conforto.

Aos meus irmãos, pela amizade e companheirismo.

Aos meus tios e tias, avôs e avós, por todo o incentivo.

A toda a minha família, por acreditarem na minha capacidade, por todo o amor e dedicação.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, por ter me acolhido desde a graduação, aos mestres e a todas as amizades feitas.

Ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia – PPGFITO.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leilson Costa Grangeiro, pela orientação e paciência.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

À Terra Fértil, por me permitir conciliar com o mestrado, e a todos os meus colegas de trabalho.

A Núbia, pela amizade, pelas inúmeras vezes que me ajudou e por toda a disponibilidade.

Ao Grupo Grangeiro, João Paulo, Romualdo, Anna Kézia Victor, Rodolfo, Jorge, Santiago, Natali, Laiza, Larissa, Ana Paula, Fabrício, Anderson, Régis, Jeferson e Dennis, indispensáveis nessa trajetória.

Aos colegas do PPGFITO, em nome de Quésia Pavão e Márcio Sinóia.

Ao Chagas e toda a equipe da Fazenda Experimental Rafael Fernandes.

Aos técnicos do CPVSA.

Muito obrigado a todos os que contribuíram para a realização desse trabalho.

*A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.*

*(Arthur Schopenhauer)*

## RESUMO

NOGUEIRA, Henrique Campos. **Produtividade e qualidade de beterraba em função da adubação nitrogenada e potássica.** 2020. 39f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade e qualidade de beterraba em função da adubação nitrogenada e potássica. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-árido, localizada no distrito de Alagoinha, em Mossoró-RN. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados completos em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de nitrogênio (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N) e quatro doses de potássio (0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Foram avaliadas as características altura da planta; teores de N e K na folha diagnóstica; produtividade comercial; produtividade não comercial; produtividade total; porcentagem de anéis brancos no interior das raízes, sólidos solúveis totais e açúcares solúveis totais. O nitrogênio contribuiu de forma mais significativa no crescimento, produtividade e qualidade de raízes do que o potássio. A produtividade comercial (12,2 tha<sup>-1</sup>) foi maximizada com aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. A utilização da dose que maximizou a produtividade de raiz, sem aplicação de potássio, não afetou significativamente a qualidade da raiz de beterraba.

**Palavras-chave:** *Beta vulgaris L.*, Nutrição mineral, Sólidos solúveis totais.

## ABSTRACT

NOGUEIRA, Henrique Campos. **Beet productivity and quality as a function of nitrogen and potassium fertilization.** 2020. 39p. Dissertation (Master in Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020.

The objective of this work was to evaluate the productivity and quality of beet as a function of nitrogen and potassium fertilization. The work was carried out at the Rafael Fernandes Experimental Farm, belonging to the Federal Rural University of Semi-arid, located in the district of Alagoinha, in Mossoró-RN. The experimental design was randomized complete blocks in a 4 x 4 factorial scheme, with four replications. The treatments will consist of the combination of four doses of nitrogen (0; 40; 80 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N) and four of potassium (0; 60; 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O). The following characters were evaluated: Plant height; levels of N and K in the diagnostic sheet; commercial productivity; non-commercial productivity; total productivity; percentage of white rings inside the roots, soluble solids and total soluble sugars. Nitrogen contributed more significantly to root growth, productivity and quality, than potassium. Commercial productivity (12.2 tha<sup>-1</sup>) was maximized with application of 120 kg ha<sup>-1</sup> of N. The use of the dose that maximized root productivity, without application of potassium, did not significantly reduce the quality of the root of beet.

**Keywords:** *Beta vulgaris L., Mineral nutrition, Total soluble solids.*

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> - Altura de planta de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio e época de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019. ....   | 23 |
| <b>Figura 2</b> - Teor de N na folha diagnóstica de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio, e época de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.....   | 24 |
| <b>Figura 3</b> - Teor de K na folha diagnóstica de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.....                   | 26 |
| <b>Figura 4</b> - Produtividades total (PDT) e comercial (PDC) de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.....   | 26 |
| <b>Figura 5</b> - Produtividade não comercial de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.....                      | 28 |
| <b>Figura 6</b> - Sólidos solúveis totais de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019. ....                         | 30 |
| <b>Figura 7</b> - Açúcares solúveis totais de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019. ....                        | 31 |
| <b>Figura 8</b> - Percentagem de raízes de beterraba com anéis brancos internos, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019..... | 32 |

## LISTA DE TABELAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> | Caracterização química e física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes.....   | 17 |
| <b>Tabela 2.</b> | Caracterização física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes.....   | 18 |
| <b>Tabela 3.</b> | Característica química da água utilizada para irrigação dos experimentos.....   | 18 |
| <b>Tabela 4.</b> | Resumo da análise de variância para altura de planta (ALP), teor de N folha diagnóstica (NFD), teor de K folha diagnóstica (KDF), produtividade total (PDT), produtividade não comercial (PDC) e produtividade não comercial (PDNC) de beterraba..... | 21 |
| <b>Tabela 5.</b> | Altura de planta (ALP), teor de nitrogênio na folha diagnóstica (NFD) em função doses de nitrogênio e épocas de cultivo.....  | 22 |
| <b>Tabela 6.</b> | Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST) e porcentagem de anéis brancos no interior da raiz (ABR).....   | 29 |

## SUMÁRIO

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>2.</b>  | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Aspectos gerais da cultura da beterraba.....</b>                                 | <b>13</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Resposta da cultura da beterraba à adubação nitrogenada<br/>e potássica.....</b> | <b>13</b> |
| <b>3.</b>  | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Localização do experimento.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Caracterização da área experimental.....</b>                                     | <b>17</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Delineamento e caracterização do experimento.....</b>                            | <b>18</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Implantação e condução dos experimentos.....</b>                                 | <b>18</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Características avaliadas.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Análise estatística.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>4.</b>  | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>5.</b>  | <b>CONCLUSÕES.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>6.</b>  | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>36</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da beterraba destaca-se dentre as dez hortaliças mais importantes, sendo que em 2016 a produção brasileira foi de 218.765 toneladas, produzidas em 10.938 hectares com produtividade média de 20,0 t ha<sup>-1</sup>. Os cinco principais estados produtores foram Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia (GARCIA FILHO et al., 2017). Nutricionalmente, é rica em açúcares e nutrientes como potássio, sódio, ferro, cobre, zinco e vitaminas do complexo B, podendo ser consumida a sua raiz tuberosa e folhas (AQUINO et al., 2010).

Na região Nordeste, o cultivo desta hortaliça é reduzido, pois as temperaturas mais elevadas tendem a reduzir a pigmentação e, conseqüentemente, a qualidade do produto. Em alguns estados, a produção é insuficiente para abastecer a demanda interna, como, por exemplo, o Ceará, que produz apenas 10% do comercializado, e o Rio Grande do Norte, onde toda a beterraba comercializada é oriunda de outros estados, como Bahia e Pernambuco (MARQUES et al., 2010).

Do ponto de vista da nutrição e adubação, a beterraba é considerada uma cultura exigente, sendo o nitrogênio (N) e potássio (K) os nutrientes acumulados em maiores quantidades pela planta. Grangeiro et al. (2007) verificaram para a cultivar Early Wonder acúmulos máximos de 558,3 mg planta<sup>-1</sup> (186,10 kg ha<sup>-1</sup>) e 538,0 mg planta<sup>-1</sup> (179,3 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente, para N e K. Cardoso et al. (2017), utilizando o híbrido Boro F1, verificaram acúmulos de 404,3 e 708,5 mg planta<sup>-1</sup> para N e K, respectivamente. Em revisão de literatura, Trani et al. (2013) verificaram quantidades extraídas de N e K de 78 a 275 kg ha<sup>-1</sup> e 83 a 476 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O nitrogênio se destaca por proporcionar aumento da produtividade em razão da expansão foliar e o acúmulo de massa. Contudo, seu manejo deve ser adequado por ser um elemento facilmente lixiviado, evitando, assim, problemas ambientais (TIVELLI, 2011). Damasceno et al. (2011), estudando os efeitos da adubação nitrogenada na produtividade da beterraba, concluiu que é possível alcançar maiores produtividades face às doses recomendadas para Minas Gerais, com aumento do diâmetro médio do tubérculo e índice de área foliar.

O potássio, elemento mais requerido pela beterraba (GRANGEIRO et al., 2007; CARDOSO et al., 2017), atua na translocação e armazenamento de fitoassimilados, bem como no potencial hídrico da planta, promovendo melhoria nas características organolépticas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Todavia, deve-se atentar para uma

equilibrada adubação potássica. Cardoso et al (2017) verificaram que um fornecimento elevado desse nutriente pode ocasionar o “consumo de luxo”, no qual alta disponibilidade do nutriente aumenta sua absorção e exportação, não ocorrendo, porém, ganhos em produtividade.

Em face do exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a produtividade e qualidade de beterraba em função da adubação nitrogenada e potássica.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos gerais da cultura da beterraba**

A Beterraba (*Beta vulgaris L.*) é uma planta originária do sul e do leste da Europa e norte da África, pertencente à família Chenopodiaceae. De raiz tuberosa, apresenta formato angular-achatado e sabor acentuadamente doce (FILGUEIRA, 2012; TIVELLI et al., 2011).

Dependendo da variedade, a cor pode variar de amarelo a vermelho, sendo a vermelha mais popular e relevante para consumo humano (SINGH; HATHAN, 2014). De excelente valor nutritivo, se destaca por ser rica em ferro, sódio, potássio, vitamina A e do Complexo B. As raízes possuem altas concentrações de betacianinas, o que lhe confere a coloração vermelha (AZEREDO, 2009). Diante disso, as indústrias têm explorado comercialmente estes pigmentos para melhorar a cor dos alimentos, como lácteos, molhos, doces, cereais matinais e carnes processadas (AZEREDO, 2009; SINGH; HATHAN, 2014).

A depender da cultivar, o ciclo da cultura varia de 60 a 105 dias com produtividade média de 30 t.ha<sup>-1</sup> (MATOS, 2011). As variedades de mesa são as mais cultivadas no Brasil, sendo a maioria de origem americana ou europeia, do grupo Wonder, com a raiz de formato globular. Os areno-argilosos ou argilo-arenosos são os solos mais indicados para o cultivo de beterraba; solos muito argilosos podem deformar as raízes na medida em que dificultam a penetração no perfil (TIVELLI, 2011).

No Brasil, 21.937 propriedades rurais produzem cerca de 177.145 toneladas do tubérculo (IBGE, 2009), com valor movimentado na cadeia produtiva na ordem de 841,2 milhões de reais em 2010. Os principais estados produtores são: Paraná (20%), São Paulo (17%), Minas Gerais (15,5%), Rio Grande do Sul (15%) e Bahia (8%) (TIVELLI et al, 2011), ratificando o relato de Grangeiro et al. (2011), em que o Rio Grande de Norte mostra a produção de algumas hortaliças, incluindo-se a beterraba, é restrita e pouco expressiva, existindo a necessidade de importar de outros estados.

#### **2.2.1 Resposta da cultura da beterraba a adubação nitrogenada e potássica**

Por se tratar de um macronutriente essencial, o nitrogênio é requerido em grandes quantidades e sua deficiência provoca perdas ou diminuição de ganhos potenciais de produtividade. As adubações nitrogenadas devem levar em consideração as

necessidades das plantas e, da mesma forma, as quantidades do nutriente extraído em razão da colheita (NOVAIS, 2007).

Alves et al. (2008), avaliando o desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes, verificaram que a falta de N para a beterraba reduziu consideravelmente sua altura, o número de folhas e a matéria seca da parte aérea, raiz e planta inteira, sendo observados também sintomas de deficiência nutricional.

A importância da adubação nitrogenada foi evidenciada por Damasceno et al. (2011), que observaram aumento do diâmetro radicular, maior massa fresca da parte aérea, provavelmente causado pela maior capacidade de fotossíntese das plantas que receberam maiores doses de nitrogênio. Tal fato confirmado por Trani et al. (2005), concluindo que as maiores produtividades de raízes e parte aérea de beterraba foram obtidas com aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Correlação positiva entre massa fresca da parte aérea e produtividade tem sido constatada em tuberosas. Neto (2017), estudando a produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio, constatou que a biomassa da parte aérea dos clones avaliados responde a níveis acima das doses de N aplicadas e a dose econômica de aproximadamente 130 kg ha<sup>-1</sup> de N proporciona rendimentos máximos de produtividade.

Visando à otimização econômica e ambiental de fertilização em fazendas de beterraba açucareira em uma região da Europa, Caamal-Pat et al. (2014) observaram ao final do seu estudo que dentre as áreas pesquisadas 51,1% utilizam mais N do que o necessário, dos quais 35% das propriedades são aplicados um excedente entre 5 e 15% de N e 14,6% das propriedades aplicam-se entre 15 e 30% a mais de N, ao passo que apenas em 24,7% das propriedades aplica-se menos N do que o recomendado e em somente 23,4% das propriedades segue-se a recomendação com base na quantidade presente no solo e na extração pela cultura.

Em relação ao acúmulo de nutrientes nas plantas de beterraba, Cardoso et al. (2017) constataram que na parte aérea o período de maior demanda de N foi dos 15 a 28 dias após o transplante; a ordem decrescente de macronutrientes acumulados na parte aérea da beterraba foi K > N > Ca > Mg > S > P, mostrando 333, 172, 100, 98, 29 e 25 mg/planta, respectivamente, já nas raízes o N foi o segundo maior nutriente exportado, com o valor de 232 mg / plantas, com a maior taxa de acúmulo ocorrendo no final do ciclo, de 44 para 60 dias. Fato semelhante foi averiguado por Grangeiro et al. (2007),

onde o período de maior acúmulo para todos os macronutrientes nas raízes foi entre 50 e 60 dias após a semeadura.

Abdelaal; Sahar (2015), estudando a resposta da beterraba ao nitrogênio mineral, observaram que os atributos de produção (comprimento e diâmetro da raiz, bem como peso fresco da raiz e parte aérea) aumentaram significativamente em função do aumento dos níveis de adubação nitrogenada de 0 a 35, 70 e 105 kg de N/ha<sup>-1</sup>. Tais repostas do nitrogênio nestas características evidenciam seu papel na construção de metabólitos e ativação de enzimas que se associam ao acúmulo de carboidratos, translocado das folhas para raízes, aumentando a divisão e alongamento celular, conseqüentemente aumentando o tamanho da raiz (GEHAN et al., 2013).

Oliveira et al. (2017) concluíram em seu estudo que as plantas de beterraba cultivadas no solo com a adição de 100 kg/ha de N apresentaram a maior produção de matéria fresca e seca de folhas e raízes de beterraba e que o nível crítico de N no tecido foliar foi de 106,5 kg/ha obtido na dose 100 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Quanto à distribuição de N em plantas de beterraba, Oliveira et al. (2017) observaram que o acúmulo máximo de nitrogênio em folhas foi de 106,5 kg/ha (50,6%) e de 104,1 kg ha<sup>-1</sup> nas raízes (49,4%), de um total de 210,7 kg ha<sup>-1</sup> de N extraído pelas plantas para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado no solo, considerando o nível crítico estabelecido. Grangeiro et al. (2007) apuraram que a máxima acumulação de nitrogênio pela cultivar de beterraba Early Wonder foi de 558,3 mg/planta (186,10 kg ha<sup>-1</sup>), dos quais 52,7% da parte aérea e 47,3% das raízes.

O potássio participa de muitas funções importantes nas plantas, fotossíntese, translocação de fotoassimilados, síntese de proteínas, controle do equilíbrio iônico, regulação dos estômatos e uso de água, promove aumento da qualidade devido aos seus efeitos no tamanho, forma, cor, sabor e resistência dos produtos hortícolas ao armazenamento (MARSCHNER, 1995; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quantificando o acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba na cidade de Mossoró-RN, foi verificado que o potássio foi o segundo nutriente mais acumulado pela cultivar Early Wonder, acumulando 538 mg/planta, ou 179,3 kg ha<sup>-1</sup>, aos 60 DAS, tendo a maior demanda ocorrida no período de 30 a 40 DAS (GRANGEIRO et al., 2007).

Em estudo mais recente, Cardoso et al. (2017) afirmaram que a ordem decrescente de macronutrientes acumulados na beterraba foi K > N > Mg > Ca > P > S, caracterizando o potássio como nutriente mais acumulado, apresentando, aos 60 DAT,

708,52 mg/planta, sendo que a maior demanda ocorreu no período de 29 a 43 DAT, com taxa média diária de acúmulo de K de 21,58 mg/planta/dia.

Gondim et al. (2011), cultivando plantas de beterraba em sistema hidropônico planta, relataram que o acúmulo de K pela hortaliça foi de 1,9 g planta<sup>-1</sup>, ou 63,3 kg ha<sup>-1</sup>, sendo distribuídos em 50% na raiz e 50% na parte aérea.

Grangeiro et al. (2007) verificaram que o acúmulo de potássio no final do ciclo da beterraba predominou na parte aérea, com 48% do acúmulo total, seguido da raiz com 52%. Confirmando esses resultados, Cardoso et al. (2017) comprovaram valores semelhantes, com 53 e 47% na raiz e parte aérea, respectivamente.

A fim de calibrar a adubação para beterraba na região do Vale do Itajaí, Oliveira et al. (2016) notaram que a dose 320 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionou maior acúmulo de K na raiz (3,55 gkg<sup>-1</sup>), exportando 103,72 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Na planta, houve também efeito da adubação de potássio, sendo que a dose 418 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionou acúmulo máximo de K de 172,27 kg ha<sup>-1</sup> na planta, porém não houve resposta significativa para massa seca e fresca de folha e raiz e diâmetro de raiz, caracterizando o fenômeno “consumo de luxo”.

No que tange a características de qualidade, Magro et al. (2015) observaram que a adubação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O não afeta as características de produção, no entanto aumenta o conteúdo de açúcares não redutores e totais e o teor de K na parte aérea e raiz e Abido et al. (2015) relataram que o aumento dos níveis de fertilizantes potássicos de 12, 24 e 36 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O se associa a aumentos graduais e significativos no parâmetro de qualidade, como porcentagens de SST, sacarose e pureza aparente do suco.

Em beterrabas sacarina, Mubarak et al. (2016) afirmaram que a cultura respondeu positivamente à aplicação de potássio tanto em peso quanto em rendimento de açúcar e Kashem et al. (2015) observaram que a combinação de 150 kg de N e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O resultou em maior massa seca total, produção e lâmina foliar, o peso da raiz por planta e rendimento de raízes aumentou significativamente com o aumento dos níveis de nitrogênio e potássio.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização do experimento

A pesquisa constou de dois experimentos, sendo o primeiro conduzido no período de junho a outubro de 2018 (Época 1) e o segundo de junho a outubro de 2019 (Época 2), na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN, Brasil, (de 5°03'37" sul, de 37°23'50" a oeste de Greenwich e altitude aproximada de 72 metros).

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é BSw<sub>h</sub>, ou seja, seco, muito quente e com estação chuvosa compreendendo aos meses de fevereiro a maio, temperatura média máxima entre 32,1 e 34,5 °C e média mínima entre 21,3 e 23,7 °C, com a precipitação média anual em torno de 625 mm.

#### 3.2 Caracterização da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (REGO et al., 2016). As amostras para caracterização química e física do solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm. Foi também coletada amostra de água do poço. Os resultados encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

| Atributos Químicos |                  |                          |                                |      |      |       |      |      |    |                    |
|--------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------|------|-------|------|------|----|--------------------|
| Época              | pH               | P                        | K                              | Ca   | Mg   | H+Al  | SB   | CTC  | V  | M.O                |
|                    | H <sub>2</sub> O | --mg dm <sup>-3</sup> -- |                                |      |      |       |      |      | %  | g kg <sup>-1</sup> |
| 1                  | 5,0              | 6,00                     | 30,81                          | 0,35 | 0,11 | 1,65  | 0,55 | 2,2  | 25 | 10,96              |
| 2                  | 6,30             | 3,20                     | 51,00                          | 0,55 | 0,25 | 0,33  | 0,97 | 1,30 | 75 | 4,14               |
| Micronutrientes    |                  |                          |                                |      |      |       |      |      |    |                    |
| Época              |                  | B                        | Cu                             | Zn   | Mn   | Fe    |      |      |    |                    |
|                    |                  |                          | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |      |      |       |      |      |    |                    |
| 1                  |                  | 0,24                     | 0,20                           | 0,70 | 5,40 | 17,00 |      |      |    |                    |
| 2                  |                  | 0,19                     | 0,15                           | 1,01 | 2,36 | 6,61  |      |      |    |                    |

pH: Potencial de hidrogênio; P: Fósforo; K: Potássio; Na: Sódio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+ Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases; M.O.: Matéria orgânica; B: Boro; Cu: Cobre; Zn: Zinco; Mn: Manganês; Fe: Ferro.

Tabela 2. Caracterização física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

| Época | Atributos                     |            |             |       |        |
|-------|-------------------------------|------------|-------------|-------|--------|
|       | Areia Grossa                  | Areia Fina | Areia total | Silte | Argila |
|       | -----g kg <sup>-1</sup> ----- |            |             |       |        |
| 1     | 610,00                        | 282,00     | 892,00      | 24,00 | 84,00  |
| 2     | 620,00                        | 280,00     | 900,00      | 30,00 | 70,00  |

Tabela 3. Característica química da água utilizada para irrigação dos experimentos. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

| pH  | CE                 | K <sup>+</sup>                   | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Cl <sup>-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-3</sup> | RAS                                    |
|-----|--------------------|----------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|--|
|     | dS m <sup>-1</sup> | -----mmolc L <sup>-1</sup> ----- |                 |                  |                  |                 |                               |                                | (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup> |
| 7,1 | 0,61               | 0,65                             | 1,73            | 2,50             | 1,90             | 1,60            | 0,0                           | 4,00                           | 1,2                                    |

### 3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os experimentos foram realizados em delineamento experimental de blocos casualizados completos em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de nitrogênio (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N) e quatro doses de potássio (0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), aplicados via água de irrigação

A unidade experimental foi constituída por canteiros de 3,0 x 1,25 m, com seis fileiras de plantas, espaçadas em 0,25 x 0,10 m, perfazendo área total de 3,75 m<sup>2</sup>, sendo consideradas como área útil as quatro fileiras centrais, desprezando uma planta em cada extremidade.

### 3.4 Implantação e condução dos experimentos

O preparo do solo constou de aração, gradagem e levantamento dos canteiros, sendo feita adubação de fundação com 190 kgha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (SILVA, 2017), na forma de superfosfato triplo.

A semeadura da cultivar Fortuna foi realizada de forma manual, colocando-se de três a quatro glomérulos por cova na profundidade de aproximadamente 2,0 cm, fazendo

o desbaste 20 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por cova no espaçamento de 0,25 x 0,10 m.

A irrigação foi realizada por gotejamento, com três fitas gotejadoras por canteiro espaçadas entre si em 0,20 m e com gotejadores a cada 0,30 m. As irrigações foram diárias e as lâminas foram aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2006), sendo aplicadas 450,46 mm em 2018, e 567,25 mm, no experimento de 2019.

As adubações de cobertura foram realizadas semanalmente, via fertirrigação com N e K, de acordo com os tratamentos. As fertirrigações foram iniciadas aos 15 dias após a germinação e finalizadas aos 15 dias antes da colheita, com sua distribuição ao longo do ciclo estabelecida a partir da marcha de absorção de nutrientes pela cultura da beterraba.

As fontes empregadas foram ureia, sulfato de amônio, cloreto de potássio, nitrato de potássio e de cálcio. Como fonte de micronutrientes, usou-se a formulação comercial contendo: 1,27% de S, 0,86% de Mg, 2,1 de B, 0,36% de Cu, 2,66%, 2,48% de Mn, 0,036% de Mo, 3,38% de Zn na dose de  $1\text{kg ha}^{-1}$ , dividindo-se em quatro aplicações quinzenais. A colheita foi realizada manualmente por volta dos 75 dias.

### **3.5 Características avaliadas**

Altura de Plantas (cm): determinada com auxílio de uma régua, medindo-se 10 plantas por parcela, do nível do solo até a extremidade da folha mais alta, aos 30; 45; 60; 75 DAS.

Teor de N e K na folha diagnóstica ( $\text{g kg}^{-1}$ ): foram coletadas, na metade do ciclo da cultura, folhas jovens completamente expandidas da área útil da parcela, seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). As análises químicas para a determinação dos teores de nutrientes presentes em cada fração da planta serão realizadas segundo metodologia Embrapa (2009).

Produtividade comercial ( $\text{t ha}^{-1}$ ): determinada pela soma da produção de raízes com  $\text{DT} > 4\text{cm}$ , sem rachaduras, deformações ou lesões mecânicas.

Produtividade não-comercial ( $\text{t ha}^{-1}$ ): determinada pela soma da produção de raízes com  $\text{DT} < 4\text{cm}$ , com rachaduras, deformações e lesões mecânicas.

Produtividade total ( $\text{t ha}^{-1}$ ): Obtida pelo somatório da produtividade comercial e não comercial.

Porcentagem de raízes com anéis brancos internos (%): Foram usadas 20 raízes classificadas como comercial, por repetição, cortadas e verificada a presença ou ausência de anéis claros no interior das raízes.

Para as análises de qualidade de raízes, foram amostradas 20 raízes comerciais da área útil da parcela, em seguida lavadas e trituradas em multiprocessador doméstico e filtradas em funil utilizando papel filtro para extração do suco.

Sólidos solúveis totais (°Brix): Determinados diretamente do suco da beterraba, por meio de leitura em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co, LTD. Japan) com compensação automática de temperatura.

Açúcares solúveis totais (%): Determinados no suco utilizando o método da Antrona (Southgate, 1991). Utilizando-se 1,0 ml de suco, diluído com água destilada em balão volumétrico de 250 ml. Uma alíquota de 1 ml será transferida para tubos de ensaio, adicionando-se, em seguida, 2,0 ml de antrona e fazendo a homogeneização. Posteriormente, foi determinada a absorvância em espectrofotômetros, em comprimento de onda de 620 nm.

### **3.6 Análises estatísticas**

As análises de variância das características avaliadas foram realizadas isoladamente para cada experimento. Uma análise conjunta foi realizada envolvendo as duas épocas de plantio, desde que a relação entre o maior e menor quadrado médio residual de cada característica tenha sido inferior a sete, condição necessária à realização desse tipo de análise (PIMENTEL GOMES, 1990). Com o auxílio do *software* estatístico Sisvar v5.3. (FERREIRA, 2011). O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi usado na comparação das médias entre as épocas de plantio. Para o fator doses, foi usado o procedimento de ajustamento de curvas de resposta por meio da análise de regressão das variáveis.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis teor de K na folha diagnóstica (KFD) e produtividade de raízes não comercial (PDNC), foi significativa a interação dos fatores doses de nitrogênio, doses de potássio e época. Para a altura de planta (ALP) e teor de N na folha diagnóstica (NFD), foi significativa a interação dose de N e época, e para produtividade comercial (PDC) e total (PDT), o efeito isolado dos fatores doses de N e época (Tabela 4).

A ausência de resposta às doses de potássio aplicadas é um indicativo de que os teores disponíveis previamente no solo e na água (Tabelas 1 e 3) de irrigação foram suficientes para atender à demanda das plantas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALP), teor de N folha diagnóstica (NFD), teor de K folha diagnóstica (KDF), produtividade total (PDT), produtividade não comercial (PDC) e produtividade não comercial (PDNC) de beterraba. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

| FV                 | GL | Quadrado médio     |                     |                    |                     |                     |                    |
|--------------------|----|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
|                    |    | ALP                | NFD                 | KFD                | PDT                 | PDC                 | PDNC               |
| Bloco(Experimento) | 6  | 6,64*              | 486,38**            | 97,59**            | 21,85 <sup>ns</sup> | 33,04 <sup>ns</sup> | 3,09**             |
| Doses N (N)        | 3  | 180,14**           | 338,32**            | 62,37**            | 210,07**            | 288,40**            | 6,74**             |
| Doses de K (K)     | 3  | 1,01 <sup>ns</sup> | 64,09 <sup>ns</sup> | 92,08**            | 17,83 <sup>ns</sup> | 19,12 <sup>ns</sup> | 0,96 <sup>ns</sup> |
| Época (E)          | 1  | 21,43*             | 4,98 <sup>ns</sup>  | 2769,26**          | 108,06**            | 70,58**             | 3,95**             |
| N x K              | 9  | 1,41 <sup>ns</sup> | 30,38 <sup>ns</sup> | 49,13**            | 6,29 <sup>ns</sup>  | 5,69 <sup>ns</sup>  | 1,86**             |
| N x E              | 3  | 12,40**            | 97,44**             | 139,29**           | 1,93 <sup>ns</sup>  | 9,58 <sup>ns</sup>  | 3,95**             |
| K x E              | 3  | 6,73 <sup>ns</sup> | 5,59 <sup>ns</sup>  | 5,35 <sup>ns</sup> | 9,47 <sup>ns</sup>  | 10,59 <sup>ns</sup> | 0,62 <sup>ns</sup> |
| N x K x E          | 9  | 5,43 <sup>ns</sup> | 12,98 <sup>ns</sup> | 50,13**            | 15,55 <sup>ns</sup> | 12,68 <sup>ns</sup> | 1,74**             |
| Erro               | 90 | 2,76               | 26,67               | 19,40              | 11,38               | 11,49               | 0,85               |
| CV (%)             |    | 6,91               | 16,11               | 18,75              | 30,31               | 37,98               | 31,00              |

\*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; <sup>ns</sup>: não significativo pelo Teste F. CV: coeficiente de variação.

A adubação nitrogenada aumentou linearmente a altura das plantas, nas duas épocas de cultivo. Na maior dose de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), as alturas de plantas estimadas foram de 27,0 e 26,5 cm, respectivamente, nas épocas 1 e 2. O incremento em relação ao tratamento sem aplicação de N foi respectivamente de 33 e 19% (Figura 1). Dentre as doses de N, a ALP diferiu significativamente no tratamento sem adubação com N, e na dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ , com maiores valores obtidos na época 2 (Tabela 5).

Vasque (2019) verificou que a adubação nitrogenada proporcionou aumento de 12% no número de folhas e de 31% na altura da parte aérea da planta de beterraba, em comparação à média dos tratamentos sem nitrogênio. Segundo Barreto et al. (2013), 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.

O incremento na altura promovido pela aplicação de N resulta de seu efeito no crescimento e desenvolvimento das plantas. Em outras hortaliças, as respostas também foram positivas, como em mandioquinha-salsa (NUNES et al., 2016); rabanete (SANTOS et al., 2018) e cenoura (SILVA et al., 2017).

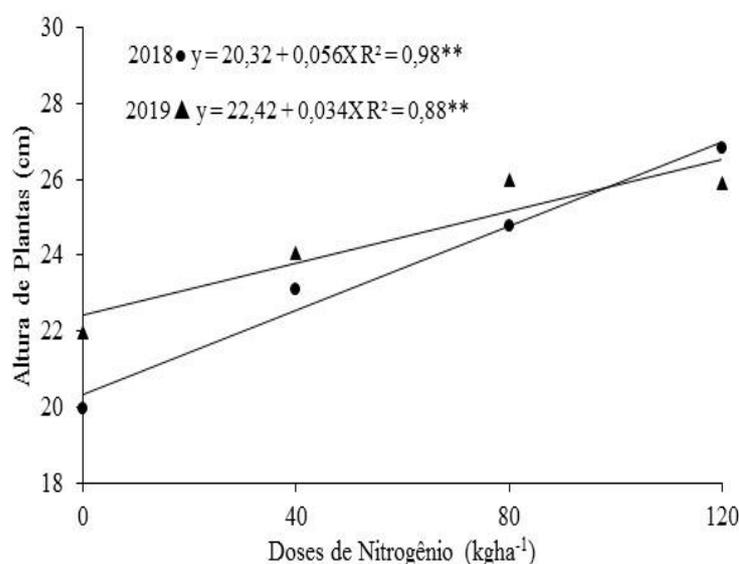


Figura 1 - Altura de planta de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio e época de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

Tabela 5. Altura de planta (ALP), teor de nitrogênio na folha diagnóstica (NFD) em função doses de nitrogênio e épocas de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

| Dose N(kg ha <sup>-1</sup> ) | ALP (cm) |         | NFD (g kg <sup>-1</sup> ) |         |
|------------------------------|----------|---------|---------------------------|---------|
|                              | Época 1  | Época 2 | Época 1                   | Época 2 |
| 0                            | 19,95 b  | 21,98 a | 29,95 a                   | 25,03 b |
| 40                           | 23,10 a  | 24,04 a | 32,76 a                   | 31,39 a |
| 80                           | 24,78 b  | 25,99 a | 32,64 a                   | 34,89 a |
| 120                          | 26,82 a  | 25,91 a | 33,64 a                   | 36,10 a |

\*médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O teor de nitrogênio na folha diagnóstica (NFD) aumentou linearmente em função das doses de N, em ambas as épocas. Os máximos estimados foram, respectivamente, de 36,89 e 37,36 g kg<sup>-1</sup> nas épocas 1 e 2 (Figura 2). Os teores de NFD, com exceção do tratamento sem aplicação de N, estiveram dentro da faixa de teores adequados (30 a 50 g kg<sup>-1</sup>), segundo Trani et al. (2013). Não houve diferença significativa entre as doses de N para teores de NFD, exceto no tratamento sem aplicação de N, em que o NFD foi superior na época 1 (Tabela 5).

Este resultado corrobora com os obtidos por Aquino et al. (2006), que verificaram aumento linear no teor foliar de N em função das doses de N, com teor máximo estimado de 50,7 g kg<sup>-1</sup>, obtido com 400 kg ha<sup>-1</sup> de N.

No tratamento sem aplicação de N, as plantas desenvolveram sintomas característicos de deficiência, como crescimento reduzido de folhas e raízes e amarelecimento foliar. Alves et al. (2008) relataram sintomas semelhantes aos verificados neste trabalho. Avaliando o desenvolvimento e estado nutricional da beterraba conduzida em casa de vegetação, os autores 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.

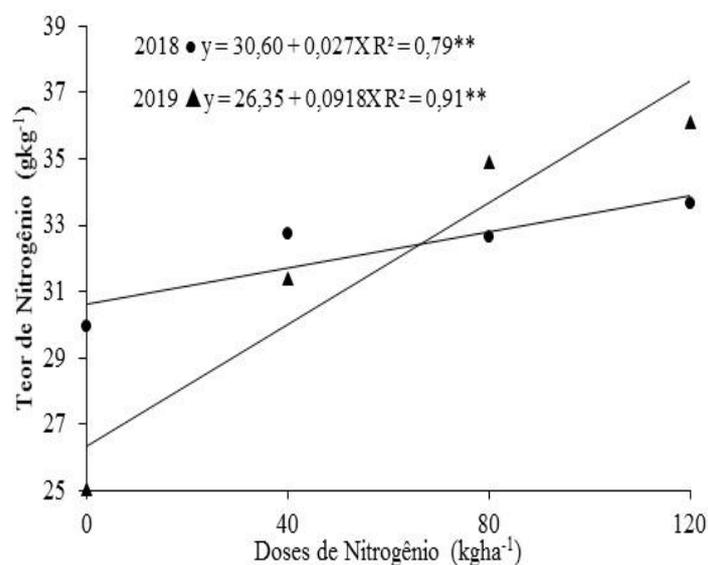


Figura 2 - Teor de N na folha diagnóstica de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio, e época de cultivo. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

Na época 1, o teor de K na folha diagnóstica (KFD) em função das doses de nitrogênio, dentro de cada dose de potássio, ajustou-se a modelo quadrático de regressão. O maior teor de KFD estimado (34,11 g kg<sup>-1</sup>) foi alcançado na ausência de N,

com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 3A). Entretanto, independentemente das doses de nitrogênio e potássio, os teores de KFD estiveram dentro da faixa de teores adequados (20 a 40 g kg<sup>-1</sup>), segundo Trani et al. (2013). O teor de KFD reduziu com o aumento das doses de N. Na época 2, o maior teor KFD (25,07 g kg<sup>-1</sup>) foi obtido com 54 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Nas doses de 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, não se ajustou nenhum modelo de regressão, com médias de 18,99 e 19,84 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3B). Diferentemente, na época 1, os teores de KFD considerados adequados, só foram alcançados, segundo Trani et al. (2013), a partir da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Os menores teores de KFD de 22,35 e 13,72 g kg<sup>-1</sup> foram observados quando foi realizada a adubação com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, na ausência da aplicação de potássio, respectivamente nas épocas 1 e 2. Entretanto, não foram observados sintomas visuais de deficiência de potássio em nenhum tratamento.

Em beterraba, Passos (2019) verificou que a aplicação de potássio em solos com alto teor desse nutriente influenciou significativamente os teores de N e K na folha diagnóstica. O teor de N diminuiu e o de K aumentou com os incrementos das doses de K. O teor máximo de K (82,6 g kg<sup>-1</sup>) foi observado com a dose máxima (180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), e foi 51% maior do que o teor obtido no tratamento sem aplicação de potássio. Segundo o autor, elevados teores de K na parte aérea e na raiz tuberosa da beterraba confirmam a importância deste nutriente para plantas que armazenam reserva em órgãos subterrâneos, principalmente para translocação de açúcares e síntese de amido e, conseqüentemente, obtenção de produções elevadas.

A beterraba é considerada uma planta exigente em K, absorvendo-o em maior quantidade que qualquer outro. A beterraba absorve altas quantidades de K do solo, porém nem sempre se reflete em produtividade, o que caracteriza o consumo de luxo, isto é, extração de um nutriente acima da quantidade necessária à nutrição adequada. Esse fato normalmente acontece em solos ricos em K trocável (TIVELLI et al., 2011) e porque as plantas têm a capacidade de absorver mais K do que as suas necessidades (MEURER, 2006).

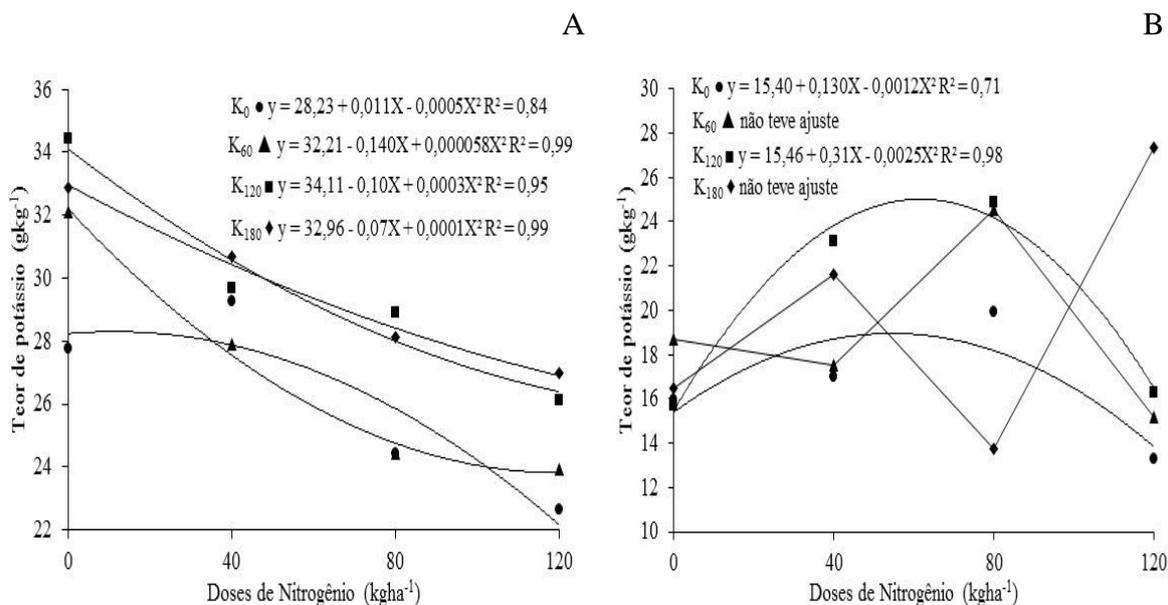


Figura 3 - Teor de K na folha diagnóstica de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

As produtividades total (PDT) e comercial (PDC) de raízes em função das doses de nitrogênio se ajustaram a modelos de regressão linear. A dose que maximizou tanto a PDT (14,3 t ha<sup>-1</sup>) quanto a PDC (12,3 t ha<sup>-1</sup>) foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 4). Os incrementos proporcionados na produtividade de raízes de beterraba pela adubação nitrogenada, considerando a dose que maximizou a PDT e PDC em relação à testemunha (sem aplicação de N), foram de aproximadamente 70 e 125%, respectivamente.

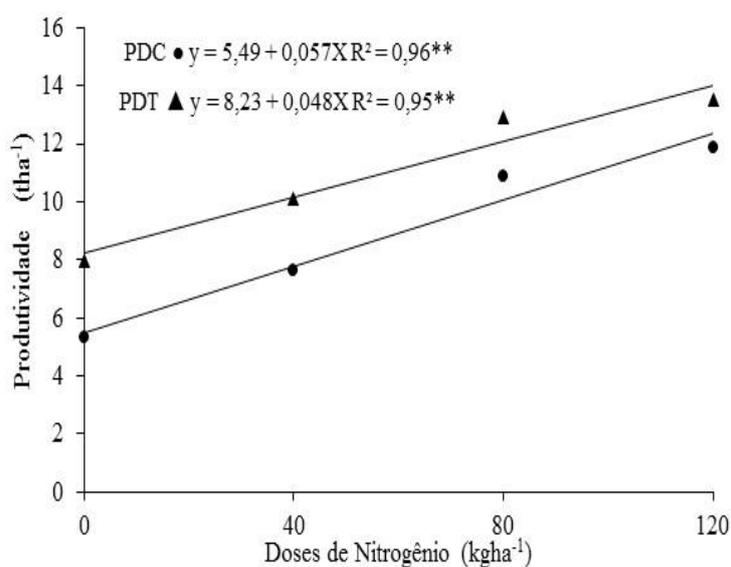


Figura 4 - Produtividades total (PDT) e comercial (PDC) de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio. Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

Segundo Trani et al. (2013), N é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura da beterraba e que contribui para o aumento da produtividade por promover a expansão foliar (essencial para a fotossíntese) e mais acúmulo de massa de raízes, além das folhas. Na literatura, é relatada a existência de diferenças significativas nas quantidades de N recomendadas para a beterraba de mesa. Isso se deve às diferentes exigências nutricionais das cultivares utilizadas, às diferentes densidades de plantio e também aos diversos tipos de solo e clima.

Trani et al. (2005) realizaram experimentos em três locais diferentes com adubação nitrogenada em beterraba, e consideraram como satisfatórias as doses de 92, 179 e 151 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as melhores produtividades de raízes de beterraba. Esses valores ratificam a importância da realização de experimentos de adubação nitrogenada em diferentes tipos de solo.

Oliveira et al. (2017) verificaram que a maior produção de raízes de beterraba (42,82 t ha<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, para uma população de 500.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Vasque (2019) verificou que fornecimento de nitrogênio em cobertura na beterraba proporcionou maior incremento na produtividade e obtenção de raízes maiores e mais homogêneas para o mercado.

Mesmo com o aumento do teor K na folha diagnóstica, na maioria das doses de N, a produtividade não foi influenciada pela adubação potássica. Provavelmente, a quantidade de K presente no solo (Tabela 1), e na água de irrigação (Tabela 3) foi suficiente para atender a necessidade da cultura, nas condições de cultivo do presente trabalho. Resultado similar foi verificado por Passos (2019).

Para a produção não comercial de raízes, na época 1, a PDNC em função das doses de nitrogênio, dentro de cada dose de potássio, ajustou-se a modelo quadrático de regressão. Independentemente da dose de potássio, houve redução da PDNC na medida em que a dose de N foi aumentada.

A maior PDNC estimada (3,37 tha<sup>-1</sup>) foi alcançada na ausência de N, com a aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 5A). Entretanto, as menores PDNC estiveram relacionadas ao aumento da aplicação de N. Na época 2, semelhantemente à época 1 houve redução da PDNC, na medida em que a dose de N foi aumentada, exceto na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na qual a redução ocorreu a partir da aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. A maior PDNC estimada (3,32 tha<sup>-1</sup>) foi alcançada no tratamento sem aplicação de N

e K (Figura 5B). Na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, não se ajustou nenhum modelo de regressão, com PDNC média de 2,47 t ha<sup>-1</sup>.

Diferentemente do observado no presente estudo, Kashem et al. (2015) verificaram aumento da produtividade de beterraba açucareira como efeito da adubação combinada de nitrogênio e potássio. A produtividade máxima (87,24 tha<sup>-1</sup>) foi obtida com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A ausência da aplicação de N e K foi responsável pela menor produtividade (44,31 tha<sup>-1</sup>). Segundo os autores, o aumento no rendimento devido ao N e K pode ser explicado pelo fato de que eles têm papel vital na produção de metabólitos, enzimas ativadoras, acúmulo e transporte de carboidratos na folha e raízes, por sua vez melhorando o comprimento, diâmetro e peso fresco da raiz.

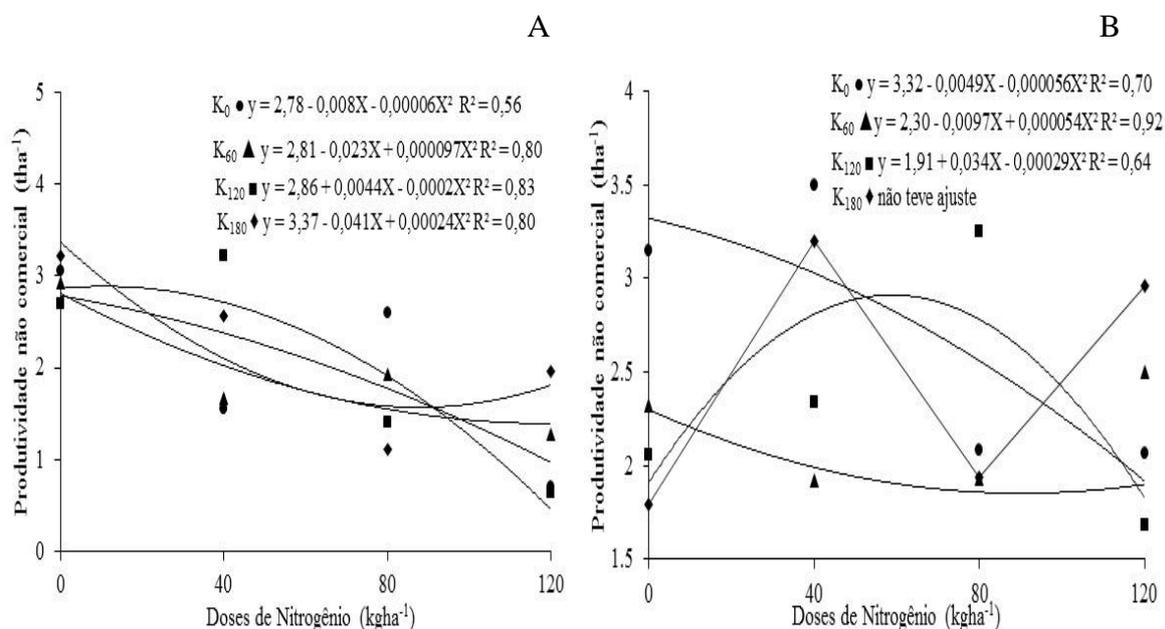


Figura 5 - Produtividade não comercial de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

Para as variáveis sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST) e percentagem de anéis branco no interior da raiz (ABR), foi significativa a interação dos fatores doses de nitrogênio, doses de potássio e época (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para sólidos solúveis totais (SST), açúcares solúveis totais (AST) e porcentagem de anéis brancos no interior da raiz (ABR).

| FV                 | GL | Quadrado médio       |                    |                      |
|--------------------|----|----------------------|--------------------|----------------------|
|                    |    | SST                  | AST                | ABR                  |
| Bloco(Experimento) | 6  | 0,182 <sup>ns</sup>  | 1,03 <sup>ns</sup> | 219,53 <sup>ns</sup> |
| Doses N (N)        | 3  | 6,79**               | 27,69**            | 511,20 <sup>ns</sup> |
| Doses de K (K)     | 3  | 0,159 <sup>ns</sup>  | 3,00 <sup>ns</sup> | 79,95 <sup>ns</sup>  |
| Época (E)          | 1  | 0,0002 <sup>ns</sup> | 431,33**           | 61688,28**           |
| N x K              | 9  | 0,659 <sup>ns</sup>  | 8,17**             | 166,75 <sup>ns</sup> |
| N x E              | 3  | 1,964**              | 49,70**            | 2298,70**            |
| K x E              | 3  | 0,457 <sup>ns</sup>  | 1,80 <sup>ns</sup> | 179,95 <sup>ns</sup> |
| N x K x E          | 9  | 1,659**              | 11,41**            | 748,70**             |
| Erro               | 90 | 0,428                | 1,44               | 235,09               |
| CV (%)             |    | 5,93                 | 13,00              | 26,41                |

\*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; <sup>ns</sup>: não significativo pelo Teste F. CV: coeficiente de variação

Os teores de SST em função das doses de nitrogênio, dentro de cada dose de potássio, na época 1, ajustou-se a modelo quadrático de regressão. Independentemente da dose de potássio, houve redução dos SST, na medida em que a dose de N foi aumentada. A aplicação de potássio na ausência de N proporcionou os maiores teores de SST, com máximo estimado (11,9 °Brix) alcançado na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 6A). Na época 2, não se ajustou nenhum modelo de regressão, para as doses de 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os teores de SST médios foram de 10,88; 11,01 e 11,29 °Brix, respectivamente. O maior teor de SST (12,41 °Brix) foi obtido na ausência da aplicação de K e N (Figura 6B).

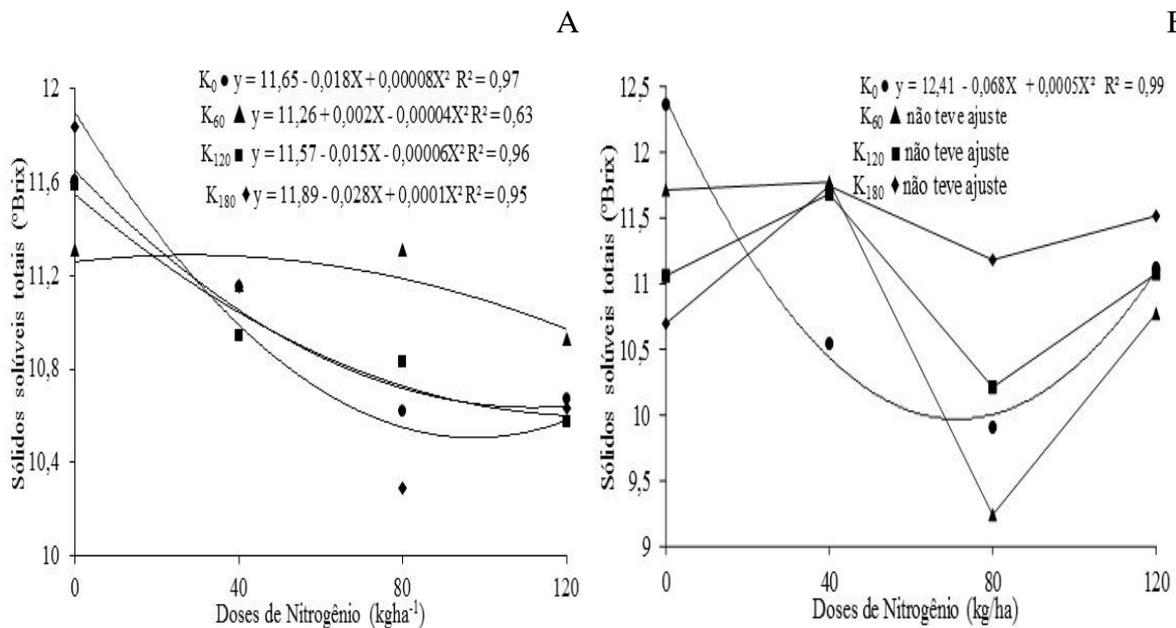


Figura 6 - Sólidos solúveis totais de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

De forma geral, houve tendência de redução dos teores de SST, com o aumento das doses de N, nas duas épocas de cultivo, combinada ou não com a aplicação de potássio. Resultado diferente do encontrado por Aquino et al. (2006), que verificaram o incremento do teor de sólidos solúveis (°Brix), com as doses de N, obtendo máximo de 10,4 °Brix com aplicação de 193 kg ha<sup>-1</sup> de N. Barreto et al. (2013) não verificaram efeito significativo das doses de N, nos teores de SST das cultivares de beterraba Itapuã e Early Wonder.

Os teores de açúcares solúveis totais (AST) em função das doses de nitrogênio, dentro de cada dose de potássio, na época 1 diminuíram na medida em que a dose de N foi aumentada, independentemente da dose de potássio, sendo que os maiores teores foram obtidos com ausência da aplicação de N. O máximo teor de AST (8,82%) foi alcançado com 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 7A). Na época 2, a resposta foi inversa, e os maiores teores de AST ocorreram com aplicação máxima de N (120 kg ha<sup>-1</sup> de N), exceto na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em que o máximo estimado (13,5%) foi alcançado na ausência da aplicação de N. Na ausência da aplicação de K e nas doses de 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O combinados com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, os máximos teores estimados de AST foram, respectivamente, de 14,03; 15,02 e 15,00% (Figura 7B).

Em beterraba sacarina, a adubação com de N e K é importante tanto para o aumento da produtividade quanto para melhoria da qualidade das raízes, principalmente

o conteúdo de açúcar. Abdel-Motagally; Attia (2009) verificaram maior produção de açúcar com aplicação de 285 kg ha<sup>-1</sup> de N e 114 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A aplicação combinada de 211 kg ha<sup>-1</sup> de N com 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O maximizou a produção de raízes e açúcar em pesquisa realizada por El-Sarag; Moselhy (2013). Kashem et al (2015) verificaram maior rendimento de açúcar em beterraba com aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

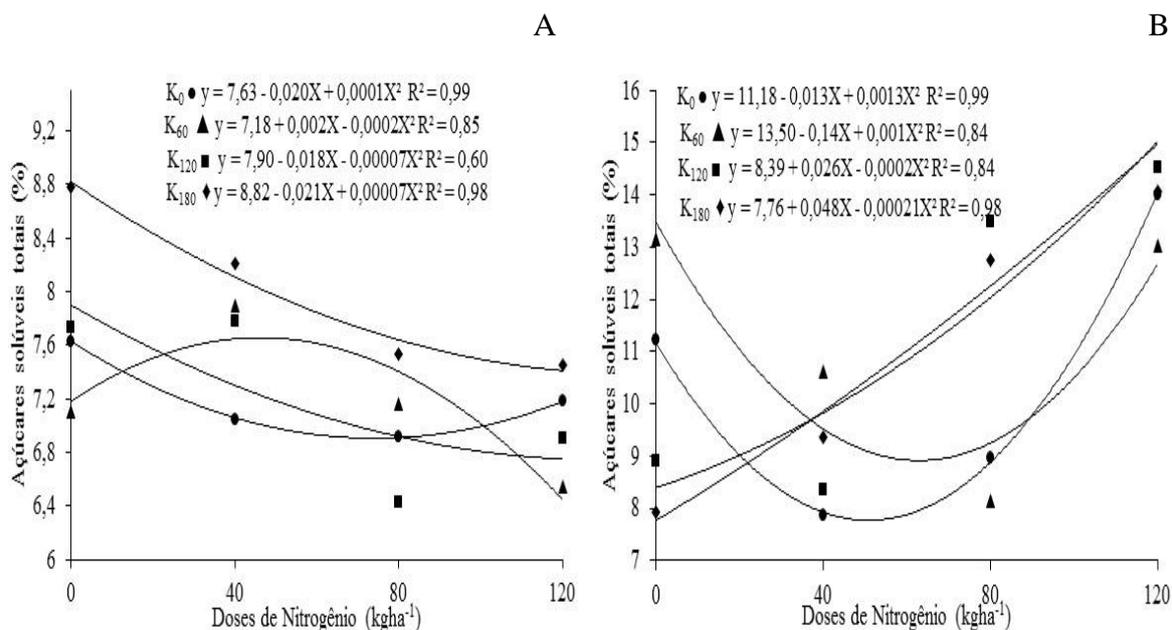


Figura 7 - Açúcares solúveis totais de beterraba, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

Para a presença de anéis brancos no interior da raiz (ABR), exceto na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, houve incremento com o aumento da dose de N. Na ausência da aplicação de potássio combinado com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O combinado com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, foi verificada a maior porcentagem de ABR (52,0%). A dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O combinada com ausência da aplicação de N favoreceu a menor porcentagem de ABR (13,37%) (Figura 8A). Independentemente das doses de N e K, as porcentagens de ABR na época 2 foram superiores à época 1. Houve redução da porcentagem de ABR em função das doses de N, em todas as doses de K. A ausência da aplicação de K combinada à dose de 59 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N favoreceu, respectivamente, a maior porcentagem de ABR (97%) e a menor (57,75%) (Figura 8B).

Os anéis brancos no interior das raízes são resultado de um distúrbio fisiológico ocasionado por temperaturas elevadas (25 a 30° C), o qual, além de reduzir a concentração de pigmentos nas raízes, sobretudo de betacianina (coloração vermelha), deprecia a qualidade do produto comercialmente (PUIATTI; FINGER, 2005).

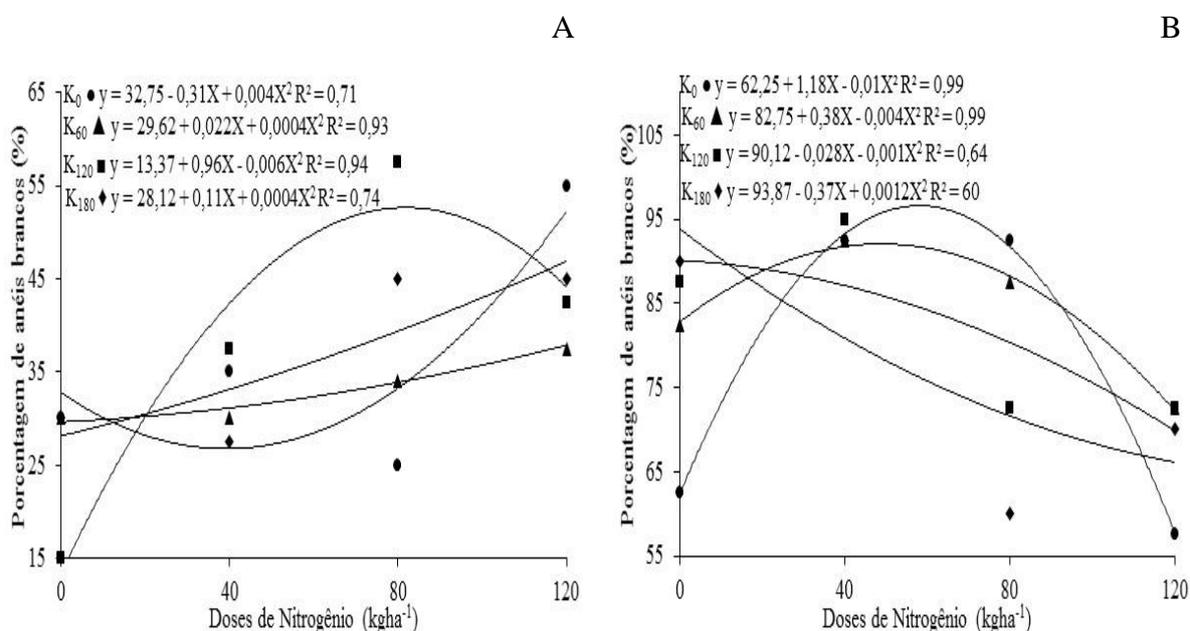


Figura 8 - Percentagem de raízes de beterraba com anéis brancos internos, cultivar Fortuna, em função de doses de nitrogênio dentro de cada dose de potássio, na época 1 (A) e época 2 (B). Mossoró-RN, UFERSA, 2018/2019.

## 5. CONCLUSÕES

O nitrogênio contribuiu de forma mais significativa do que o potássio no crescimento, produtividade e qualidade de raízes. A produtividade comercial ( $12,2 \text{ tha}^{-1}$ ) foi maximizada com aplicação de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N;

A utilização da dose que maximizou a produtividade de raiz, sem aplicação de potássio, não reduziu de forma significativa a qualidade da raiz de beterraba.

## 6. REFERÊNCIAS

ABDELAAL, K. A. A.; SAHAR, F. Tawfik. Response of sugar beet plant (*Beta vulgaris* L.) to mineral nitrogen fertilization and bio-fertilizers. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, v. 4, n. 9, p. 677-688, 2015.

ABDEL-MOTAGALLY, F. M. F.; ATTIA, K. K. Response of Sugar Beet Plants to Nitrogen and Potassium Fertilization in Sandy Calcareous Soil. **International Journal Of Agriculture and Biology**, v. 11, n. 6, p. 695-700, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO, 2006.

ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.

AQUINO, L. A. et al. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 199-203, 2006.

ARAYA, T., NOGUCHI, K. O.; TERASHIMA, I. Os efeitos do acúmulo de carboidratos na fotossíntese diferem entre as folhas da fonte e da fonte de *Phaseolus vulgaris* L. **Plant and Cell Physiology**, v. 47, n. 5, p. 644-652, 2006.

AZEREDO, H. Betalains: propriedades, fontes, aplicativos e estabilidade - uma revisão. **Revista Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 44, 2009.

BARRETO, C. R.; ZANUZO, M. R.; WOBETO, C.; ROSA, C. C. B. produtividade e qualidade da beterraba em função da aplicação de doses de nitrogênio. **Revista Uniara**, v. 16, n. 1, p. 145-158, 2013.

BHANDAL, I. S.; MALIK, C. P. Estimativa, absorção de potássio e seu papel na fisiologia e metabolismo de plantas com flores. **International review of cytology**, cidade, v. 110, p. 205-254, 1988.

CAAMAL-PAT, Z. H.; GARCIA, R. A. C.; MENESES, B. U. L. Optimización económica y ambiental de la fertilización en explotaciones de una región europea. **Revista Chapingo**, v. 20, p. 117-129, 2014.

- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.
- CARDOSO, A. I. I.; MAGRO, F. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. X. O.; ABRAHÃO, C.; TAVARES, A. E. B.; FERNANDES, D. M. Accumulation of macronutrients in beetroot plant. **Horticultura Brasileira**, 2017.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.
- CURVÊLO, C., DINIZ, L., PEREIRA, A. E FERREIRA, L. Influência do Tipo de Fertilizante na Produção de Beterraba e na Característica de Qualidade Pós-Colheita. **Agricultural Sciences**, n. 9, p. 557-565, 2018.
- DAMASCENO, L. A.; GUIMARÃES, M. A.; GUIMARÃES, A. R. Produtividade de beterraba em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v. 29, S3694-S3701, 2011.
- DIBB, D. W.; THOMPSON JUNIOR, R. Interaction of potassium with others nutrients. In: MUNSON, R. D. (org.). **Potassium in Agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, p. 515-533, 1985.
- DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- EL-SARAG, E. I.; MOSELHY, S. H. Response of sugar beet quantity and quality to nitrogen and potassium fertilization under Sandy soils conditions. **Asian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 3, p. 295-303, 2013.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar Versão 5.0**. Lavras: UFLA, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012.
- FONTES, P.C.R. **Olericultura: teoria e prática**. 1 ed. Viçosa: UFV, 2005.
- GEHAN, A. Amin; ELHAM, A. Badr; AFIFI, M.H.M. Root Yield and Quality of Sugar Beet (*Beta vulgaris L.*) In Response to Biofertilizer and Foliar Application with Micronutrients. **World Applied Sciences Journal**, v. 27, n. 11, p. 1385-1389, 2013.
- GONDIM, A. R. O.; CORREIA, M. A. R.; ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes em plantas de beterraba

cultivada em sistema hidropônico. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 526-535, 2011.

GRANGEIRO, Leilson Costa et al. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 267-273, abr. 2007 .

HELLMANN, H. A.; SJEF, Smeekens. Detecção e sinalização de açúcar nas plantas. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 113, 2014.

HORTA, A. C. S.; SANTOS H. S.; SCAPIM, C. A.; CALLEGARI, O. Relação entre produção de beterraba, *Beta vulgaris* var. conditiva, e diferentes métodos de plantio. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1123-1129, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO AGROPECUÁRIO 1995/96 e 2006** - Brasil. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

JANDEL SCIENTIFIC. **User's manual**. Califórnia: Jandel Scientific, 1991.

KASHEM, M. N.; KHALIQ, Q. A.; KARIM, M. A.; KARIM, A. J. M. S.; ISLAM, M. R. Effect of nitrogen and potassium on dry matter production and yield in tropical sugar beet in Bangladesh. **Pakistan Sugar Journal**, v. 30, n. 2, p. 6-15, 2015.

MAGRO, F. O. et al. Organic compost and potassium top dressing fertilization on production and quality of beetroot. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 962-967, 2015.

MARSCHNER, H. **Nutrição Mineral de Plantas Superiores**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 159–186.

MATOS, F. A. C.; LOPES, H. R. D; DIAS, R. L.; ALVES, R. T. **Agricultura familiar: Beterraba**. Brasília: Plano Mídia, 2011.

MEKIDAD, Aaa; EL-SHERIF, Ama. "Desempenho de duas variedades de beterraba sacarina sob fertilização com pulverização de potássio e foliar com micronutrientes". **Revista Egípcia de Agronomia**, v. 38, n. 2, p. 189-207, 2016.

MEKIDAD, Ali; ABDALLAH, Ali. Produtividade da beterraba açucareira afetada pelo fertilizante nitrogenado e pulverização foliar com boro. **Int. J. Curr. Microbiol. Aplicativo. Sci.**, p. 181-196, 2015.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (org.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS,

2007.

NUNES, A. R. A.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M.; GARCIA, E. L.; MAGOLBO, L. A.; CARMO, E. L. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 242-247, 2016.

OLIVEIRA, R. J. P.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; MIQUELLUTI, D. J.; VALICHESKI, R. R. Resposta da beterraba a adubação com nitrogênio, enxofre e micronutrientes em um Cambissolo Háplico. **Horticultura Brasileira**, n. 35, p. 63-68, 2017.

OLIVEIRA, R. J. P.; GATIBONI, L. C.; VALICHESKI, R. R.; MIQUELLUTI, D. J.; BRUNETTO, G. 2016. Calibração da adubação fosfatada e potássica para beterraba na região do Vale do Itajaí. **Horticultura Brasileira**, n. 34, p. 210-215, 2016.

PASSOS, D. R. C. **Resposta da beterraba a doses de fósforo e de potássio em latossolo com altos teores desses nutrientes**. 2019. 57f. Jaboticabal: UNESP, 2019. 57p. Dissertação de Mestrado.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Cultura da beterraba. In: FONTES, P. C. R. (org.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa. 2005. p. 345-354.

REGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogênese e classificação de solos da fazenda experimental “Rafael Fernandes” no município de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 1036-1042, 2016.

SANTOS NETO, A. R.; SILVA, T. O.; BLANK, A. F.; SILVA, J. O.; ARAÚJO FILHO, R. N. Produtividade de clones de batata doce em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, n. 35, p. 445-452, 2017.

SANTOS, W. P.; FERREIRA, A. G.; MARTINS, J. K. D.; LIMA, G. S.; MONTEIRO, O. L.; RODRIGUES, D. O. Efeito de doses e épocas de aplicação da adubação nitrogenada no desempenho agrônômico do rabanete na Amazônia ocidental. **Revista Cultivando o Saber**, v. 9, n. 3, p. 305-315, 2018.

SEXTON, P.; CARROL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. **J. Plant Nut.**, v. 25, n. 9, p. 1975-1986, 2002.

SINGH, B.; HATHAN, B. S. Composição química, propriedades funcionais e processamento de beterraba - uma revisão. **Revista Internacional de Pesquisa**

**Científica e de Engenharia**, n. 5, p. 679-684, 2014.

SILVA, L. M.; BASÍLIO, S. A.; SILVA JÚNIOR, R. L.; BENETT, K. S. S.; BENETT, C. G. S. Aplicação de nitrogênio, potássio e cálcio na cultura da cenoura. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 69-76, 2017.

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

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

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; FACTOR, L.; BREDA JUNIOR, J. M. **Calagem e adubação da beterraba**. Campinas, SP: IAC, 2013.

ABIDO, Wae; IBRAHIM, Mem; EL-ZENY, Maha M. Crescimento, Produtividade e Qualidade da Beterraba como Afetada pelo Antioxidante Aplicação Foliar e Adubação Potássica Top Dressing. **Jornal asiático da ciência da colheita**, n. 7, p. 113-127, 2015.

VASQUE, H. **Produtividade e qualidade pós-colheita da beterraba em função de doses de nitrogênio e boro**. 2019. 76f. Dissertação – UNESP, Botucatu, 2019.