



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

GERLANI ALVES DA SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE BETERRABA EM FUNÇÃO
DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

MOSSORÓ-RN

2017

GERLANI ALVES DA SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE BETERRABA EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

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

2017

© 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 n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-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.

A474d Alves da Silva, Gerlani.
Desempenho agronomico de cultivares de
beterraba em função da adubação fosfatada / Gerlani
Alves da Silva. - 2017.
37 f. : il.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2017.

1. Beta vulgaris L. 2. produtividade. 3.
nutrição mineral. 4. sólido solúveis. I. Costa
Grangeiro, Leilson, 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.

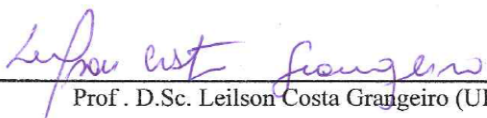
**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE BETERRABA EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA**

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: 20 / 12 / 2017

BANCA EXAMINADORA



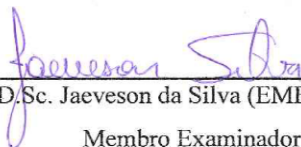
Prof. D.Sc. Leilson Costa Grangeiro (UFERSA)

Presidente



Profª. D.Sc. Maria Zuleide de Negreiros (UFERSA)

Membro Examinador



D.Sc. Jaqueson da Silva (EMBRAPA)

Membro Examinador

A fé em Deus expulsou meus medos, e pelo ato miraculoso cheguei ao ápice da montanha, porque aquele que reina é fiel a mim.

(Gerlani Alves da Silva)

“ Se você não desistir
É pra minha inspiração
Pra também permanecer
Fiel e firme

Eu tô contando contigo
Deus tá contando com a gente
O céu inteiro se move
Pra ver a gente vencer”

(Ludmila Ferber)

Mas Deus escolheu as coisas loucas deste mundo para confundir as sábias; e Deus escolheu as coisas fracas deste mundo para confundir as fortes.

(Cor 1:27)

A riqueza e a honra vêm de ti; tu dominas sobre todas as coisas. Em tuas mãos residem toda a força e o poder; na tua destra a dignidade, consolo e encorajamento que todo ser humano carece.

(1 Crônicas 29:12)

Deus é a essência da vida.

Aos meus amados pais, Francisco Fernandes da Silva (em memória) e Leny Alves da Silva, por toda a dedicação, educação e amor. A vocês dedico todas as minhas vitórias.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, autor e consumidor da minha fé, que me guiou e fortaleceu para que eu chegasse até aqui, em meio a tantas adversidades. Ele é o inspirador e promotor de toda essa trajetória. Sem sua ajuda, esse sonho não poderia tornar-se real em meu viver. A Ele todo meu louvor e gratidão pelas suas maravilhosas obras.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

Agradeço a meus pais, que me ensinaram o caminho certo a trilhar, sendo sempre humilde, no caminho da honestidade e ensinando-me também a nunca desistir. Em especial à minha amada mãe, por suas orações e o cuidado que tem por mim.

Às minhas amadas irmãs, Gercyka Alves da Silva, Gislaini Alves da Silva e Vanesca Oliveira pelo carinho e companheirismo.

Aos meus amados sobrinhos Francisco Pietro, Leonardo Ravick e Ana Beatriz.

Ao professor e orientador Leilson Costa Grangeiro, por todo o apoio, disponibilidade, dedicação, tempo e a tranquilidade transmitida.

À colega de Pós-Graduação Valdívia Sousa, pela ajuda, força, amizade e compreensão e acima de tudo, imensa paciência.

À professora Maria Zuleide de Negreiros (Professora da Ufersa), pela participação na banca examinadora com a exposição de ideias para a melhoria deste trabalho, por toda a ajuda no início do programa e amizade.

A Jaeveson da Silva (Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura), pela participação na banca e contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos colegas, alunos de Graduação e Pós-Graduação, em especial ao Diorge e Jorge, Gilberta, Jandeilson, Priscila, Israel, Ricardo, Luís Ricardo, Fabrício, Núbia e Chagas, pela gentileza e favores prestados.

Obrigada!

RESUMO

SILVA, Gerlani Alves da. **Desempenho agronômico de cultivares de beterraba em função da adubação fosfatada**. 2017. 36f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, 2017.

A ausência do fósforo no solo pode afetar diretamente a qualidade e produtividade das plantas. No entanto, investigações sob diferentes doses de fósforo se fazem necessárias como ferramentas importantes para os produtores de beterraba. Com o objetivo de avaliar a produção e qualidade de cultivares de beterraba em função de doses de fósforo, realizou-se um experimento na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Distrito da Alagoinha / Mossoró (RN), de julho a outubro de 2016. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de quatro doses de fósforo (0; 90; 180 e 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e quatro cultivares de beterraba (Early Wonder, Fortuna, Kestrel e Cabernet). As características avaliadas foram: massa seca da parte aérea e raiz; produtividade comercial, não comercial e total de raízes; classificação de raízes, sólidos solúveis totais e percentagem de anéis brancos no interior da raiz. As cultivares de beterraba responderam diferentemente à adubação fosfatada, sendo que a dose que maximizou a produtividade comercial foi 186 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para as cultivares Early Wonder (21,71 t ha⁻¹) e Kestrel (22,59 t ha⁻¹), 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para Cabernet (25,82 t ha⁻¹) e 183 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para Fortuna (29,87 t ha⁻¹). Quanto à eficiência e resposta à adubação fosfatada, as cultivares Cabernet e Fortuna foram classificadas como não eficientes mas responsivas, ao passo que Early Wonder e Kestrel foram classificadas como eficientes mas não responsivas. O fósforo não influenciou no teor de sólidos solúveis e percentagem de anéis brancos na raiz. A cultivar Kestrel apresentou maior teor de sólidos solúveis e Cabernet, menor percentagem de anéis brancos.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.; produtividade, nutrição mineral, sólidos solúveis.

ABSTRACT

SILVA, Gerlani Alves da. **Agronomic performance of beet cultivars as a function of phosphate fertilization.** 2017. 36p. Dissertation (Masters in Agronomy: Phytotechnology) - Federal Rural Semi-Arid University (UFERSA), Mossoró, 2017.

The absence of phosphorus in the soil can directly affect the quality and productivity of the plants; however, investigations under different doses of phosphorus are necessary and consequently an important tool for beet growers. With the objective of evaluating the and quality of beet cultivars as a function of phosphorus doses, an experiment was carried out at the Experimental Farm Rafael Fernandes, Alagoinha / Mossoró District (RN), from July to October of 2016. The experimental design was the one of randomized blocks in scheme factorial 4x4 with four replicates. The treatments consisted of the combination of four doses of phosphorus (0, 90, 180 and 270 kg ha⁻¹ P₂O₅) and four beet cultivars (Early Wonder, Fortuna, Kestrel and Cabernet). The evaluated characteristics were dry mass of shoot and root; commercial, non-commercial and total root productivity; root classification, soluble solids total and percentage of white rings inside the root. Beet cultivars responded to phosphate fertilization, and the dose that maximized commercial productivity was 186 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for the cultivars Early Wonder (21.71 t ha⁻¹) and Kestrel (22.59 t ha⁻¹), 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for Cabernet (25.82 t ha⁻¹) and 183 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for Fortuna (29.87 t ha⁻¹). Regarding the efficiency and response to phosphate fertilization, the cultivars Cabernet and Fortuna were classified as non-efficient but responsive, whereas Early Wonder and Kestrel were classified as efficient but not responsive. Phosphorus did not influence solids content solubles and percentage of white rings in the root. The Kestrel cultivar presented higher solids content Soluble and Cabernet had lower percentage of white rings.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; productivity, mineral nutrition, soluble solids.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Caracterização química do solo da área experimental. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	18
Tabela 2-	Caracterização química da água utilizada na irrigação da área experimental. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.....	18
Tabela 3-	Resumo da análise de variância para as características massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR), produtividade total (PDT), produtividade comercial (PDC), produtividade não comercial (PNC). Mossoró, RN. UFERSA, 2017.....	23
Tabela 4-	Valores médios da massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR), produtividade total (PDT), produtividade comercial (PDC). Mossoró, RN. UFERSA, 2017.....	25
Tabela 5-	Resumo da análise de variância para as características maior que graúda (> GRA), graúda (GRA), extra AA (EXAA), extra (EX) e refugo (REF), presença de anéis (NA) e sólidos solúveis (SST), Mossoró, RN. UFERSA, 2017.....	30
Tabela 6-	Valores médios de porcentagem de raízes grandes (GRAÚDAS), presença de anéis (AN), sólidos solúveis totais (SST) em cultivares de beterraba, Mossoró, RN. UFERSA, 2017.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Temperaturas médias e umidade relativa média da área experimental, no período da condução do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2016.....	19
Figura 2 –	Massa seca da folha (g) em função das doses de fósforo cultivares Cabernet, Early Wonder, Fortuna e Kestrel. Mossoró, UFERSA, 2017.....	24
Figura 3–	Massa seca da raiz (g) em função das doses de fósforo cultivares Cabernet, Early Wonder, Fortuna e Kestrel. Mossoró, UFERSA, 2017.....	26
Figura 4 –	Produtividade Total de raízes tuberosas de beterraba em função das doses de fósforo, para cultivares Cabernet, Early wonder, Fortuna e Kestrel. Mossoró, UFERSA, 2017.....	27
Figura 5 –	Produtividade comercial de raízes tuberosas em função das doses de fósforo, para cultivares Cabernet, Early wonder, Fortuna e Kestrel. Mossoró, UFERSA, 2017.....	28
Figura 6 –	Eficiência no uso e resposta à aplicação do fósforo na produtividade de cultivares de beterraba, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980). Mossoró, UFERSA, 2017.....	29
Figura 7-	Porcentagem de raízes de beterraba graúda, >graúda, extra e extra A em função das doses de fósforo. Mossoró - RN, UFERSA, 2017.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	19
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO DE CAMPO.....	20
3.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	21
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5 CONCLUSÕES.....	33
6 REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A cultura da beterraba ocupa lugar de destaque entre as hortaliças, sendo cultivada em todo o mundo, com uma produção de 227.158.114 t (FAOSTAT, 2011). No Brasil, é uma das 17 hortaliças propagadas por sementes mais importantes, segundo levantamento realizado pela Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM). Os produtores de beterraba movimentam 256,5 milhões de reais por ano. No varejo, o valor da cadeia produtiva desta hortaliça atingiu 841,2 milhões de reais em 2010 (TIVELLI, et al., 2011; MAY, 2011). As principais regiões produtoras estão nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, onde se encontram 42% das propriedades produtoras. São regiões de clima propício para o cultivo da beterraba, como temperaturas amenas no período de verão (MARCUIZZO, 2015; MIRANDA et al., 2017).

No Nordeste, o cultivo desta hortaliça é restrito, pois as temperaturas mais elevadas tendem a reduzir a pigmentação e, conseqüentemente, a qualidade do produto. Em alguns estados, a produção é insuficiente para atender a demanda interna, como exemplo o Ceará produz apenas 10% do comercializado, e no Rio Grande do Norte toda a beterraba comercializada é oriunda de outros estados, como Bahia e Pernambuco (MARQUES et al., 2010).

A cultivar Early Wonder ainda é a mais conhecida beterraba hortícola. Porém, nos últimos anos no Brasil, tem-se aumentado a área com híbridos importados e são poucas as pesquisas com estes novos materiais, principalmente na agricultura irrigada do semiárido. As principais vantagens dos híbridos são a maior uniformidade de coloração interna de raízes e baixa presença de anéis brancos, porém é preciso destacar que, devido à sua importação, a resposta ao ambiente de cultivo pode ser bastante variável, dependendo das condições climáticas, solo e manejo.

Do ponto de vista da nutrição e adubação, a beterraba é considerada uma cultura esgotante do solo em razão da considerável remoção de todo o material colhido (raiz e parte aérea) ser retirado do campo, visto que parte da produção é comercializada em maços com folhas, o que valoriza o produto, e outra parte das raízes é embalada em caixas, sem a folhagem (SEDIYAMA et al., 2011). Em ampla revisão de literatura, Trani et al. (2013) verificaram que as quantidades extraídas de macronutrientes pela beterraba foram em kg ha⁻¹ (produtividades entre 20 e 65 t ha⁻¹ de raízes + folhas) de: 78 a 275 de N; 18 a 40 de P (ou seja 41 a 92 de P₂O₅); 83 a 476 de K (ou seja 100 a 571 de K₂O); 20 a 74 de Ca e 27 a 62 de Mg.

Apesar da menor extração de P pela beterraba, em relação aos demais macronutrientes, o P é o nutriente aplicado em maior quantidade, o que resulta em desperdício de adubos e, conseqüentemente, possível degradação do solo. Este fato ocorre devido à baixa disponibilidade de fósforo nos solos do semiárido nordestino associada à sua baixa mobilidade no solo e alta afinidade por óxidos de ferro e alumínio, além de parte do nutriente ficar adsorvido à superfície de minerais secundários da fração argila (com maior presença de minerais tipo 2:1) e parte se precipitar com o Ca^{+2} da solução do solo (NOVAIS et al., 2007; FARIAS, et al., 2009), tornando o nutriente de baixa eficiência de aquisição e de utilização do fósforo pelas plantas (WANG et al., 2010). Isso aumenta a necessidade de sua incorporação em programas de adubação. Desta forma, as plantas não conseguem absorver o fósforo, elemento promotor do crescimento do vegetal. O fósforo atua no processo de transferência de energia, sendo indispensável para fotossíntese, translocação dentre outros processos metabólicos de relevância (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Segundo Scaife; Turner (1983), a beterraba é pouco responsiva à adubação fosfatada, porém pesquisas mais recentes comprovam incrementos significativos na produtividade de raízes e tubérculos em função da adubação fosfatada (AVALHÃES et al., 2009; FERNANDES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de beterraba em função da adubação fosfatada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A beterraba (*Beta vulgaris*) é uma dicotiledônea pertencente à família Quenopodiaceae. Trata-se de uma planta bienal, tendo melhor produção de raízes em condições de outono/inverno (PUIATTI, FINGER, 2005). Segundo Filgueira (2008), são três os tipos de beterraba existentes: beterraba hortícola (ou de mesa), beterraba açucareira e beterraba forrageira, sendo que no Brasil somente a beterraba hortícola é cultivada comercialmente.

A planta de beterraba tem a parte vegetativa formada por um tufo de folhas com 30 a 40 cm de altura, de coloração verde claro ao vermelho escuro, sua coloração e altura dependem da cultivar, fatores climáticos, nutricionais e hídricos. A raiz, principal órgão armazenador de reserva, consiste do intumescimento do eixo hipocótilo-raiz formado próximo a superfície do solo e de porção superior limitada da raiz pivotante (FILGUEIRA, 2008). Caracterizam-se pelo sabor adocicado e coloração vermelha, devido à presença de betalaínas, substância antioxidante imprescindível na dieta humana (KANNER et al., 2001), além do alto valor nutricional e conteúdo de vitaminas e minerais, como K, Na, Fe, Cu e Zn (FERREIRA, TIVELLI, 1990). A beterraba se destaca como uma das hortaliças mais ricas em ferro, tanto nas raízes quanto nas folhas.

A beterraba é cultivada, preferencialmente, na estação fria e/ou em regiões com clima temperado, sendo tolerante à geada leve. Quando a planta cresce em temperaturas entre 16 e 20 °C, verifica-se a formação de raízes de melhor qualidade e, embora o cultivo da beterraba esteja adaptado a diversas condições ambientais, a produtividade é reduzida em até 50% quando cultivada no período de verão. As condições climáticas com maior umidade relativa do ar e temperatura elevada favorecem a ocorrência de doenças e pragas e as raízes tuberosas adquirem coloração interna indesejável, com anéis concêntricos mais claros, além de o sabor ser alterado, tornando-se menos doce (PUIATTI; FINGER, 2005).

As cultivares tradicionalmente cultivadas no Brasil, principalmente as de mesa, são de origem norte-americana ou europeia, sendo grande parte do grupo Wonder, que possuem raízes de formato globular, além de ampla adaptação climática, ciclo mais curto e peso médio das plantas superior às demais cultivares (TIVELLI et al., 2011). Isso explica o cultivo deste grupo Wonder com maior frequência na região nordeste.

A cultura da beterraba apresenta alta taxa de crescimento, elevada produção por unidade de área e ciclo relativamente curto, características que fazem com que ela seja exigente quanto à presença de nutrientes na forma prontamente disponível na solução do solo. As quantidades de P absorvidas pela cultura ao longo do ciclo não são elevadas e geralmente menores do que as de N, K e Ca. Com a cultivar Early Wonder, a absorção de P foi de 10,22 kg ha⁻¹ (GRANGEIRO et al., 2007), ao passo que em sistema hidropônico a absorção foi de 9,3 kg ha⁻¹ (GONDIM et al., 2011).

O fósforo é decisivo no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios (TOMASIEWICZ; SHEPPARD, 2001). Plantas com deficiência de fósforo têm o seu crescimento reduzido porque isso afeta vários processos, como a síntese protéica e de ácidos nucléicos (MENGEL; KIRKBY, 1987). Em beterraba, Alves et al. (2008) verificaram que plantas apresentaram, como sintomas de deficiência de fósforo, inicialmente um arroxamento intenso das raízes, e com a evolução da deficiência, também se verificou nas folhas. As plantas tiveram também menor crescimento tanto da parte vegetativa como da raiz tuberosa.

Apesar de o fósforo não ser o nutriente mais absorvido pela planta de beterraba, é o que proporciona os maiores incrementos na produtividade de raízes, especialmente naqueles solos cuja disponibilidade de P é baixa (AVALHÃES et al., 2009), levando geralmente a aplicação de doses elevadas pelos produtores.

As informações sobre adubação para beterraba são escassas para os solos brasileiros, de tal forma que, para as regiões onde não há recomendação, a sugestão de adubação é utilizar em fundação: 200 – 350 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 100 a 150 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 kg ha⁻¹ de N, e em adubação complementar 60 – 120 kg ha⁻¹ de N juntamente com 30 – 60 kg ha⁻¹ de K₂O, parceladas em duas aplicações. Para micronutrientes, a única recomendação é para B, pela sua elevada exigência, sugerindo aplicar de 2 – 3 kg ha⁻¹ de B na forma de Bórax (12% B) (FILGUEIRA, 2008).

Em experimento realizado no Vale do Itajaí-SC, Oliveira et al. (2016) obtiveram, em dois experimentos, incrementos significativos na produtividade de beterraba com a adubação com P e K. As máximas produtividades foram atingidas com as doses estimadas de P e K no primeiro cultivo de 450 kg ha⁻¹ de K₂O e 600 kg ha⁻¹ de P₂O e segundo cultivo 300 kg ha⁻¹ de K₂O e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A aplicação de fósforo promoveu incrementos significativos no crescimento, no teor foliar de P e na massa seca da raiz tuberosa de beterraba ‘Early Wonder’, cultivada em vaso. A dose de 340 mg dm^{-3} que proporcionou maior massa fresca de raiz esteve associada com a concentração de P no solo de $54,3 \text{ mg dm}^{-3}$ e com o teor de P na parte aérea e raiz tuberosa (AVALHÃES et al., 2009).

Silva et al. (2015) verificaram que a produtividade de raízes comerciais de beterraba foi influenciada pelo aumento das doses de termofosfato magnésiano (16% de P_2O_5) em efeito quadrático, sendo que a dose de $398,75 \text{ kg ha}^{-1}$ (64 kg ha^{-1} de P_2O_5) correspondeu a $19,95 \text{ t ha}^{-1}$ de beterrabas comercializáveis. O incremento em relação ao tratamento sem a aplicação foi de aproximadamente 47%.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi realizado no período de julho a outubro de 2016, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no distrito de Lagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN (latitude de 5°03'37" sul, longitude de 37°23'50" a oeste de Greenwich e altitude aproximada de 72 metros). Durante o período do experimento, não foi registrada precipitação pluviométrica, a temperatura média anual foi de 27,1°C e a umidade relativa média do ar de 64,1%.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho – Amarelo (EMBRAPA, 2006). Para a caracterização química do solo, foram coletadas amostras compostas na profundidade de 0 a 20 cm, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do solo da área experimental. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

pH	CE	P ¹	K	Na	Ca	Mg
	dS m ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----			----Cmol _c dm ⁻³ ----	
5,61	0,09	2,0	55,6	3,3	1,04	0,51

¹– Extrator Melich 1

A água utilizada na irrigação foi oriunda de um poço tubular profundo, do aquífero Arenito Assú e suas características químicas constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização química da água utilizada na irrigação da área experimental. Mossoró-RN. UFERSA, 2017.

pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Dureza
	dS m ⁻¹	-----mmol _c L ⁻¹ -----								mgL ⁻¹
7,10	0,61	0,65	1,73	2,50	1,90	1,60	0,00	4,0	1,2	220

Dados climáticos observados durante o período experimental encontram-se disponíveis na figura 1.

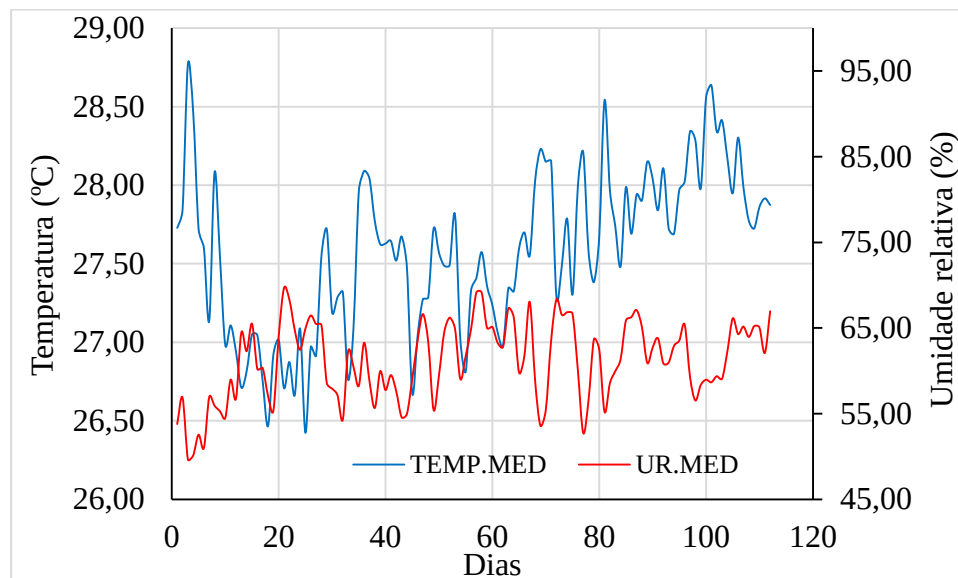


Figura 1 - Temperaturas médias e umidade relativa média da área experimental, no período da condução do experimento. Mossoró-RN, UFERSA, 2016.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de quatro doses de fósforo (0; 90; 180 e 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e quatro cultivares de beterraba (Early Wonder, Fortuna, Kestrel e Cabernet). A unidade experimental foi constituída por um canteiro de 3,0 x 1,2 m, contendo quatro fileiras de plantas espaçadas de 0,30 x 0,10 m. Foram usadas como área útil as duas fileiras centrais, descartando-se uma planta de cada extremidade.

As cultivares de beterraba utilizadas na pesquisa apresentam as seguintes características (de acordo com informações de TIVELLI et al., 2011):

Kestrel: É um híbrido com raiz de formato redondo, apresenta cor vermelho intenso com diâmetro entre 6 e 7 cm, com peso médio de 180 a 200 g. Plantas eretas com altura média de 45 a 50 cm. Em campo, possui moderado nível de resistência a *Cercospora beticola* (mancha de cercospora), *Peronospora farinosa* (míldio), *Erysiphe polygoni* (oídio) e *Rizoctonia solani* (rizoetonia). Com

ciclo de 60 a 70 dias no verão e 80 a 90 dias no inverno. Indicada para semeadura direta e por mudas durante todo o ano.

Fortuna: Planta com raiz de formato redondo, apresenta boa coloração na parte interna e externa. É uma planta com inserção foliar pequena, porte médio. Com ciclo de 75 a 85 dias. Uma das principais características é seu alto potencial produtivo.

Cabernet: É um híbrido com raiz de formato globular, apresenta coloração vermelho intenso (sem halos esbranquiçados) e diâmetro médio de 6 a 8 cm. É uma planta com altura da folhagem de 30 a 40 cm; inserção de folha: pequena. Possui resistência à cercóspora, míldio e oídio. Com ciclo de 60 a 70 dias.

Early Wonder: É uma das cultivares mais plantadas pelos pequenos produtores de beterraba do Brasil. Possui raiz uniforme, formato arredondado cor interna vermelho intenso, com diâmetro de 8 a 10 cm. Planta vigorosa porte alto; cor de folha: verde intenso e ótima sanidade. Com peso médio de 220 a 250g. Boa resistência à chuva. Com ciclo de 70 a 80 dias.

3.3 Implantação e condução do experimento

O preparo do solo constou de uma aração e gradagem, seguida do levantamento de canteiros. As adubações foram realizadas com base na análise de solo, segundo a recomendação de Cavalcanti (2008). Em fundação, foi aplicado todo o fósforo (de acordo com os tratamentos), sendo utilizado como fonte o superfosfato triplo, os micronutrientes aplicados foram 4 kg ha⁻¹ de B, na forma de ácido bórico e 9 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de sulfato de zinco. A quantidade de nitrogênio e potássio aplicado em fundação foi de 75 e 54 kg ha⁻¹, nessa ordem. Na adubação de cobertura, foram aplicados 52,5 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ e 57,5 kg ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio (KCl), sendo que as aplicações foram parcelas em duas vezes, aos 25 e 45 dias após a semeadura. Aos 50 e 55 DAS, foram aplicados 0,7 kg ha⁻¹ de Rexolin[®], como fonte de micronutrientes (11,6% de K₂O, 1,28% de S, 0,86% de Mg, 2,1% de B, 0,36% de Cu, 2,66% de Fe, 2,48% de Mn, 0,036% de Mo e 3,38% de Zn) e 38,88 kg ha⁻¹ de nitrato de potássio.

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se 3 a 4 glomérulos por cova na profundidade de

aproximadamente 2,0 cm, fazendo o desbaste 18 dias após a semeadura (DAS), deixando-se uma planta por cova no espaçamento de 0,30 x 0,10 m.

As irrigações foram realizadas pelo sistema de microaspersão, com aplicações diárias (manhã e tarde) e lâminas determinadas de acordo com recomendação para a cultura, conforme Allen et al. (1998), fornecendo uma quantidade de água aproximadamente de 597 mm/h. Os tratamentos culturais consistiram de três capinas manuais e uma amontoa aos 40 DAS.

A colheita foi realizada aos 80 DAS, quando as raízes atingiram tamanho comercial, ou seja, maiores que 4 cm de diâmetro transversal, com máximo de desenvolvimento vegetativo. O procedimento utilizado para colheita consistiu em arrancar as plantas, em seguida destacar a raiz da parte aérea.

3.4 Características avaliadas

-Massa seca da planta (g planta^{-1}): por ocasião da colheita, foram coletadas cinco plantas da área útil da parcela, separadas em parte vegetativa e raiz, lavadas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura regulada a 65° C, até atingir massa constante.

-Classificação de raízes (%): realizada com base no diâmetro transversal das raízes (DR), adaptado a metodologia da Horta et al. (2001) em: extra (DR: > 4 e < 5 cm); extra A (DR: ≥ 5 e < 6 cm); extra AA (DR: ≥ 6 e < 7 cm) e graúdas (DR: $7 \geq \text{cm}$) e graúda (DR: > 7 e cm), sendo consideradas refugo todas as raízes danificadas, rachadas, bifurcadas e menores de 4 cm de diâmetro.

-Produtividade de raízes comerciais (t ha^{-1}): determinada a partir do somatório da produção de raízes com diâmetro > 4 cm, livres de rachaduras, bifurcações e danos mecânicos.

-Produtividade de raízes não comerciais (t ha^{-1}): determinada a partir do somatório da produção de raízes com diâmetro < 4 cm e/ou apresentando rachaduras, bifurcações e danos mecânicos.

-Produtividade de raízes total (t ha^{-1}): determinada a partir do somatório da produtividade comercial e não comercial.

-Classificação das cultivares quanto à resposta e eficiência à adubação fosfatada: foi utilizado o método proposto por Fageria e Kluthcouski (1980). Nesse método, a eficiência de utilização do nutriente é definida pela média de produtividade da cultura em baixo nível do nutriente em estudo.

A resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença da produtividade da cultura em ambiente com alto e baixo nível do nutriente, dividida pela diferença entre as doses, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$IR = (PDT_{AP} - PDT_{BP}) / DEP$$

Em que: IR: Índice de resposta; PDT_{AP} : Produtividade de raízes ($kg\ ha^{-1}$) com alto nível de fósforo ($180\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5); PDT_{BP} : Produtividade de raízes ($kg\ ha^{-1}$) com baixo nível de fósforo (Tratamento sem aplicação de fósforo); DEP: Diferença entre as doses de fósforo ($kg\ ha^{-1}$).

A classificação das cultivares foi realizada a partir de representação gráfica no plano cartesiano. No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas, o índice de resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média das cultivares. No primeiro quadrante, são representadas as cultivares eficientes e responsivas; no segundo, as não eficientes e responsivas; no terceiro, as não eficientes e não responsivas e no quarto, os eficientes e não responsivos.

-Porcentagem de anéis brancos no interior das raízes (%): determinada em 10 raízes selecionadas da área útil da parcela, para verificar a ausência ou presença de anéis brancos.

-Sólidos solúveis (°Brix): para a extração do suco, foram utilizadas 10 raízes tuberosas por parcela, triturados em multiprocessador doméstico e filtrados em funil utilizando papel filtro e a leitura realizada em refratômetro digital.

3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeito significativo para o fator qualitativo (cultivares), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, e análise de regressão para o fator quantitativo (doses), utilizando o *software* versão 5.6 Sisvar (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação cultivar e dose de fósforo para as características massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR), produtividade total (PDT) e produtividade comercial (PDC). Para produtividade não comercial, não houve efeito significativo para nenhum dos fatores estudados (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as características massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR), produtividade total (PDT), produtividade comercial (PDC), produtividade não comercial (PNC). Mossoró, RN. UFERSA, 2017.

F.V	G.L	QM				
		MSF	MSR	PDT	PDC	PNC
Bloco	3	0,20ns	1,11ns	15,48ns	14,73ns	0,16ns
Cultivar	3	14,95**	56,84**	2,56ns	4,11	0,57ns
Dose (D)	3	5,01**	138,06**	506,17**	487,38**	0,20ns
C x D	9	1,20**	18,66**	18,30**	18,48**	0,26ns
C.V (%)		14,47	8,29	12,89	12,8	160,01

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns} Não significativo.

Desdobrando-se a interação doses de fósforo dentro de cultivares, verifica-se que a ‘Early Wonder’ apresentou comportamento quadrático, com a máxima produção de massa seca de folhas (MSF) de (6,0 g planta⁻¹) na dose estimada de 152kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para as cultivares Carbenet e Kestrel, o aumento da MSF foi de forma linear, permitindo constatar que elas são mais responsivas do que as demais, alcançando na maior dose uma produção de MSF estimada de 5,04 e 5,11 g planta⁻¹, respectivamente. As doses de fósforo não influenciaram a produção de MSF para ‘Fortuna’, apresentando MSF em média de 3,23 g planta⁻¹ (Figura 1).

Na ausência da adubação fosfatada, a ‘Early Wonder’ produziu em média 1,7 vezes mais MSF do que as demais cultivares. Por outro lado, as cultivares Carbenet e Kestrel tiveram a MSF aumentada de 78 e 68% com a adição ao solo de 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ao passo que para Early Wonder esse acréscimo foi de apenas 20% com adição de 152 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, em relação a

ausência da adubação fosfatada. Estes dados mostram a maior resposta ao fósforo das cultivares Carbenet e Kestrel quando comparados com a Early Wonder.

Salienta-se ainda que, em todas as cultivares, as plantas do tratamento sem aplicação de fósforo apresentaram os sintomas de deficiência do nutriente que foram observados inicialmente nas folhas (coloração vermelho arroxeado), ramificações com crescimento retardado (planta raquíticas), raiz reduzida, pequeno número de folhas e de qualidade inferior quando se compara aos demais tratamentos. Alves et al. (2008), em estudo com a omissão de P na solução nutritiva, verificaram sintomas semelhantes aos encontrados neste estudo: arroxamento intenso das folhas de beterraba e paralisação do crescimento da raiz tuberosa.

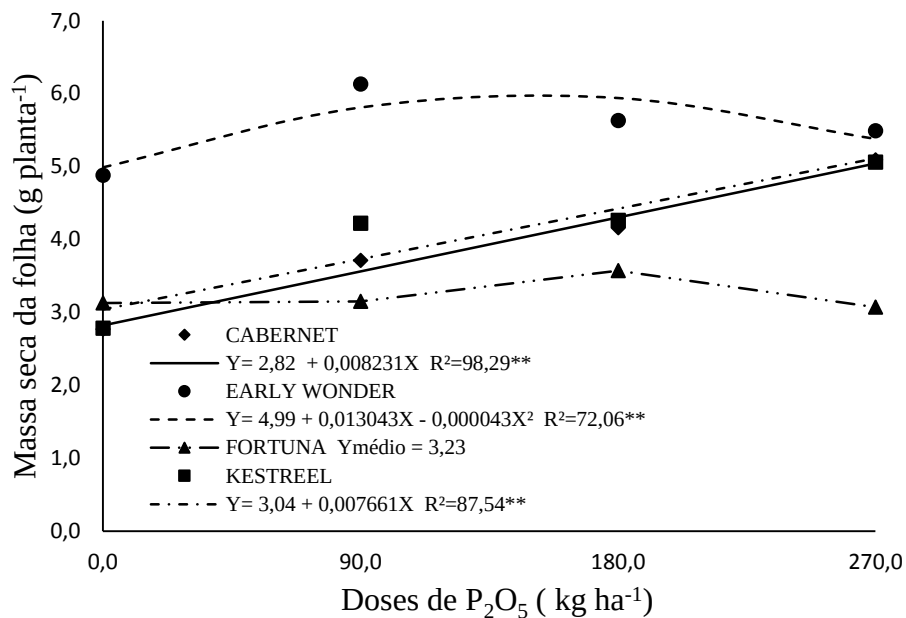


Figura 2 – Massa seca de folha de cultivares de beterraba Cabernet, Early Wonder, Fortuna e Kestrel em função das doses de fósforo. Mossoró - RN, UFERSA, 2017.

A cultivar Early Wonder foi superior às demais na produção de MSF, com exceção da dose de 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na qual ela não diferiu estatisticamente de Carbenet e Kestrel (Tabela 4).

Avalhães et al. (2009), estudando adubação fosfatada, observaram favorecimento do nutriente no desenvolvimento da raiz e na produção de massa seca da parte aérea na cultura da beterraba. Vários pesquisadores têm encontrado respostas positivas para produção de massa seca

da parte aérea para outras hortaliças, em função da adubação fosfatada, como em cenoura (ASSUNÇÃO et al., 2016); rabanete (NUNES et al., 2014) e batata (FERNANDES et al., 2015).

Tabela 4 – Valores médios da massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR), produtividade total (PDT) e produtividade comercial (PDC). Mossoró, RN. UFERSA, 2017.

Dose	Cultivar	MSF (g)	MSR (g)	PDT (t ha ⁻¹)	PDC (t ha ⁻¹)
0	Carbernet	2,77 b	5,45 c	7,91 b	7,91 b
	Early Wonder	4,88 a	13,04 a	13,15 a	12,98 a
	Fortuna	3,12 b	6,03 c	9,52 ab	9,34 ab
	Kestreel	2,78 b	8,48 b	14,01 a	13,84 a
90	Carbernet	3,71 b	13,04 b	22,97 a	22,56 a
	Early Wonder	6,13 a	17,54 a	20,27 a	20,03 a
	Fortuna	3,15 b	10,93 c	23,47 a	23,47 a
	Kestreel	4,22 b	12,20 bc	22,91 a	22,31 a
180	Carbernet	4,16 b	14,81 a	25,24 a	24,78 a
	Early Wonder	5,63 a	14,08 a	21,56 a	21,08 a
	Fortuna	3,57 b	11,52 b	23,37 a	23,37 a
	Kestreel	4,26 b	14,58 a	22,11 a	20,72 a
270	Carbernet	5,09 a	16,12 a	21,89 a	21,77 a
	Early Wonder	5,49 a	13,86 b	21,20 a	20,17 a
	Fortuna	3,07 b	11,98 b	22,52 a	22,52 a
	Kestreel	5,06 a	17,36 a	21,94 a	21,55 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A massa seca da raiz de beterraba (MSR) aumentou de forma quadrática na cultivar Fortuna, com máxima produção (12,27 g planta⁻¹) na dose estimada de 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nas cultivares Carbenet e Kestrel, o aumento da MSR foi linear, com máximos estimados de 17,42 e 17,51 g planta⁻¹, respectivamente, na maior dose de fósforo. Para ‘Early Wonder’, não houve ajuste significativo de modelo (Figura 3). A cultivar Early Wonder foi superior às demais, nos tratamentos sem aplicação de P e na dose de 90 kg ha de P₂O₅, e não diferiu significativamente de Carbenet e Kestrel na dose de 180kg ha de P₂O₅. Na dose máxima, ‘Carbenet’ e ‘Kestrel’ foram superiores (Tabela 4).

A produção de massa seca da raiz tuberosa também foi influenciada pelas doses de fósforo, no trabalho realizado por Oliveira et al. (2016) com a cultivar de beterraba Early Wonder. A

máxima produção foi obtida com a aplicação de 385 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que proporcionou um incremento de 52%, quando comparado à ausência da adubação fosfatada.

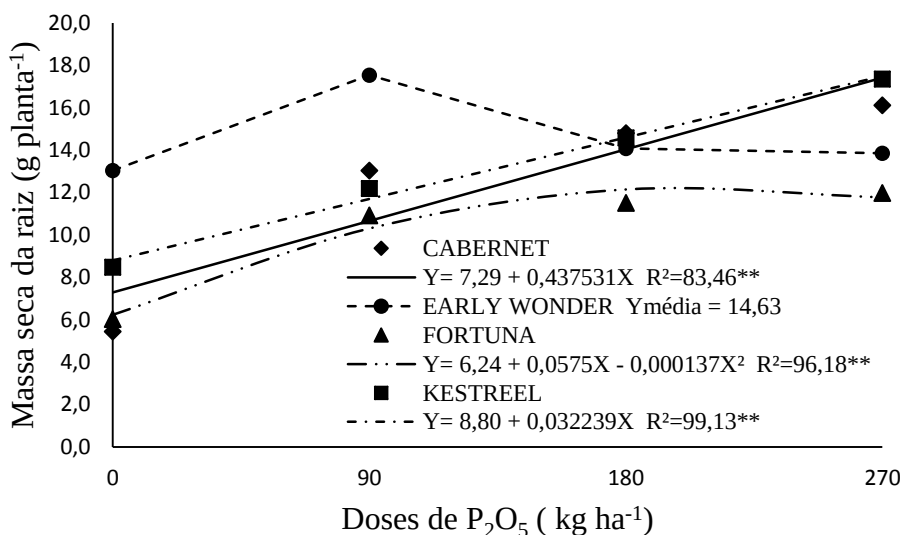


Figura 3 – Massa seca da raiz (g) em função das doses de fósforo cultivares Cabernet, Early Wonder, Fortuna e Kestrel. Mossoró - RN, UFERSA, 2017.

As médias de produtividade total de raízes tuberosas (PDT) ajustaram-se significativamente a modelos de regressão quadráticos em todas as cultivares de beterraba. As doses que maximizaram a PDT nas cultivares Cabernet (26,32 t ha⁻¹), Early Wonder (22,25 t ha⁻¹), Fortuna (25,37 t ha⁻¹) e Kestrel (23,11 t ha⁻¹) foram, respectivamente, de 178; 196; 182 e 184 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3). A partir dessas doses, houve redução da PDT em todas as cultivares. Em relação ao tratamento sem aplicação de P, os incrementos foram, respectivamente, de 219; 66; 149 e 57% (na mesma ordem das cultivares).

As cultivares avaliadas responderam a doses de fertilizantes fosfatado próximas àquela recomendada para a cultura da beterraba no estado de Pernambuco (utilizada como base neste estudo), com exceção da Fortuna que foi mais elevada (196 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Para solos com teor de P abaixo (< 11 mg dm⁻³), a recomendação é 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para uma população de 333.333 plantas por hectare e produtividade esperada de 30 t ha⁻¹ (CAVALCANTI et al., 2008).

A resposta da beterraba a aplicação de fósforo pode ser explicada pela baixa disponibilidade de P no solo (2,0 mg dm⁻³) encontrada no solo utilizado nessa pesquisa, pois os efeitos das

adubações fosfatadas sobre as culturas são mais acentuados em solos de baixa fertilidade (RAIJ, 1991). Em solo com baixa disponibilidade desse nutriente ($P = 2,5 \text{ mg dm}^{-3}$), Oliveira et al. (2016) também obtiveram incrementos na produção de raízes de beterraba em função do emprego de P_2O_5 , com máximos obtidos em dois experimentos, nas doses de 379 e 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Em batata, estudo realizado em solos com diferentes disponibilidades iniciais de P demonstrou também que, em solo com baixa disponibilidade de P ($P_{\text{resina}} = 14 \text{ mg dm}^{-3}$), a produtividade relativa de tubérculos com a utilização de aproximadamente 500 kg ha^{-1} de P_2O_5 foi cerca de 76% maior do que no tratamento sem aplicação de P. Contudo, nos solos com média ($P_{\text{resina}} = 36 \text{ mg dm}^{-3}$) e alta ($P_{\text{resina}} = 70 \text{ mg dm}^{-3}$) disponibilidade de P, as produtividades de tubérculos com adubação fosfatada foram de 30% e 18% superiores à testemunha, respectivamente, porém aumentaram apenas as doses de 250 e 125 kg ha^{-1} de P_2O_5 , demonstrando que, em solos com maior disponibilidade de P, a resposta da cultura da batata à adubação fosfatada é pequena e de menor magnitude, porque está diretamente relacionada à disponibilidade inicial de P (FERNANDES; SORATTO, 2015).

Não houve diferença significativa entre as cultivares para PDT, com exceção do tratamento sem aplicação de P, onde a Cabernet foi inferior às demais, embora não tenha diferido estatisticamente da Fortuna (Tabela 4).

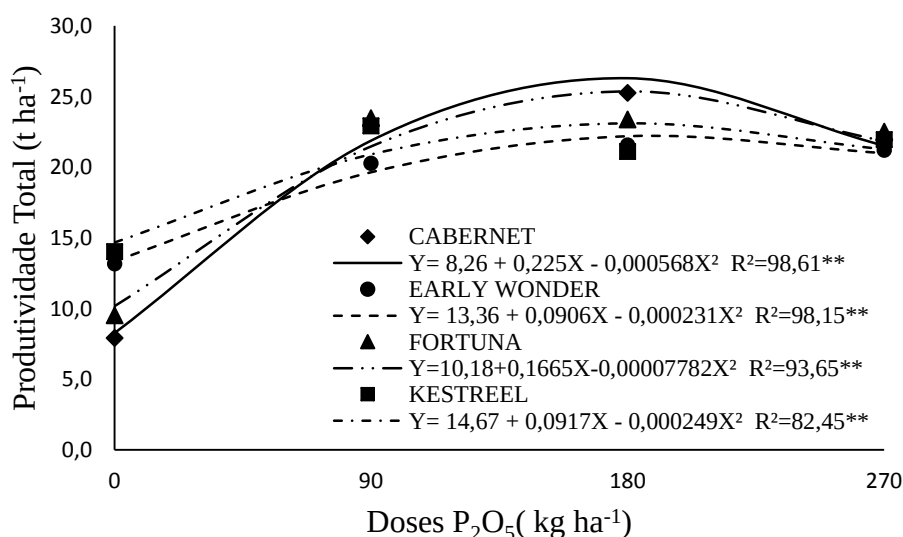


Figura 4 – Produtividade total de raízes de cultivares de beterraba Cabernet, Early wonder, Fortuna e Kestrel em função das doses de fósforo. Mossoró - RN, UFERSA, 2017.

As médias de produtividade comercial de raízes tuberosas (PDC), semelhantemente a PDT, ajustaram-se a modelos quadráticos de regressão, em todas as cultivares. As doses que maximizaram a PC das cultivares Cabernet (25,82 t ha⁻¹), Early Wonder (21,71 t ha⁻¹), Fortuna (29,87 t ha⁻¹) e Kestrel (22,59 t ha⁻¹) foram, respectivamente, de 180; 186; 183 e 186 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 4). Em relação ao tratamento sem aplicação de P, os incrementos foram, respectivamente, de 213; 65; 153 e 56% (na mesma ordem das cultivares). A PDC ficou dentro da média nacional, que oscila entre 20 e 35 t ha⁻¹ (SEDIYAMA et al., 2011).

Doses superiores àquelas que maximizaram a PDC proporcionaram decréscimos, sendo que as reduções das PDC das cultivares na maior dose avaliada (270 kg ha⁻¹ de P₂O₅) foram, respectivamente, para Cabernet, Early Wonder, Fortuna e Kestrel de 17; 8; 14 e 7% (Figura 4). Entre as cultivares, a resposta foi semelhante a PDT, ou seja, a Cabernet foi inferior às demais, e não diferiu estatisticamente da Fortuna (Tabela 4).

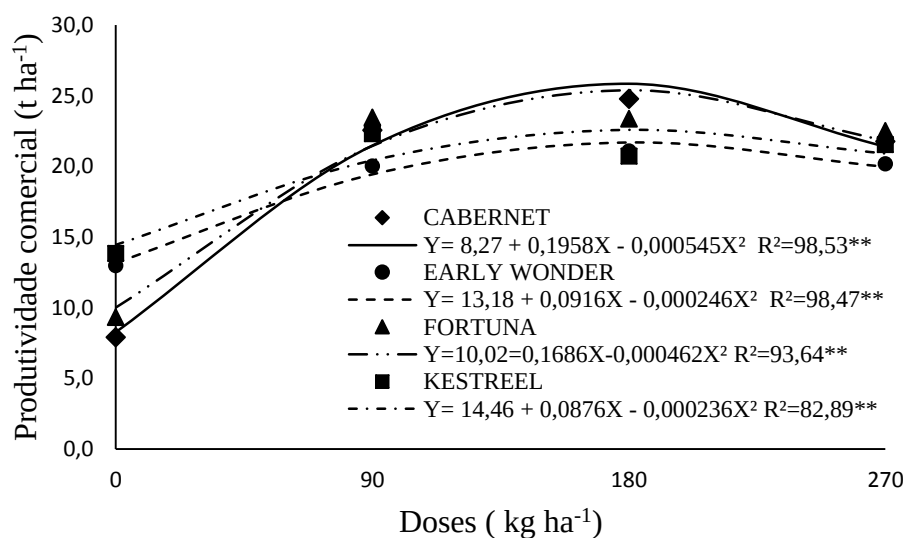


Figura 5 – Produtividade comercial raízes tuberosas de beterraba em função das doses de fósforo para cultivares Cabernet, Early wonder, Fortuna e Kestrel. Mossoró - RN, UFERSA, 2017.

Na classificação das cultivares quanto à eficiência e resposta à adubação fosfatada, segundo a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), a Cabernet e Fortuna foram classificadas como não eficientes mas responsivas, indicando que produzem pouco sob condições de baixo nível

de fósforo no solo, mas respondem bem à adubação com esse nutriente (Figura 6). A adubação fosfatada nestas cultivares promoveu significativo incremento na produtividade de raízes tuberosas. Destaque para ‘Cabernet’, que apresentou a menor PDT no ambiente com baixo fósforo (tratamento sem aplicação), e também a menor PDT desse estudo no mesmo ambiente. Entretanto, a PDT aumentou 219% quando comparado ao ambiente com aplicação de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 . No caso da Fortuna, o incremento foi de 145%.

As cultivares Early Wonder e Kestrel foram classificadas como eficientes mas não responsivas, indicando que produzem bem sob condições de baixo nível de fósforo no solo, apresentando PDT acima da média das outras cultivares neste ambiente (tratamento sem aplicação de P). Portanto, não respondem bem a níveis crescentes do nutriente. Os incrementos na PDT foram de 64 e 58% respectivamente, para Early Wonder e Kestrel no ambiente alto de P (180 kg ha^{-1} de P_2O_5) (Figura 5). Ressalta-se que no presente estudo todas as cultivares apresentaram redução na PDT, acima da dose de máxima eficiência técnica.

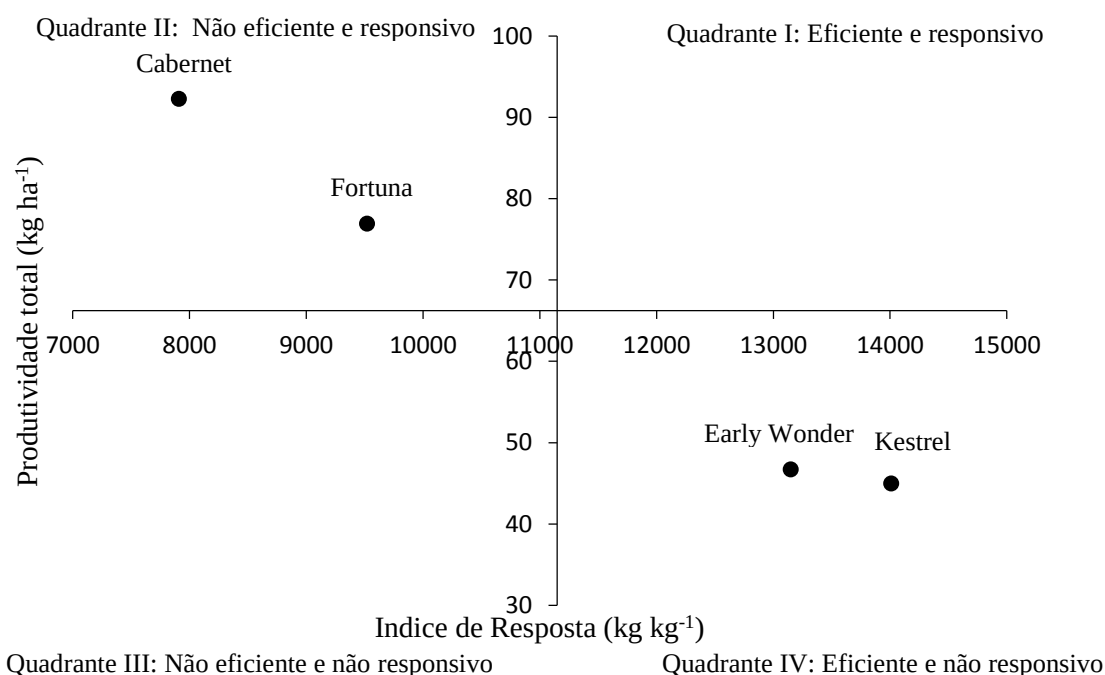


Figura 6 - Eficiência no uso e resposta à aplicação do fósforo na produtividade de cultivares de beterraba, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980).

Para a classificação das raízes tuberosas de beterraba, houve efeito significativo apenas do fator doses de fósforo, com exceção da classe graúda, na qual também houve diferença entre as cultivares. Para sólidos solúveis e percentagem de anéis branco no interior da raiz, houve diferença entre as cultivares (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para percentagem de raízes tuberosas classificadas como maior que graúda (> GRA), graúda (GRA), extra AA (EXAA), extra (EX) e refugo (REF), sólidos solúveis totais. Mossoró, RN. UFERSA, 2017.

F.V	G.L	QM		
		>GRA	GRA	EXAA
Bloco	3	534,81 ^{ns}	425,800 ^{ns}	7,74 ^{ns}
Cultivar (C)	3	128,37 ^{ns}	273,26 ^{**}	228,66 ^{ns}
Dose (D)	3	1902,77 ^{**}	1703,08 ^{**}	105,100 ^{ns}
C x D	9	110,95 ^{ns}	56,53 ^{ns}	52,77 ^{ns}
C.V (%)		54,21	24,91	50,22
F.V	G.L	QM		
		EXA	EX	REF
Bloco	3	33,96 ^{ns}	656,65 ^{ns}	2,91 ^{ns}
Cultivar (C)	3	57,26 ^{ns}	175,07 ^{ns}	6,63 ^{ns}
Dose (D)	3	1193,84 ^{**}	3641,96 ^{**}	2,65 ^{ns}
C x D	9	36,15 ^{ns}	63,64 ^{ns}	2,56 ^{ns}
C.V (%)		56,66	116,09	180,36
F.V	G.L	QM		
		ANÉIS	SST	
Bloco	3	278,52 ^{ns}	9,75 ^{ns}	
Cultivar (C)	3	5570,18 ^{**}	37,09 ^{**}	
Dose (D)	3	163,93 ^{ns}	1,50 ^{ns}	
C x D	9	502,82 ^{ns}	0,68 ^{ns}	
C.V (%)		28,06	11,95	

^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05). ^{ns} Não significativo.

As médias de raízes tuberosas classificadas como graúdas ($DR \geq 7\text{cm}$) e >graúda ($DR > 7\text{cm}$), em função das doses de fósforo, ajustaram-se a modelos de regressão linear e quadrático, respectivamente. As máximas percentagens estimadas de raízes graúdas (41,7%) e > graúda (33,7%) foram obtidas nas doses de 270 e 178 kg ha⁻¹ de P₂O (Figura 6). O fósforo proporcionou aumento da produção de raízes com diâmetros $\geq 7\text{cm}$, consideradas no mercado as de maiores

preços. Avalhães et al. (2009) e Oliveira et al. (2016) também obtiveram aumento do diâmetro da raiz tuberosa de beterraba com aplicação de P. Entre as cultivares, a Early Wonder foi inferior às demais, embora não tenha diferenciado significativamente da Cabernet (Tabela 6).

As raízes tuberosas classificadas como percentagem de raízes extra (DR > 4 e < 5cm) e extra A (DR ≥ 5 e < 6 cm) de beterraba diminuíram com o incremento das doses de fósforo. Na ausência da aplicação de fósforo, as percentagens foram de 33 e 26%, respectivamente, para extra e extra A (Figura 7).

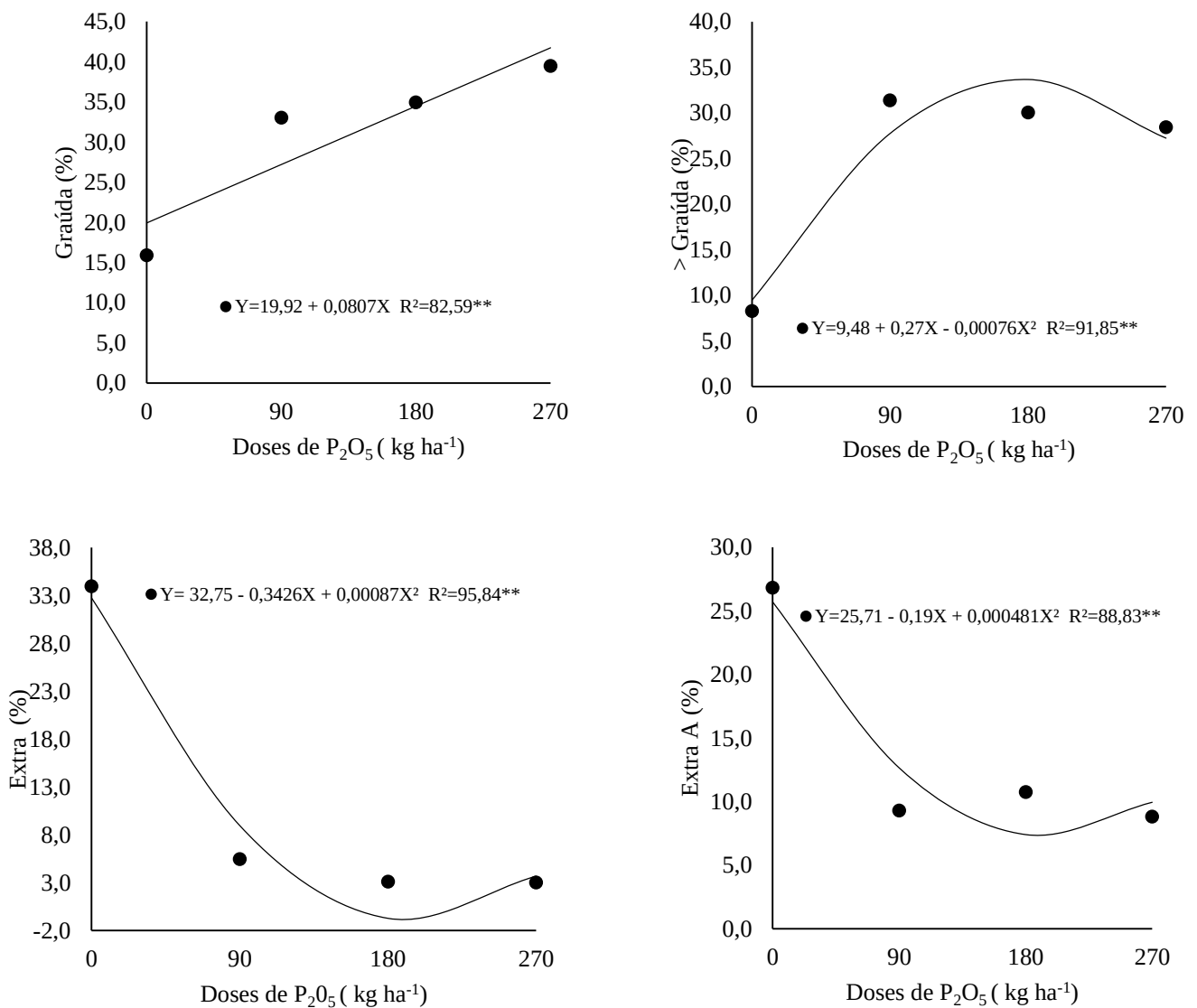


Figura 7– Percentagem de raízes de beterraba graúda, >graúda, extra e extra A em função das doses de fósforo, Mossoró - RN, UFERSA, 2017.

Tabela 6 – Valores médios de porcentagem de raízes graúdas (GRAÚDA), presença de anéis (ANEIS), sólidos solúveis totais (SST) em cultivares de beterraba. Mossoró, RN. UFERSA, 2017.

Cultivar	GRAÚDA (%)	ANÉIS (%)	SST (°BRIX)
Cabernet	28,55 ab	32,81 b	12,28 a
Early Wonder	26,14 b	73,75 a	10,84 b
Fortuna	34,18a	70,63 a	9,20 c
Kestrel	34,41 a	61,88 a	12,48 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A cultivar Cabernet apresentou menor porcentagem de anéis brancos no interior da raiz tuberosa, ao passo que as demais não se diferenciaram entre si. Trata-se de um distúrbio fisiológico ocasionado por temperaturas elevadas (25 a 30° C) que, além de reduzir a concentração de pigmentos nas raízes, sobretudo de betacianina (coloração vermelha), deprecia a qualidade do produto comercialmente (PUIATTI; FINGER, 2005). A época de maior incidência desse distúrbio é o verão, podendo atingir de 20 a 25% da área.

As cultivares Cabernet e Kestrel apresentaram maiores valores de sólidos solúveis, em relação às demais. Sanches et al (2008) não observaram variação no teor de SST em diferentes cultivares de beterraba, que apresentaram uma faixa entre 8,18 e 10,03° Brix, da mesma forma Coutinho (2016), que encontrou uma variação de 7,80 a 9,05° Brix, ambas inferiores à encontrada no presente estudo.

5 CONCLUSÕES

- A dose que maximizou a produtividade comercial foi 186 kg ha^{-1} de P_2O_5 para as cultivares Early Wonder ($21,71 \text{ t ha}^{-1}$) e Kestrel ($22,59 \text{ t ha}^{-1}$), 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 para Cabernet ($25,82 \text{ t ha}^{-1}$) e 183 kg ha^{-1} de P_2O_5 para Fortuna ($29,87 \text{ t ha}^{-1}$).
- As cultivares Cabernet e Fortuna foram classificadas como não eficientes mas responsivas à adubação fosfatada, ao passo que Early Wonder e Kestrel foram eficientes mas não responsivas.
- O fósforo não influenciou o teor de sólidos solúveis e a percentagem de anéis brancos na raiz tuberosa de beterraba.
- A cultivar Kestrel apresentou maior teor de sólidos solúveis e Cabernet teve menor percentagem de anéis brancos.

6 REFERÊNCIAS

ABCSEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. **Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil 2010/2011**. Disponível em <[http:// www.abcsem.com.br/docs/direitos_reservados.pdf](http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_reservados.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998.

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, n. 2, p. 292-295, abr.-jun. 2008. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362008000200033>. Acesso em: 09 ago. 2017.

ASSUNÇÃO, N. S.; CLEMENTE, J. M.; AQUINO, L. A.; DEZORDI, L. R.; SANTOS, L. P. D. Produtividade e eficiência de recuperação pela cenoura de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/4672>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agrária**, v. 10, n. 1, 75-80, 2009. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/13173>>. Acesso em: 25 set. 2016.

CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2ª aproximação. 3 ed. rev. Recife, IPA, 2008.

COUTINHO, P. W. R. **Desempenho de cultivares, produtividade e qualidade de beterraba em sistemas de cultivo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) 62p. UEOPR – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/1314>>. Acesso em: 25 set. 2016.

EMBRAPA, Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/.../sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

FAGERIA, N. D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: EMBRAPA/CNPAP, 1980.

FARIAS, D. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; SANTOS, D.; ARRUDA, J. A.; HOFFMANN, R. B.; NOVAIS, R. F. **Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. I. Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade do fósforo.** Revista brasileira de ciências do solo, v. 33, n. 3, p. 623-632, 2009.

FERREIRA, M. D.; TIVELLI, S. W. Cultura da beterraba: Recomendações gerais. 3.ed. Guaxupé: COOXUPÉ, 1990. 14p. **Boletim Técnico Olericultura**, 2. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000070&pid=S0006...lng>. Acesso em: 22 out. 2017.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; MORENO, L. A.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 1, p. 102-109, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0330>>. Acesso em: 28 out. 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/.../busca?...%22FILGUEIRA...%22FILGUEIRA>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

FONTES PCR. 2005. **Olericultura**: teoria e prática. Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia. Viçosa: UFV.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAOSTAT). Production: Livestock primary 2011. 2012.

GONDIM, A. R. O. Crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes em plantas de beterraba cultivadas em sistema hidropônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 526-535, jul./ago. 2011. Disponível em: <www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/.../hortalicas_fruto_beterrabamarcha.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2017.

GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; AZEVÊDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M. A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 267-273, mar./abr., 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/cagro/v31n2/a01v31n2>. Acesso em: 25 set. 2016.

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.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains: A new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, p. 5178-5185, 2001.

MARCUZZO, L. L.; DUARTE, T. S.; HILLESHEIN, P. C.; SCHEIDT, B. T. Reação de genótipos de beterraba à cercosporiose na região do Alto Vale do Itajaí. **Horticultura Brasileira**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 106-109, 2015.

MARQUES, L. F.; MEDEIROS, D. C.; MEDEIROS, D. C.; COUTINHO, O. L.; MARQUES, L. F.; MEDEIROS, C. B.; VALE, L. S. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Rev. Bras. de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010. ISSN: 1980-9735.

MIRANDA, R. J. **Produtividade da beterraba sob diferentes tensões de água no solo, irrigada por gotejamento**. 2017. 54p. Dissertação (Mestrado em Recursos hídricos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12828/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Produtividade%20da%20beterraba%20sob%20diferentes%20tens%C3%B5es%20de%20%C3%A1gua%20no%20solo....pdf>. Acesso em: 09 nov. 2017.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-374.

NUNES, J. A. S.; SILVA, E. M. B; MOREIRA, J. C. F. Produção de rabanete submetido à adubação fosfatada. **Cerrado agrociências**, Patos de Minas, n. 5, p. 33-44 nov. 2014.

OLIVEIRA, R.J.P.; GATIBONI, L.C; VALICHESKI, R.R; MIQUELLUTI, D.J; BRUNETTO, G. Calibração da adubação fosfatada e potássica para beterraba na região do Vale do Itajaí. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 210-215, 2016. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/hb/v34n2/1806-9991-hb-34-02-00210.pdf>. Acesso em: 22 out. 2017.

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

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres–Potafos, 1991.

SANCHES, J. et al. Estudo comparativo de oito cultivares de beterraba mantidas sob condição ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 48. Resumos...Maringá, ABH (CD-ROM), 2008.

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 e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 9, p. 883–889, 2011. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n9/02.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2017.

SCAIFE, A.; TURNER, M. Diagnosis of mineral disorders in plants. In: ROBISON, J. B. D. (org.). **Vegetables**, v. 2. London: University of Bristol, 1983.

SILVA, E. M. B.; FRIGO, G. R.; BEZERRA, M. D. L. Adubação fosfatada em rúcula: produção e eficiência no uso da água, **Cerrado agrociências**, Patos de Minas, n. 6, p. 1-11, dez. 2015.

SILVA, E. S.; MOTA, J. H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Produtividade de raízes de beterraba em função de doses de termofosfato magnésiano e cama de frango. In: Encontro latino-americano de iniciação científica, 19.; Encontro latino americano de pós graduação, 15.; Encontro latino americano de iniciação científica júnior, 9.; Encontro nacional de iniciação à docência, 5. São José dos Campos: UNIVAP, 2015. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1030392/1/Milanez4.pdf>>. Acesso em 28 nov. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013.

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 agrônomo, 2011. 45 p. (Boletim técnico 210).

TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 95, p. 1-5, 2001.

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

WANG, X.; SHEN, J.; LIAO, H. Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops? **Plant science**, Limerick, v. 179, p. 302-306, 2010.