



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

FLÁVIO PEREIRA DA MOTA SILVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, VIABILIDADE ECONÔMICA E  
QUALIDADE DE MANDIOCA DE MESA ADUBADA COM DOSES DE  
FÓSFORO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2020

FLÁVIO PEREIRA DA MOTA SILVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, VIABILIDADE ECONÔMICA E  
QUALIDADE DE MANDIOCA DE MESA ADUBADA COM DOSES DE  
FÓSFORO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Prof. D. Sc. Aurélio Paes Barros Júnior.

Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Lindomar Maria da Silveira.

Co-orientador: D. Sc. Welder de Araújo Rangel Lopes.

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados à 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 nº9.610/1998. 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.

S587d Silveira, Flávio Pereira da Mota .  
Desempenho agrônomo, viabilidade econômica e  
qualidade de mandioca de mesa adubada com doses  
de fósforo no Semiárido brasileiro / Flávio  
Pereira da Mota Silveira. - 2020.  
91 f. : il.

Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior.  
Coorientadora: Lindomar Maria da Silveira.  
Coorientador: Welder de Araújo Rangel Lopes.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2020.

1. *Manihot esculenta*. 2. Genótipos. 3.  
Produtividade. 4. Lucratividade. 5. Pós-colheita.  
I. Barros Júnior, Aurélio Paes, orient. II.  
Silveira, Lindomar Maria da, co-orient. III.  
Lopes, Welder de Araújo Rangel. IV. 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.

FLÁVIO PEREIRA DA MOTA SILVEIRA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, VIABILIDADE ECONÔMICA E  
QUALIDADE DE MANDIOCA DE MESA ADUBADA COM DOSES DE  
FÓSFORO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Defendida em: 31 / 08 / 2020.

**BANCA EXAMINADORA**

Aurélio Paes Barros Júnior

Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. D. Sc. (UFERSA)  
Presidente (Orientador)

Welder Lopes

Welder de Araújo Rangel Lopes, D. Sc. (UFERSA)  
Membro Examinador (Co-orientador)

Elizangela Cabral dos Santos

Elizangela Cabral dos Santos, Prof<sup>a</sup>. D. Sc. (UFERSA)  
Membro Examinador

Aline Kelly Queiroz do Nascimento

Aline Kelly Queiroz do Nascimento, D. Sc.  
Membro Examinador

Pablo Forlan Vargas

Pablo Forlan Vargas, Prof. D. Sc. (UNESP)  
Membro Examinador

*Ao meu pai, Dilson da Mota Silveira,  
que certamente estaria orgulhoso de ver  
aonde seu filho chegou (In Memoriam).*

*Ao meu filho, Lucas Pereira, minha mãe, Maria de Fátima, meu irmão, Hélio Pereira,  
minha madrinha, Rita Pereira, e à minha companheira, Janete Gouveia. Pelo amor,  
apoio e incentivo.*

**Dedico!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Pai, que na sua infinita bondade e misericórdia tem me guiado por caminhos sublimes que nunca imaginei passar ou estar e por ter colocado pessoas especiais que jamais esperaria encontrar.

À minha mãe, exemplo de fé, coragem e dedicação, que entregou sua vida para criação dos filhos, e me ensinou desde cedo que o caminho para uma vida melhor seria através da educação.

À minha companheira, Janete Gouveia, por ter me incentivado e ser meu “porto seguro” nos momentos mais difíceis. E aos meus enteados, José Victor e Natália, pelo carinho e amizade.

Ao meu filho, Lucas Pereira, por ser minha maior alegria, minha motivação diária na busca de ser uma pessoa melhor, um pai melhor, um profissional mais capacitado e por me possibilitar ver a vida de uma forma diferente.

Ao meu irmão, Hélio Pereira, pelo companheirismo de uma vida inteira ao meu lado.

Aos meus familiares, Tia Ritinha, Tio Nêgo, Tia Solange e Tia Têê, pelo incentivo e carinho que recebi.

À Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), pelo incentivo à qualificação, mantendo meus proventos durante esse período.

À EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, na pessoa do pesquisador Jaeveson da Silva, pela indicação e fornecimento do material de plantio da pesquisa.

Ao Prof. Aurélio Paes Barros Júnior, pela oportunidade de orientação, pelos ensinamentos, pela confiança, por ter acreditado em mim na condução dessa pesquisa e por todo o apoio concedido durante o período que passei na UFERSA. À Profa. Lindomar Maria da Silveira, pela coorientação, pelos ensinamentos, pelos conselhos que muito me ajudaram no curso. Ao Welder de Araújo Rangel Lopes, pela coorientação, por sempre estar ao meu lado durante não só durante o projeto como em todo o doutorado, pelos ensinamentos e por sua valiosa amizade.

Aos membros da banca, pelas contribuições e enriquecimento da tese.

Aos técnicos da UFERSA, Francisco das Chagas, Renan Paulino, Paulo, Bruno e Priscila, por todo o apoio.

Aos funcionários da Horta, Seu Antônio, Nanan, Alderi e Josemar, e aos funcionários da Fazenda Experimental, Flabênio, Fabricio, Pepeta e Romildo, pela imensa ajuda na realização dos experimentos, e a Naldezio. Em especial ao Seu Antônio, exemplo de trabalho e dedicação, e a Flabênio, que praticamente foi um “guardião” dos experimentos e sempre esteve me auxiliando no que precisei.

Aos integrantes do Grupo de Estudos e Pesquisa em Produção Agrícola e Recursos Genéticos Vegetais (GEPPARG), Alex Monteiro, Pedro Ramon, Welder de Araújo, Manoel Galdino, Gisele Santos, Silvana Fraga, José Artur, Michele Barboza, Valécia Nogueira, Francisco Adênio, Fernanda Larisse, José Ricardo, Hamurábi Anizio, Anna Kézia e Ester dos Santos, pelos momentos que passamos juntos, por terem sido minha família em Mossoró-RN, por terem transformado até mesmo os momentos difíceis de trabalho em campo em momentos prazerosos, pelas horas trabalhadas em laboratório, pela convivência, por todo o companheirismo e amizade.

Às amizades construídas e fortalecidas na UFERSA, a Alex Danilo, Alex Alvares, Valdezio Pacheco, Emanuel Oliveira, Matheus Macêdo, Laíza Gomes, Rayanna Campos, Cristiane Alves, Karol Alves, Matheus Freitas, Márcio Sinoia, Quésia Sá, Paulo Henrique, Jefferson Bittencourt, Moadir Leite, Francisco Cleilson, José Silereudo, Núbia Marise, Romualdo Cortez, João Paulo Nunes.

Aos professores Daniel Valadão Silva, Glauber Henrique Sousa Nunes, Leilson Costa Granjeiro, Ênio Gomes Flôr Souza, Elizangela Cabral, Debora Dantas, Adriano Simões, José Torres Filho e Emanuela Paiva.

A cada pessoa que contribuiu com esse projeto, que contribuiu com meu crescimento no doutorado e pela companhia partilhada durante essa jornada.

**GRATIDÃO!**

Resumo de tudo que meu coração pode expressar por essa fase da minha vida.

## RESUMO

O fósforo (P) é um nutriente que promove aumento no rendimento de raízes e a síntese de carboidratos para a cultura da mandioca. Porém, não é nutriente de maior demanda pela cultura, mas é o que promove maior resposta em solos tropicais, em face da problemática de sorção do elemento pelas partículas do solo. Diante disso, o objetivo da pesquisa foi avaliar a influência do P no desempenho agrônomo, na viabilidade econômica e na qualidade de cultivares de mandioca de mesa no Semiárido brasileiro. Duas safras agrícolas foram conduzidas na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, município de Mossoró, RN, nos períodos de junho/2018 a abril/2019 e de junho/2019 a abril/2020. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram aplicadas as doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e nas subparcelas, as cultivares de mandioca de mesa (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio). As cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife são mais eficientes na utilização do P, obtendo alta produtividade mesmo na ausência de adubação fosfatada, além de terem sido as cultivares com maiores produtividades. A cultivar Venâncio foi mais responsiva à adubação fosfatada, demonstrando que necessita de aporte desse nutriente para elevar sua produtividade, mas apresentou as menores produtividades nas duas safras. As maiores rendas líquidas na safra 2018/19 foram alcançadas com as doses de 120,00, 0,00, 99,80 e 142,90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, para as cultivares Água Morna (R\$ 35.586,94 ha<sup>-1</sup>), BRS Gema de Ovo (R\$ 30.756,34 ha<sup>-1</sup>), Recife (R\$ 40.331,07 ha<sup>-1</sup>) e Venâncio (R\$ 14.282,33 ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Na safra 2019/20, as doses de 183,70, 89,12, 162,54 e 181,63 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> promoveram as maiores rendas líquidas para as cultivares Água Morna (R\$ 59.193,76 ha<sup>-1</sup>), BRS Gema de Ovo (R\$ 53.820,28 ha<sup>-1</sup>), Recife (R\$ 57.603,46 ha<sup>-1</sup>) e Venâncio (R\$ 34.484,16 ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Doses de P entre 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionam aumento no teor de amido e redução do tempo de cocção de raízes de mandioca de mesa.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*. Genótipos. Produtividade. Lucratividade. Pós-colheita.



## ABSTRACT

Phosphorus (P) is a nutrient that promotes an increase in root yield and carbohydrate synthesis for cassava culture. However, it is not the nutrient most demanded by the crop, but it is the one that promotes the greatest response in tropical soils, given the problem of sorption of the element by soil particles. Therefore, the objective of the research was to evaluate the influence of P on agronomic performance, economic viability and the quality of table cassava cultivars in the Brazilian Semi-arid. Two agricultural crops were carried out at the Experimental Farm Rafael Fernandes, municipality of Mossoró, RN, from June/2018 to April/2019 and from June/2019 to April/2020. The experimental design was in randomized blocks, arranged in subdivided plots, with four replications. In the plots, P doses (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were applied, and in the subplots, the table cassava cultivars (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife and Venâncio). The cultivars Água Morna, BRS Gema de Ovo and Recife are more efficient in the use of P, obtaining high productivity even in the absence of phosphate fertilization and they were the cultivars with the highest yields. The cultivar Venâncio was more responsive to phosphate fertilization, demonstrating that it needs an input of this nutrient to increase its productivity, however, it presented the lowest yields in the two crops. The highest net incomes in the crop 2018/19 were achieved with doses of 120.00, 0.00, 99.80 and 142.90 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, for the cultivars Água Morna (R\$ 35,586.94 ha<sup>-1</sup>), BRS Gema de Ovo (R\$ 30,756.34 ha<sup>-1</sup>), Recife (R\$ 40,331.07 ha<sup>-1</sup>) and Venâncio (R\$ 14,282.33 ha<sup>-1</sup>), respectively. In the crop 2019/20, doses of 183.70, 89.12, 162.54 and 181.63 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> promoted the highest net income for the cultivars Água Morna (R\$ 59,193.76 ha<sup>-1</sup>), BRS Gema de Ovo (R\$ 53,820.28 ha<sup>-1</sup>), Recife (R\$ 57,603.46 ha<sup>-1</sup>) and Venâncio (R\$ 34,484.16 ha<sup>-1</sup>), respectively. Doses of P between 120 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> provide an increase in the starch content and a reduction in the cooking time of table cassava roots.

**Keywords:** *Manihot esculenta*. Genotypes. Productivity. Profitability. Post-harvest.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar (C), e precipitação pluviométrica acumulada (D) nas duas safras de mandioca de mesa (2018/19 e 2019/20).....20
- Figura 2 - Matéria seca de raiz comercial de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....23
- Figura 3 - Matéria seca de caule de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....25
- Figura 4 - Matéria seca de folha de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....26
- Figura 5 - Matéria seca da planta de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....27
- Figura 6 - Índice de colheita de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....29
- Figura 7 - Produtividade de raiz comercial de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....31
- Figura 8 - Produtividade de parte aérea de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (Figura 12A) e 2019/20 (Figura 12B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....34

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar (C), e precipitação pluviométrica acumulada (D) nas

|          |   |    |
|----------|---|----|
|          | duas safras de mandioca de mesa (2018/19 e 2019/20).....  | 48 |
| Figura 2 | - Renda bruta da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.....             | 52 |
| Figura 3 | - Renda líquida da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.....           | 58 |
| Figura 4 | - Taxa de retorno da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.....         | 60 |
| Figura 5 | - Índice de lucratividade da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro..... | 61 |

### **CAPÍTULO 3**

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Figura 1 | - Valores médios de Temperatura (°C), Umidade relativa do ar (%), Radiação solar ( $W m^{-2}$ ), e Precipitação (mm) na safra de mandioca de mesa 2018/19.....  | 73 |
| Figura 2 | - Descritores morfológicos das cultivares de mandioca de mesa Água Morna (A), BRS Gema de Ovo (G), Recife (R) e Venâncio (V) avaliadas na safra 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....                                  | 75 |
| Figura 3 | - Firmeza (A), Elasticidade (B), Acidez titulável (C), Tempo de cocção (D) e Teor de amido (E) de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na safra agrícola 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro..... | 80 |
| Figura 4 | - Sólidos solúveis de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na safra agrícola 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....   | 83 |

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO 1**

- Tabela 1 - Análise química e física do solo das áreas experimentais (profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40m) nas safras agrícolas 2018/19 e 2019/20.....19
- Tabela 2 - Valores médios de número de raiz comercial por planta de cultivares de mandioca de mesa, em duas safras agrícolas, na cidade de Mossoró/RN, Semiárido brasileiro.....30

### **CAPÍTULO 2**

- Tabela 1 - Caracterização química e física do solo, nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, das áreas experimentais referentes às duas safras agrícolas (2018/19 e 2019/20).....47
- Tabela 2 - Produtividade de raízes comerciais de cultivares de mandioca de mesa adubada com doses de fósforo, em duas safras agrícolas, no Semiárido brasileiro.....50
- Tabela 3 - Coeficientes de custos variáveis, fixos e de oportunidade na produção de um hectare irrigado de mandioca de mesa cultivada com diferentes doses de fósforo, em duas safras agrícolas (2018/19 e 2019/20).....53

### **CAPÍTULO 3**

- Tabela 1 - Análise química e física do solo da área experimental (profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40m) na safra agrícola 2018/19.....73
- Tabela 2 - Descritores morfológicos das cultivares de mandioca de mesa avaliadas na safra 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.....74
- Tabela 3 - Valores médios das variáveis de qualidade de raiz de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na safra agrícola 2018/19 na cidade de Mossoró/RN, Semiárido brasileiro.....85

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUÇÃO GERAL</b>   | 12 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>  | 14 |
| <b>CAPÍTULO 1: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MANDIOCA ADUBADA COM DOSES DE FÓSFORO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO</b>                 | 15 |
| <b>RESUMO</b>   | 15 |
| <b>ABSTRACT</b>   | 16 |
| 1. <b>INTRODUÇÃO</b>  | 17 |
| 2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b>  | 19 |
| 3. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>  | 23 |
| 4. <b>CONCLUSÕES</b>  | 37 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>  | 38 |
| <b>CAPÍTULO 2: VIABILIDADE ECONÔMICA DO CULTIVO IRRIGADO DE CULTIVARES DE MANDIOCA DE MESA SOB FERTILIZAÇÃO FOSFATADA</b> | 42 |
| <b>RESUMO</b>   | 42 |
| <b>ABSTRACT</b>   | 43 |
| 1. <b>INTRODUÇÃO</b>  | 44 |
| 2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b>  | 47 |
| 3. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>  | 52 |
| 4. <b>CONCLUSÕES</b>  | 64 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>  | 65 |
| <b>CAPÍTULO 3: QUALIDADE DE RAÍZES DE MANDIOCA DE MESA ADUBADAS COM FÓSFORO</b>   | 69 |
| <b>RESUMO</b>   | 69 |
| <b>ABSTRACT</b>   | 70 |
| 1. <b>INTRODUÇÃO</b>  | 71 |
| 2. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b>  | 73 |
| 3. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>  | 78 |
| 4. <b>CONCLUSÕES</b>  | 87 |
| <b>REFERÊNCIAS</b>  | 88 |

## INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie vegetal perene, pertencente à família das Euforbiáceas e nativa da América do Sul (LI et al., 2010). É cultivada como anual nas regiões tropicais e subtropicais, tendo como produto principal suas raízes tuberosas, ricas em amido, principal fonte de carboidratos para mais de 700 milhões de pessoas em todo o mundo, além de estar entre as sete culturas agrícolas mais cultivadas no mundo (FAOSTAT, 2018). A adaptabilidade das variedades de mandioca a diversas condições edafoclimáticas, mesmo em regiões de clima seco e solos pobres, tornou-a extensamente cultivada (ISITOR; ADEYONU; ANIEGBOKA, 2017).

No Brasil, é cultivada em todas as regiões, entre pequenos e grandes produtores, com grande oscilação na produtividade (IBGE, 2017), atribuída à insuficiente utilização de insumos agrícolas e ao sistema de manejo rudimentar entre a maioria dos agricultores (ALVES; MODESTO JÚNIOR; FERREIRA; 2012), limitando substancialmente o potencial que a cultura poderia atingir. No Brasil, 60% das propriedades que produzem mandioca de mesa possuem menos de 10 hectares e respondem por 42% da produção nacional da raiz (IBGE, 2017). Na região Nordeste, o número de propriedades com menos de 10 hectares que produzem mandioca é de aproximadamente 80%, concentrando 67% da produção regional.

A mandioca é uma espécie altamente eficiente na absorção de nutrientes no solo, mesmo em solos com baixo teor de nutrientes, todavia, é uma cultura que responde bem à aplicação de nutrientes quando em disponibilidade (HOWELER, 2002). A cultura extrai grandes quantidades de potássio do solo, seguidos por nitrogênio e cálcio, e o fósforo (P) é apenas o 4º nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura (HOWELER, 1981).

O P promove aumento no índice de área foliar, aumento na produção de biomassa da parte aérea, incremento nas taxas de fotossíntese líquida e elevação do rendimento das raízes de mandioca (OMONDIA et al., 2019), além de atuar diretamente na síntese e transporte de amido nas plantas (TAIZ et al., 2017), podendo melhorar a qualidade das raízes de mandioca.

É uma cultura muito eficiente na absorção de P (HOWELER, 2002) e responde intensamente à adubação com este nutriente (LIMA et al., 2018), o que sugere que em condições de baixa disponibilidade desse nutriente a mandioca consegue extrair do solo o necessário às suas atividades metabólicas. Segundo Howeler (2002), a mandioca

responde à aplicação de P em função da disponibilidade do elemento na solução do solo, da associação com fungos micorrízicos e da variedade utilizada.

A produção de mandioca condicionada à fertilização do solo é objeto de estudo em vários locais do mundo em diferentes condições de clima e solo, obtendo-se diferentes resultados. Porém, estudos nas quais se observa o efeito isolado do P na produção de raízes ainda são escassos e antigos, o que demonstra necessidade de intensificar essa linha de pesquisa.

Os genótipos de mandioca apresentam diferentes capacidades de absorção e de eficiência do uso do P (PELLET & EL-SHARKAWY, 1993). Variedades que possuem maior densidade de raízes finas e alongadas possuem maior capacidade de absorção deste nutriente. Desta forma, há variedades capazes de se desenvolver melhor em solos com baixos teores de P.

A baixa concentração do P disponível às plantas, a elevada fixação pela matriz do solo e sua baixa mobilidade no solo justificam a aplicação de fertilizantes químicos para garantir o aproveitamento do nutriente pelas plantas, melhorando seu rendimento (SHEN et al., 2011), tornando necessário o aumento na recomendação do P a fim de que, mesmo com a fixação, parte do nutriente esteja disponível para as plantas. Porém, esse aumento na adubação precisa ser revertido em aumento na produção para que o retorno econômico compense o investimento.

A combinação entre cultivares de alto rendimento, que respondam à adubação fosfatada ou que sejam eficientes em solos com baixa disponibilidade do elemento, e a intensificação do suprimento de P podem ampliar os indicadores produtivos, econômicos e a qualidade do produto ofertado no cultivo da mandioca, tornando-a cada vez mais atrativa para outros agricultores. Dessa forma, objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico, a viabilidade econômica e a qualidade de raízes de cultivares de mandioca de mesa em resposta à adubação fosfatada no Semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS

ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, E. R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta*, L) variedade Paulozinho em Moju – Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 8, p. 65-70, 2012.

FAOSTAT, 2018. Food and Agriculture Organization of the United States. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

HOWELER, R. H. **Mineral nutrition and fertilization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cali, Colômbia, CIAT, 1981.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (org.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CABI, 2002. p. 115-147.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 05 ago. 2020.

ISITOR, S. U.; ADEYONU, A. G.; ANIEGBOKA, U. N. An Analysis of Technical Efficiency of Smallholder Cassava Farmers in Anambra State, Nigeria. **Applied Tropical Agriculture**, v. 22, 2, p. 10-15, 2017.

LI, K.; ZHU, W.; ZENG, K.; ZHANG, Z.; YE, J.; OU, W.; REHMAN, S.; HEUER, B.; CHEN, S. Proteome characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) somatic embryos, plantlets and tuberous roots. **Proteome Science**, cidade, v. 8, n. 10, 2010.

LIMA, A. G.; CARVALHO, L. R.; MOTA, M. C.; LIMA JÚNIOR, A. F.; MOREIRA, J. M.; SILVA, A. P.; BARBUIO, R.; ROSA, J. Q. S. Produtividade de mandioca avaliada sobre adubação fosfatada e adubação de cobertura. **PUBVET**, v. 12, n. 8, a151, p. 1-4, ago. 2018.

OMONDIA, J. O.; LAZAROVITCHA, N.; RACHMILEVITCHA, S. YERMIYAHU, U. Phosphorus affects storage root yield of cassava through root numbers. **Journal Of Plant Nutrition**, v. 42, n. 17, p. 2070–2079, 2019.

PELLET, D.; EL-SHARKAWY, M. A. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. II. Phosphorus uptake and use efficiency. **Field Crops Research**, v. 35, p. 13-20, 1993a.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. **Plant Physiology**, v. 156, p. 997–1005, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.



## CAPÍTULO 1

### DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MANDIOCA ADUBADA COM DOSES DE FÓSFORO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

#### RESUMO

Na região Semiárida brasileira, o cultivo da mandioca tem baixa produtividade em virtude de ser realizado em solos deficientes em nutrientes, especialmente em fósforo (P), o qual, apesar de não ser o nutriente requerido em maior quantidade, é aquele que promove maior desenvolvimento da cultura quando em disponibilidade adequada. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de P no Semiárido brasileiro. Duas safras agrícolas foram conduzidas na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, município de Mossoró, RN, nos períodos de junho/2018 a abril/2019 e de junho/2019 a abril/2020. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram aplicadas as doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e nas subparcelas, as cultivares de mandioca de mesa (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio). Foram avaliadas: matérias secas das folhas, caule, raízes comerciais e da planta; índice de colheita; números de raízes comerciais; produtividade comercial e produtividade da parte aérea. As cultivares utilizadas tiveram rendimento de raízes e de parte aérea elevados, indicando que seu cultivo é apropriado nas condições do Semiárido potiguar. As cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife são mais eficientes na utilização do P, obtendo alta produtividade mesmo na ausência de adubação fosfatada, além de terem sido as cultivares com maiores produtividades. A cultivar Venâncio foi mais responsiva à adubação fosfatada, mostrando a necessidade de aporte desse nutriente para elevar sua produtividade, mas apresentou as menores produtividades nas duas safras, dentre as cultivares avaliadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Manihot esculenta*; Adubação fosfatada; Genótipos; Raiz comercial; Produtividade.

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF CASSAVA FERTILIZED WITH PHOSPHORUS DOSES IN THE BRAZILIAN SEMIARID

### ABSTRACT

In the Brazilian Semiarid region, the cultivation of cassava has low productivity due to being carried out in soils deficient in nutrients, especially in phosphorus, which, despite not being the nutrient required in greater quantity, is the one that promotes greater development of the crop when available proper. In this sense, the objective was to evaluate the agronomic performance of table cassava cultivars fertilized with phosphorus doses in the Brazilian Semiarid Region. Two agricultural crops were carried out at the Rafael Fernandes Experimental Farm, in the municipality of Mossoró, RN, from June/2018 to April/2019 and from June/2019 to April/2020. The experimental design was in randomized blocks, arranged in subdivided plots, with four replications. In the plots, the doses of phosphorus (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were applied, and in the subplots, the table cassava cultivars (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife and Venâncio). The following attributes were evaluated: dry matter of leaves, stem and commercial roots; harvest index; commercial root numbers; commercial productivity and aerial part productivity. The cultivars used had high root and shoot yields, suggesting that their cultivation is appropriate under the conditions of the Semiarid region of Rio Grande do Norte. The cultivars Água Morna, BRS Gema de Ovo and Recife are more efficient in the use of phosphorus, obtaining high productivity even in the absence of phosphate fertilization, and they were the cultivars with the highest yields. The cultivar Venâncio was more responsive to phosphate fertilization, demonstrating that it needs an input of this nutrient to increase its productivity, however it presented the lowest yields in the two harvests, among the evaluated cultivars.

**KEYWORDS:** *Manihot esculenta*; Phosphate fertilization; Genotypes; Commercial root; Productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca está entre as sete culturas agrícolas mais cultivadas no mundo (FAOSTAT, 2018). O Brasil produziu, em 2017, 6,6 milhões de toneladas de mandioca de mesa em uma área de 740.611 hectares e produtividade média de 8,9 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017). A região Semiárida brasileira produziu 625 mil toneladas de raiz, representando 9,5% da produção nacional, com produtividade média de 4,8 t ha<sup>-1</sup>.

A adaptabilidade das variedades de mandioca a diversas condições edafoclimáticas, mesmo em regiões de clima seco e solos pobres, tornou-a extensamente cultivada (ISITOR; ADEYONU; ANIEGBOKA, 2017). A baixa produtividade da cultura entre a maioria dos produtores ocorre em virtude da insuficiente utilização de insumos agrícolas e pelo sistema de manejo rudimentar (EL-SHARKAWY, 2004; ALVES; MODESTO JÚNIOR; FERREIRA, 2012), que limitam substancialmente o potencial que a cultura poderia atingir. Outro fator importante é o cultivo sucessivo na mesma área, sem a reposição adequada dos nutrientes no solo.

Pesquisas comprovam que é possível obter produção diante de situações adversas e com estresses abióticos (HOWELER, 2002; EL-SHARKAWY, 2004; CARVALHO et al., 2007), demonstrando a eficiência da mandioca na absorção de nutrientes, mesmo quando cultivada em solos com baixa fertilidade. Todavia, é uma cultura que responde bem à adubação (HOWELER, 2002).

O fornecimento de nutrientes por meio da utilização de adubos na cultura da mandioca é prática indispensável, apesar de ser reconhecidamente uma cultura rústica (SILVA et al., 2013). Alves; Modesto Júnior; Ferreira (2012), Alves Filho et al. (2015), Cuvaca et al. (2017) e Biratu et al. (2018) observaram efeito da adubação no aumento do rendimento para a cultura da mandioca. Porém, estudos em que se observam o efeito isolado do fósforo (P) na produção de raízes ainda são escassos, como, por exemplo: Sieverding; Howeler (1985); Pellet; El-Sharkawy (1993a); Pellet; El-Sharkawy (1993b); Enck et al. (2017); Lima et al. (2018); Omondia et al. (2019), o que mostra a necessidade de intensificar essa linha de pesquisa.

A mandioca é eficiente na absorção do P (HOWELER, 2002) e também responsiva à sua aplicação (LIMA et al., 2018), o que a torna um nutriente primordial para o alto rendimento da cultura (AKANZA; YAO-KOUAME, 2011). Em condições de baixa disponibilidade desse nutriente, a mandioca consegue extrair do solo o necessário para suas atividades metabólicas. Além disso, segundo Howeler (2002), a

resposta da mandioca à aplicação de P pode estar relacionada à associação com fungos micorrízicos e à variedade utilizada. P possibilita aumento no índice de área foliar, aumento na produção de biomassa da parte aérea, incremento nas taxas de fotossíntese líquida e elevação do rendimento das raízes (OMONDIA et al., 2019).

Os genótipos de mandioca apresentam diferentes capacidades de absorção e de eficiência do uso do P (PELLET; EL-SHARKAWY, 1993a). Variedades que possuem maior densidade de raízes finas e alongadas possuem maior capacidade de absorção de P. Desta forma, há variedades capazes de se desenvolver melhor em solos com baixos teores de P.

A mandioca atinge incrementos na produtividade de raízes com a aplicação de doses crescentes de P (até 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em solos com baixa disponibilidade do nutriente: 1,44 mg dm<sup>-3</sup> (LIMA et al., 2018), 2 mg dm<sup>-3</sup> (BURGOS; CENÓZ, 2012; ENCK et al., 2017), 2-15 mg dm<sup>-3</sup> de P (SILVA et al., 2013). Pellet; El-sharkawy (1993b) observaram resposta distinta entre cultivares de mandioca na produção de raízes e de parte aérea, com cultivares apresentando aumento na produção de raízes e parte aérea, ao passo que uma cultivar não obteve incremento de rendimento para as raízes, mas apenas apresentou efeito para a parte aérea.

Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de mandioca de mesa adubadas com diferentes doses de P no Semiárido brasileiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5°03'31,00"S, 37°23'47,57"W e 80 m de altitude), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, em duas safras agrícolas 2018/19 e 2019/20.

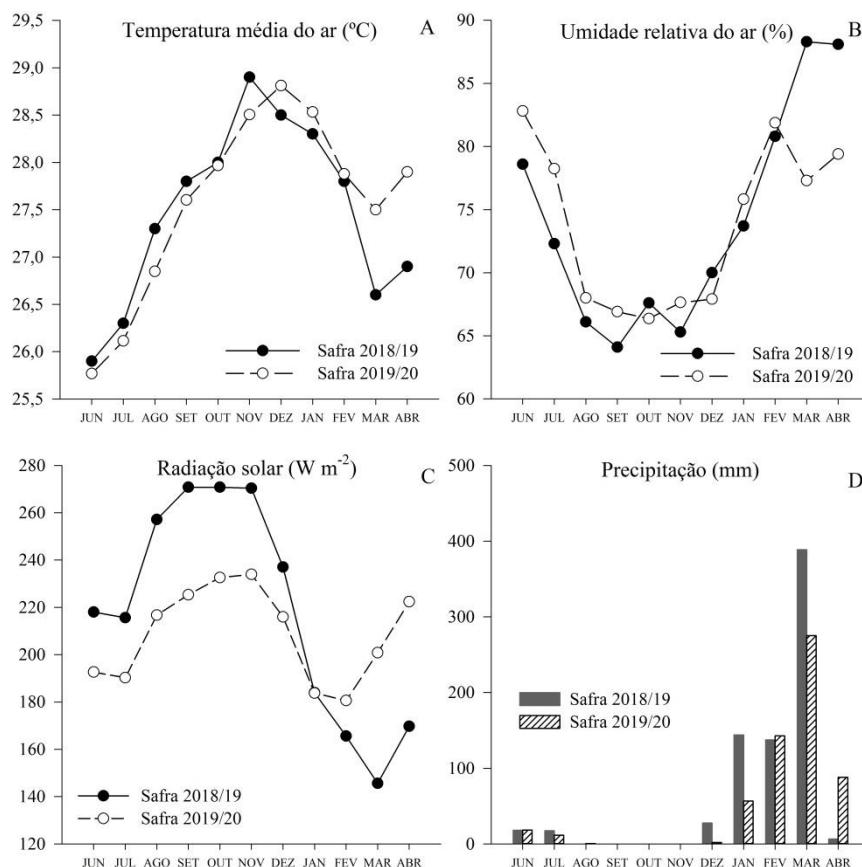
O clima local, segundo a Classificação de Köppen, é do tipo BSh (ALVARES et al., 2013), caracterizada como sendo seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma chuvosa que compreende os meses de fevereiro a maio, e outra seca que vai de junho a janeiro. As variáveis meteorológicas foram coletadas em estação presente na Fazenda Experimental, durante o período de realização dos experimentos (Figura 1).

O solo local foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (RÊGO et al., 2016). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m para caracterização química (SILVA, 2009) e física (DONAGEMA et al., 2011) das áreas das safras agrícolas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise química e física do solo das áreas experimentais (profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40m) nas safras agrícolas 2018/19 e 2019/20.

| Profundidade       | pH   | P*                             | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup>            | Mg <sup>2+</sup> | Areia                          | Silte | Argila |
|--------------------|------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------|
| m                  |      | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |                |                 | --cmolc dm <sup>-3</sup> -- |                  | -----kg kg <sup>-1</sup> ----- |       |        |
| 1ª Safra (2018/19) |      |                                |                |                 |                             |                  |                                |       |        |
| 0-0,20             | 5,90 | 8,3                            | 38,9           | 1,2             | 0,80                        | 0,50             | 0,91                           | 0,02  | 0,07   |
| 0,20-0,40          | 5,50 | 2,0                            | 50,8           | 1,2             | 0,70                        | 0,20             | 0,88                           | 0,03  | 0,09   |
| 2ª Safra (2019/20) |      |                                |                |                 |                             |                  |                                |       |        |
| 0-0,20             | 5,90 | 3,7                            | 41,1           | 9,3             | 0,60                        | 0,20             | 0,91                           | 0,02  | 0,07   |
| 0,20-0,40          | 4,90 | 0,9                            | 24,3           | 8,3             | 0,50                        | 0,10             | ---                            | ---   | ---    |

\*Extrator: Mehlich-1



**Figura 1.** Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar (C), e precipitação pluviométrica acumulada (D) nas duas safras de mandioca de mesa (2018/19 e 2019/20).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram aplicadas as cinco doses de P em fundação, correspondentes a cada tratamento: 0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nas subparcelas, foram dispostas as quatro cultivares de mandioca de mesa: Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio.

As cultivares trabalhadas possuíam diversidade nas características da raiz. Variação na coloração da polpa entre creme (Água Morna), amarela (BRS Gema de Ovo) e branca (Recife e Venâncio). Havia coloração do córtex da raiz rosado (Água Morna e Venâncio) e branco ou creme (BRS Gema de Ovo e Recife), além de cor externa da raiz marrom escuro para todas as cultivares. Registrou-se variação na ramificação da parte aérea, em que a cultivar Água Morna possuía menor ramificação, ao passo que as demais possuem intensa ramificação.

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas a 1,0 m entre si, totalizando área de 24 m<sup>2</sup> (6 m x 4 m). As duas linhas centrais, descartando-se uma planta em cada extremidade, foram consideradas área útil da unidade experimental (9,6 m<sup>2</sup>).

O preparo do solo foi realizado com gradagem pesada para incorporação do material vegetal remanescente na área, além de uma gradagem niveladora para homogeneizar a superfície do solo antes da instalação dos experimentos. A adubação foi realizada seguindo recomendações de Silva; Gomes (2008) com base na análise de solo, com exceção do P em que foram levados em conta os tratamentos. Em cada safra, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Como fonte de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) foram empregados ureia (45% N), superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), respectivamente. A adubação fosfatada foi feita toda em plantio. Metade da dose recomendada de N foi aplicada aos 30 dias após a emergência (DAE) das plantas, juntamente com a dose total de K, e aos 60 DAE foi aplicada a segunda metade da adubação nitrogenada. Tanto N quanto K foram aplicados via sistema de irrigação, por meio de um tanque de derivação (“pulmão”).

O material propagativo foi obtido de área de multiplicação instalada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, plantado dez meses antes da instalação dos experimentos, com condições de cultivo semelhantes às empregadas na pesquisa. O plantio foi feito de forma manual, com uma maniva de 0,10-0,15 m de comprimento e 5-7 gemas por cova, na profundidade de 0,10 m, no espaçamento de 1,00 m entre fileiras por 0,60 m entre covas, contabilizando densidade populacional de 16.666,7 plantas ha<sup>-1</sup>.

A cultura foi irrigada por sistema de gotejamento, com emissores espaçados em 0,30 m e vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, aplicando-se lâmina média diária de 4,8 mm, com suspensão da irrigação aos oito meses após o plantio. Utilizou-se coeficiente de cultura (Kc) para cada fase fenológica da mandioca. Foram necessárias três capinas manuais para o controle de plantas daninhas e, em virtude da ocorrência de ácaro, utilizou-se produto comercial com ingrediente ativo espiromesifeno para controlar a infestação.

Na véspera da colheita do experimento, foram coletadas duas plantas inteiras de cada subparcela para avaliação das seguintes características: matéria seca das folhas (MSF, kg planta<sup>-1</sup>), caule (MSC, kg planta<sup>-1</sup>) e raízes comerciais (MSRC, kg planta<sup>-1</sup>) obtidas a partir de amostra na parcela e colocadas para secar em estufa de circulação

forçada a 65°C até estabilização do peso; matéria seca da planta (MSP, kg planta<sup>-1</sup>), obtida pela soma das matérias seca de cada parte da planta.

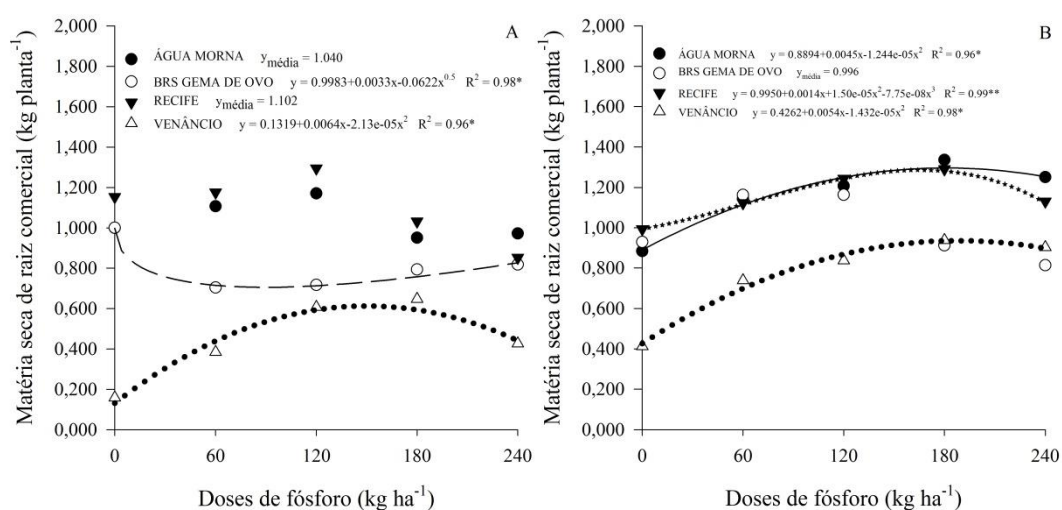
As características de produção foram registradas na colheita de cada safra, avaliando-se: índice de colheita (IC): calculado pela razão entre a matéria seca de raiz comercial pela matéria seca total da planta; número de raízes comerciais por planta (NRC): obtido pela contagem de raiz com comprimento superior a 0,10 m e diâmetro superior a 0,02 m; produtividade comercial (PC, t ha<sup>-1</sup>): estimada a partir da pesagem de raiz comercial por subparcela; produtividade da parte aérea (PPA, t ha<sup>-1</sup>): estimada pela pesagem do caule e das folhas das plantas da área útil de cada subparcela.

Para cada safra agrícola, os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ), utilizando-se o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Posteriormente, análise conjunta foi realizada para as características com homogeneidade de variâncias entre as safras. Para as doses de P, foram feitas análises de regressão com o aplicativo Table Curve 2D v5.01 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991), sendo as equações escolhidas com base no coeficiente de determinação e na sua significância. Os gráficos foram elaborados no programa SigmaPlot, versão 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011). As médias referentes às cultivares de mandioca foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SISVAR 5.6.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro cultivo, as doses de P influenciaram a matéria seca da raiz entre as cultivares de maneira distinta (Figura 2A). Observou-se que a cultivar BRS Gema de Ovo obteve diminuição da matéria seca da raiz até a dose 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, seguida de aumento para as demais doses de P, alcançando matéria seca máxima estimada de 0,998 kg planta<sup>-1</sup> com o tratamento sem aplicação de adubo fosfatado no solo, o que sugere que essa cultivar é eficiente em solos com reduzida fertilidade, não sendo sensível à deficiência do P, ao passo que a cultivar Venâncio respondeu à aplicação das doses do elemento, com a máxima estimada de 0,619 kg planta<sup>-1</sup> com 151,05 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Não foi encontrado ajuste de regressão para as cultivares Água Morna e Recife, apresentando máxima MSRC de 1,170 e 1,295 kg planta<sup>-1</sup> com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



**Figura 2.** Matéria seca de raiz comercial de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

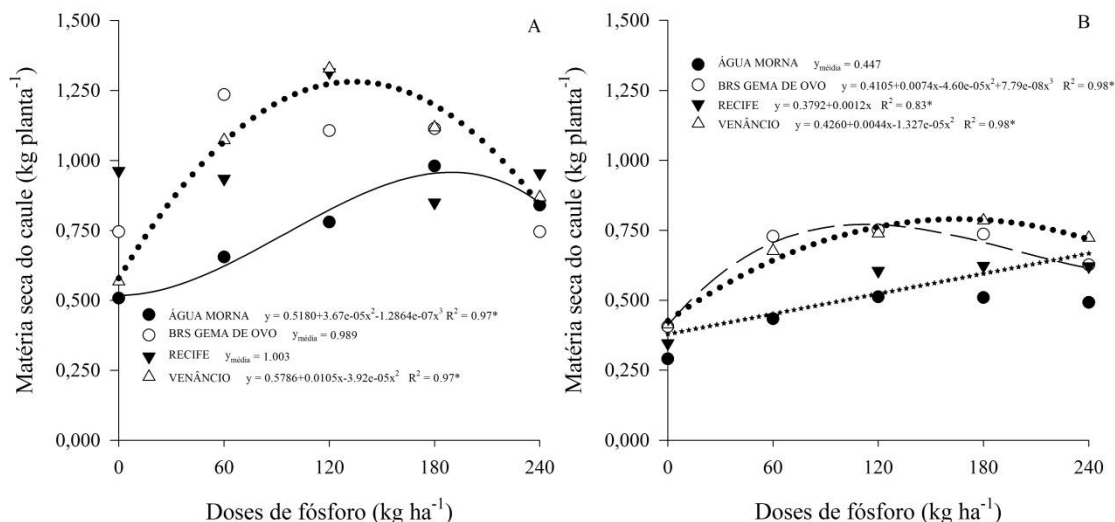
Na segunda safra (Figura 2B), todas as cultivares responderam à aplicação do adubo fosfatado. A cultivar Água Morna obteve a MSRC máxima estimada em 1,302 kg planta<sup>-1</sup> com 182,10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; BRS Gema de ovo teve 1,163 kg planta<sup>-1</sup> com 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (não foi encontrado modelo de ajuste para regressão); Recife atingiu 1,291 kg planta<sup>-1</sup> com 166,22 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Venâncio atingiu 0,936 kg planta<sup>-1</sup> com 188,64 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O solo da área experimental da safra 2019/20 possuía praticamente metade do teor de P no solo da primeira safra 2018/19 (Tabela 1). A diferença nesse atributo pode ter alterado a composição e eficiência das espécies de fungos micorrízicos (SIEVERDING; HOWELER, 1985) fazendo com que, para dois locais distintos, a mandioca respondesse de maneira diferenciada à presença de P no solo.

Houve variação na MSRC entre as cultivares de mandioca em função das doses de P, mostrando que há cultivares mais eficientes na absorção do nutriente e outras mais responsivas à aplicação do adubo. É uma variável que pode ser um indicativo da produção de uma cultivar de mandioca, pois reflete o maior acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas. Avaliando matéria seca e produtividade de raízes de 26 variedades de mandioca de mesa, Borges; Fukuda; Rossetti (2002) observaram variação significativa entre as variedades.

O comportamento distinto dos genótipos de mandioca em solos com baixo teor de P e em função da aplicação do nutriente ocorre em virtude da diferença nos padrões de partição da matéria seca (PELLET; EL-SHARKAWY, 1993b), do equilíbrio entre a produção de parte aérea e o comportamento das raízes de armazenamento como drenos.

As cultivares Água Morna e Venâncio alcançaram valores máximos estimados de MSC de 0,956 e 1,280 kg planta<sup>-1</sup> com 189,56 e 133,76 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, na safra 2018/19 (Figura 3A). A cultivar BRS Gema de Ovo teve a maior MSC de 1,232 kg planta<sup>-1</sup> com a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Por sua vez, a cultivar Recife teve a maior MSC registrada de 1,317 kg planta<sup>-1</sup> com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. No segundo ano de cultivo, a cultivar Água Morna não apresentou ajuste de regressão para as doses de P com máxima MSC de 0,512 kg planta<sup>-1</sup> com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3B), ao passo que para a cultivar BRS Gema de Ovo se observou máxima MSC estimada de 0,779 kg planta<sup>-1</sup> com 114,47 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; a cultivar Recife apresentou efeito linear para esta variável nesta safra, obtendo o máximo de 0,674 kg planta<sup>-1</sup> com 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; a cultivar Venâncio apresentou efeito quadrático para a MSC, alcançando a máxima 0,790 kg planta<sup>-1</sup> com a dose de 165,64 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

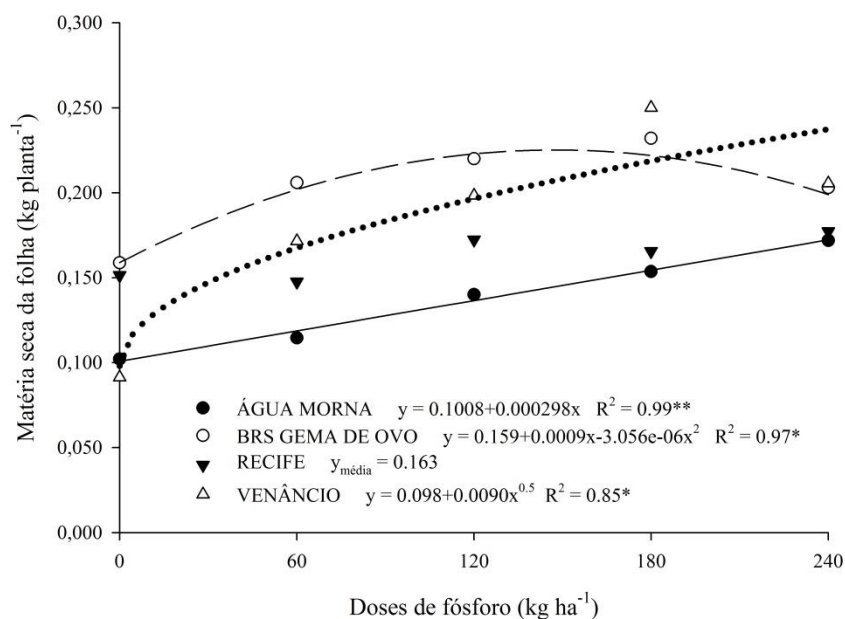


**Figura 3.** Matéria seca de caule de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

Os valores estimados no primeiro ano foram superiores aos da segunda safra. As variações dos parâmetros meteorológicos (Figura 1), enaltecendo-se as maiores precipitações, principalmente no primeiro ano, nos meses finais de cultivo, estimularam o desenvolvimento vegetativo e o caráter drenado do caule das cultivares.

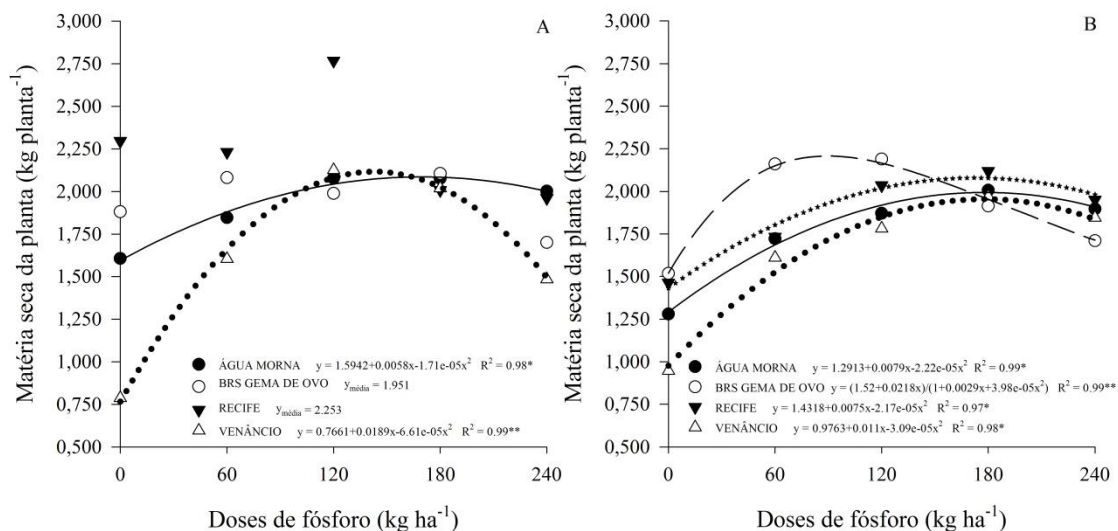
Houve interação entre doses de P e cultivares de mandioca para a variável MSF (Figura 4). As cultivares Água Morna e Venâncio apresentaram máximas MSF estimadas com a dose máxima de P aplicado ao solo (240 kg planta<sup>-1</sup>), com 0,172 e 0,240 kg planta<sup>-1</sup>, respectivamente. A cultivar BRS Gema de Ovo aumentou a MSF com as doses crescentes de P, atingindo valor máximo de 0,229 kg planta<sup>-1</sup> com 151,09 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, decrescendo em seguida. Não houve significância das doses de P para cultivar Recife, a qual apresentou média de 0,163 kg planta<sup>-1</sup>.

Dentre as cultivares, houve variação para o acúmulo de MSF. Observa-se que a cultivar Água Morna produziu a menor quantidade de matéria seca para esse órgão. Essa cultivar possui a maior altura da 1ª ramificação dentre todas as avaliadas e menor ramificação da parte aérea, com tendência de produzir menor quantidade de folhas. No sentido inverso, as cultivares BRS Gema de Ovo e Venâncio apresentam menor altura da 1ª ramificação e propensão a maior ramificação da parte aérea, produzindo, assim, maior quantidade de folhas.



**Figura 4.** Matéria seca de folha de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

Para a variável matéria seca da planta, a cultivar BRS Gema de Ovo não apresentou efeito significativo à aplicação das doses de P, obtendo valor médio de 1,951 kg planta<sup>-1</sup> na primeira safra agrícola (Figura 5A). As cultivares Água Morna e Venâncio apresentaram resposta quadrática à aplicação de P no solo, atingindo máxima MSP estimada em 2,087 e 2,114 kg planta<sup>-1</sup> com 169,68 e 142,83 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Para a cultivar Recife, a maior MSP, 2,770 kg planta<sup>-1</sup>, foi obtida com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no primeiro ano de cultivo. Na segunda safra, todas as cultivares responderam à aplicação de P (Figura 5B). As cultivares Água Morna, Recife e Venâncio obtiveram resposta quadrática com o aumento das doses de P, alcançando 1,987 (177,10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 2,076 (172,20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 1,958 kg planta<sup>-1</sup> (178,10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), respectivamente. A cultivar BRS Gema de Ovo apresentou máxima estimada de MSP de 2,210 kg planta<sup>-1</sup> com a dose de 88,15 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



**Figura 5.** Matéria seca da planta de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

As cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife apresentaram, de modo geral, maior MSP nas duas safras por terem obtidos as maiores MSRC e MSC nas duas safras. Em contrapartida, a cultivar Venâncio expressou os menores valores para MSP principalmente por ter obtido as menores MSRC nas duas safras.

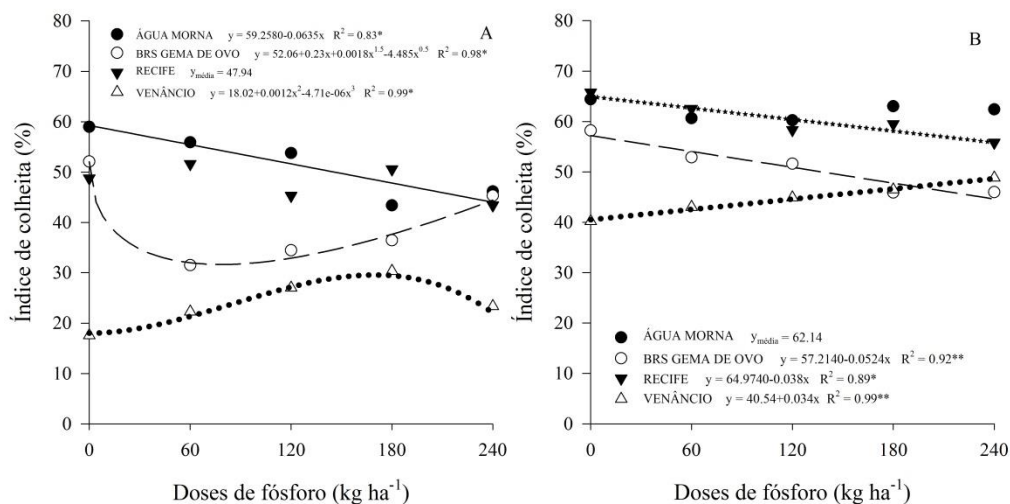
Analisando o ciclo fenológico da cultura da mandioca, há maior acúmulo de matéria seca na folha e no caule no período compreendido entre 90 e 180 dias após o plantio, fase de estabelecimento da copa, quando ocorrem as maiores taxas de crescimento desses órgãos e a copa apresenta seu tamanho máximo (ALVES, 2006). As folhas atuam como fonte de fotoassimilados, mas nessa fase de desenvolvimento também são drenos como o caule, ou seja, funcionam como compartimentos que acumulam fotoassimilados. Após esse período, por volta do mês de dezembro, com a diminuição da temperatura e da radiação solar, acompanhada do aumento da umidade relativa do ar e ocorrência de chuvas (Figura 1), a parte aérea das cultivares voltou a se desenvolver, reiniciando seu desenvolvimento vegetativo. Contudo, no ciclo fenológico da mandioca esse é o período de maior acúmulo de carboidratos nas raízes, ocorrendo intensa partição de fotoassimilados das folhas para esses órgãos e aumentando ainda mais a tuberização. Com o reinício do desenvolvimento vegetativo diante das mudanças meteorológicas, o caule e as raízes atuaram como órgãos de armazenamento de

fotoassimilados. Dessa forma, as cultivares BRS Gema de Ovo e Venâncio apresentaram MSC superior ou igual MSRC no primeiro ano de cultivo (Figura 1).

Na cultura da mandioca, a partição de matéria seca entre os órgãos das plantas se comporta de forma que as folhas apresentam o menor acúmulo e as raízes, o maior acúmulo de matéria seca (BERIGUETE; PORTUGUEZ; CARBALLO, 2015). É natural que isso aconteça, pois a prioridade da planta é acumular nutrientes nesses órgãos de reserva. Porém, Beriguete; Portuguez; Carballo (2015) observaram comportamento semelhante ao corrido nesse experimento para as cultivares BRS Gema de Ovo e Recife, para MSC e MSRC em virtude da ocorrência do ataque de ácaros e pelas mudanças meteorológicas alterando o comportamento fenológico da cultura na partição de fotoassimilados. Lorenzi; Malavolta; Gallo (1981) encontraram diferenças na produção de matéria seca entre duas cultivares de mandioca devido à partição diferenciada entre ambas, com uma cultivar apresentando maior matéria seca de caule do que matéria seca de raiz.

O índice de colheita foi influenciado pelas doses de P para as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Venâncio na primeira safra agrícola, apresentando valor máximo estimado de 59,26% ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ); 52,06% ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e 30,23% ( $173,09 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), respectivamente (Figura 6A). Para as duas primeiras cultivares, o valor máximo estimado foi obtido com o tratamento testemunha, pelo fato de apresentaram menor valor para matéria seca da planta (Água Morna) e maior valor para matéria seca da raiz (BRS Gema de Ovo), fazendo com que esse índice tenha obtido alto valor. O maior IC obtido pela cultivar Recife na safra 2018/19 foi de 51,63% obtido com a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , porém não foi encontrado modelo de ajuste para essa regressão.

Na segunda safra agrícola, para a cultivar Água Morna não houve modelo de ajuste de regressão, apresentando maior IC de 64,40% com o tratamento que não recebeu adubação fosfatada. A cultivar Venâncio apresentou comportamento linear crescente, com as doses de P atingindo o máximo IC de 48,83% com a maior dose de P (Figura 6B). As cultivares BRS Gema de Ovo e Recife tiveram resposta linear decrescente, apresentando máximo IC estimado em 57,21 e 64,97%, respectivamente, para as doses sem aplicação de P. A MSRC teve pouca variação com as doses de P para essas duas cultivares, ao passo que a MSP expressou maior amplitude de variação, desse modo, com o aumento da MSP, o IC diminuiu com as doses de P para essas duas cultivares.



**Figura 6.** Índice de colheita de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

O índice de colheita é um parâmetro que, por si só, não é suficiente para explicar o comportamento de determinada cultivar (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005). Como é obtido pela relação entre a matéria seca da raiz comercial e a matéria seca da planta, altos valores são obtidos com o aumento da matéria seca da raiz comercial ou com diminuição da matéria seca da parte aérea, indicando mudanças na partição de matéria seca entre a biomassa da parte aérea e a biomassa da raiz. O valor ideal de IC não precisa ser necessariamente alto para ser ideal. Valores apropriados ocorrem de acordo com a finalidade da exploração da cultura, podendo ser baixos e adequados se a finalidade de exploração for produção de parte aérea, por exemplo.

A cultivar Água Morna apresentou maiores médias para número de raiz comercial nas duas safras (Tabela 2). As cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Venâncio não apresentaram diferenças para NRC entre as duas safras avaliadas. A cultivar Recife teve maior NRC na safra 2018/19 comparada à segunda safra. E a cultivar Venâncio expressou o menor número de raízes entre as cultivares avaliadas nas duas safras.

Resultados semelhantes para o NRC também foram relatados por Tironi et al. (2015), que observaram diferença no número de raiz comercial de cinco cultivares de mandioca, além de observarem diferença entre as duas safras agrícolas avaliadas.

**Tabela 2.** Valores médios de número de raiz comercial por planta de cultivares de mandioca de mesa, em duas safras agrícolas, na cidade de Mossoró/RN, Semiárido brasileiro.

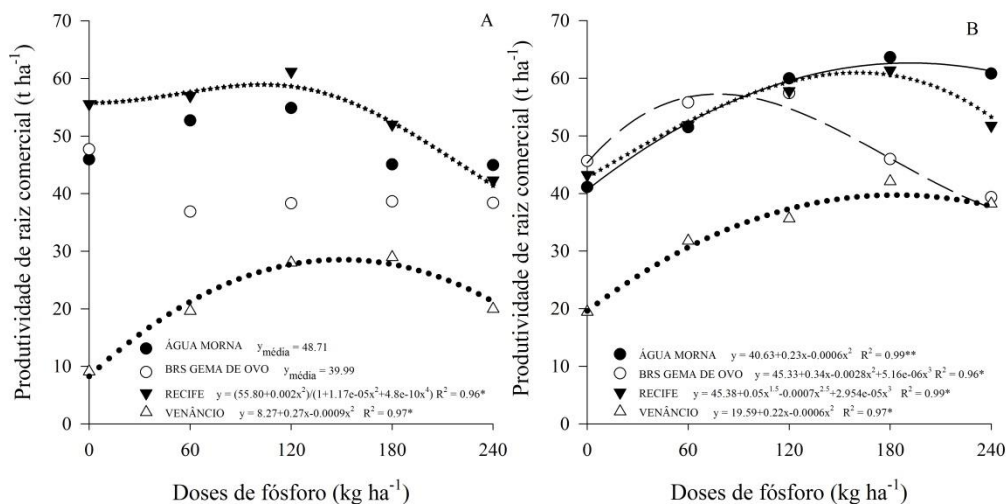
| Safra   | Cultivar             |                 |         |          |
|---------|----------------------|-----------------|---------|----------|
|         | Água Morna           | BRS Gema de Ovo | Recife  | Venâncio |
| 2018/19 | 5,68 Aa <sup>1</sup> | 4,23 Ba         | 4,40 Ba | 3,16 Ca  |
| 2019/20 | 5,56 Aa              | 4,54 Ba         | 3,85 Cb | 3,44 Ca  |

<sup>1</sup>Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna e por diferentes letras maiúsculas na linha diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Para o NRC, há tendência de que as variações ocorram por fatores genéticos inerentes a cada cultivar. Não haveria efeito da aplicação de doses crescentes de P, fato também observado por Enck et al. (2017), que não encontraram diferença no número de raízes entre as cultivares de mandioca adubadas com doses crescentes de P.

A produtividade de raiz comercial variou entre as cultivares Recife e Venâncio na primeira safra com as doses de P, obtendo valores máximos estimados em 59,36 (105,64 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 28,48 t ha<sup>-1</sup> (148,05 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), respectivamente (Figura 7A). Houve aumento percentual de 6,82 e 213,31% na PRC com a máxima dose estimada em relação à testemunha para as cultivares Recife e Venâncio, respectivamente. A cultivar BRS Gema de Ovo obteve o maior rendimento de 47,64 t ha<sup>-1</sup> sem aplicação de P. Não foi encontrado modelo de ajuste para a cultivar Água Morna, com maior produtividade de 54,87 t ha<sup>-1</sup> na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aumento de 20% em comparação à condição sem adubação fosfatada.





**Figura 7.** Produtividade de raiz comercial de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

Na segunda safra, houve efeito significativo das doses de P para todas as cultivares. As PC máximas estimadas e respectivas doses foram  $62,86 \text{ t ha}^{-1}$  ( $189,29 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ),  $57,72 \text{ t ha}^{-1}$  ( $79,42 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ),  $60,35 \text{ t ha}^{-1}$  ( $158,77 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e  $40,38 \text{ t ha}^{-1}$  ( $187,50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), respectivamente, para as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio (Figura 7B). Os incrementos em relação ao tratamento sem aplicação de P foram de 53; 26,44; 40 e 107,72%, respectivamente, na mesma ordem das cultivares.

De maneira geral, observou-se que as cultivares apresentaram produtividades elevadas, independentemente da dose de P, e mesmo sem aplicação de P, demonstrando que as cultivares são adaptadas às condições locais de clima (apesar de sofrerem influência no comportamento de alguns parâmetros) e tolerantes a solos com baixa disponibilidade de P. Com exceção da cultivar Venâncio, que apresentou as menores produtividades nas duas safras agrícolas, e apresentou resposta à aplicação de P no solo, obtendo baixa produtividade em solos sem aplicação de P, conseguindo aumento da produtividade com aplicação de doses crescente do elemento. As cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife foram as mais produtivas nas duas safras, com rendimento de raízes comerciais entre  $35$  e  $65 \text{ t ha}^{-1}$ .

Vale ressaltar que a cultivar Venâncio, dentre todas as avaliadas, possuía a maior ramificação da parte aérea, e como foi utilizada a mesma densidade populacional para todas as cultivares avaliadas, isso pode ter prejudicado o desempenho dessa cultivar, em

virtude da limitação do desenvolvimento da parte aérea, reduzindo sua área de captação e produção de fotoassimilados, reduzindo o que seria translocado para o compartimento dreno, no caso as raízes.

Rós et al. (2011) comentam que o espaçamento entre plantas para cultivares que apresentem maior ramificação da parte aérea precisa ser maior. O adensamento dessas cultivares pode resultar em diminuição do rendimento na medida em que não permite a manifestação do seu potencial de produção de fotoassimilados. Acrescente o fato desta cultivar possuir o menor número de raízes por planta e temos os motivos dessa baixa produtividade comparativamente às outras cultivares. Pellet & El-Sharkawy (1993b) identificaram correlação positiva entre rendimento e número de raízes para uma cultivar de mandioca que apresentou baixo rendimento graças ao reduzido número de raízes, tendo apresentado, por outro lado, elevada produção de parte aérea, o que pode ter limitado a capacidade da raiz como dreno de fotoassimilados. Essa competição por fotoassimilados pode também ter contribuído para o menor rendimento da cultivar Venâncio.

A cultivar Água Morna apresentou elevada produtividade mesmo sem aplicação de P. O maior NRC (Tabela 2), com alto acúmulo de matéria seca nas raízes no tratamento sem aplicação de P (Figura 2), se correlaciona com esse efeito apresentado. Da mesma forma, a cultivar BRS Gema de Ovo, que apresentou razoável NRC (Tabela 2), independentemente da dose de P utilizada, obteve alto MSRC (Figura 2) nos tratamentos sem aplicação de P. Pellet & El-sharkawy (1993b) observaram resposta semelhante no rendimento de raízes, entres duas cultivares, em duas safras, no tratamento sem aplicação de P.

As diferenças ocorridas nas respostas de cada cultivar à produtividade estão relacionadas à eficiência no uso do P entre elas. Cada cultivar possui seu limite máximo de produção e tem suas exigências nutricionais particulares. A concentração de P nos solos (Tabela 1) estudados estava abaixo do ponto mínimo crítico ( $10 \text{ mg dm}^{-3}$  de P) para a cultura (SILVA; GOMES, 2008). Os resultados obtidos em cada safra evidenciam o que outros estudos já constatarem. Cuvaca et al. (2017) observaram aumento no rendimento de raiz com adição de adubação fosfatada. Por sua vez, Enck et al. (2017) não observaram diferença na produtividade entre as cultivares de mandioca adubadas com doses crescentes de P. Para Pellet & El-sharkawy (1993a), o rendimento de cultivares de mandioca à adubação com P está condicionada ao equilíbrio entre a capacidade de produção de parte aérea e capacidade de armazenamento de

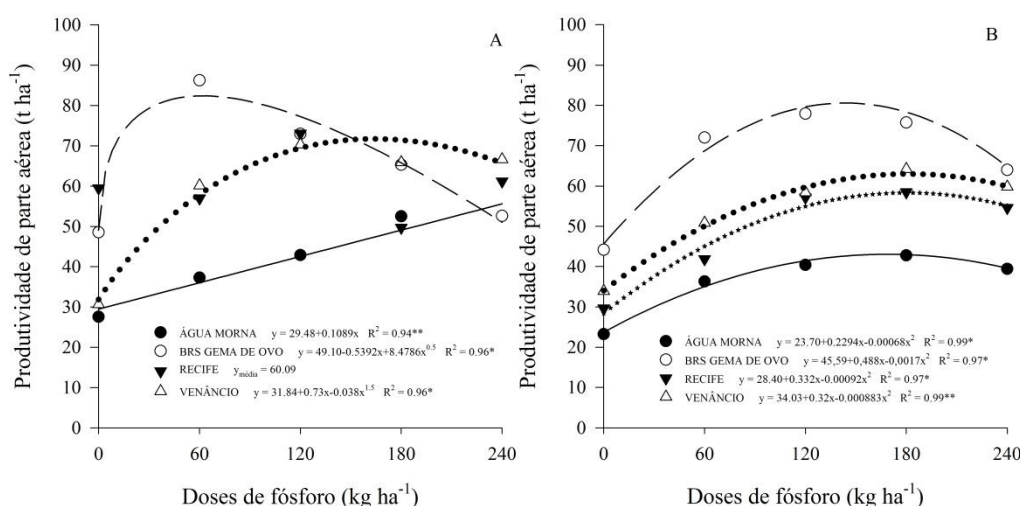
fotoassimilados na raiz. Pellet & El-sharkawy (1993b) avaliando as diferentes respostas de quatro variedades de mandioca a aplicação de P verificaram que uma cultivar apresentou baixo rendimento mesmo com as doses mais altas de P, indicando que essa cultivar possui sistema radicular reduzido e pouco eficiente na absorção do nutriente. Silva et al. (2014), Tironi et al. (2015), Omondia et al., (2019) e Kang et al. (2020) observaram variação no rendimento entre cultivares de mandioca e variação para as cultivares em diferentes safras em virtude das diferenças meteorológicas e nos atributos químicos do solo nos locais de estudo.

Sieverding; Howeler (1985), avaliando o rendimento de cultivares de mandioca em resposta às doses de 0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em três localidades na Colômbia, observaram respostas diferentes das cultivares entre os locais, obtendo rendimento máximo em Água Blanca, por exemplo, na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e nas outras duas cidades, Quilichao e Carimagua, máximo rendimento com 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mostrando que as cultivares respondem de maneira diferente no local onde são avaliadas. Pellet; El-sharkawy (1993b), avaliando a produtividade de quatro cultivares de mandioca em face da aplicação de três doses de P (0, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), em duas safras agrícolas, identificaram que uma cultivar, M Col 1684, obteve maior rendimento na primeira safra com o tratamento sem aplicação de P, mantida a adubação padrão de N e K, obtendo maior rendimento na segunda safra com o tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Isso mostra que mudanças nas características do solo modificam as exigências de uma mesma cultivar, como observado para os teores de P no solo nas duas safras. Osundare (2014) comenta que P exerce papel fundamental na formação do sistema radicular das plantas, entretanto para a mandioca pode ou não estar ligado aos processos de tuberização e aumento do volume das raízes.

As variações ocorridas para PC entre as cultivares nas duas safras avaliadas podem estar relacionadas à diversificação de espécies de fungos micorrízicos entre as localidades trabalhadas. Essa diferenciação ocorre graças à distinção no uso da terra (ZOBEL; ÖPIK, 2014; BEGOUDE et al., 2016) e pela variação na fertilidade do solo (LEFF et al., 2015). Sarra et al. (2019) observaram variação na composição de espécies de fungo micorrízico entre duas áreas de cultivo de mandioca pela variação no teor de P disponível (9,33 e 3,88 mg dm<sup>-3</sup> de P), com maior diversidade na área com menor disponibilidade de P. Diferença semelhante as doses de P disponível no solo foi observada nas áreas experimentais (Tabela 1), com maior concentração no solo da

primeira safra avaliada. Begoude et al. (2016) ainda comentam que a variedade de mandioca influencia na colonização micorrízica.

A produtividade da parte aérea foi significativa entre as duas safras, para todas as cultivares estudadas (Figura 8). Na primeira safra, a cultivar Água Morna obteve máxima PPA estimada de 55,62 t ha<sup>-1</sup> com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A cultivar BRS Gema de Ovo obteve máxima PPA estimada de 82,43 t ha<sup>-1</sup> com 61,80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Por sua vez, a cultivar Venâncio apresentou máxima PPA estimada 70,98 t ha<sup>-1</sup> com a dose 160,62 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ao passo que a maior PPA obtida pela cultivar Recife na safra 2018/19 foi de 73,06 t ha<sup>-1</sup> com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Os aumentos percentuais verificados entre as máximas PPA estimadas em relação ao tratamento onde não houve aplicação de P foram de 102, 70, 23 e 132% para as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio, respectivamente. Na segunda safra, todas as cultivares apresentaram resposta quadrática para PPA, obtendo-se, assim, as máximas PPA estimadas de 42,87 t ha<sup>-1</sup> (167,10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 80,00 t ha<sup>-1</sup> (140,89kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 58,32 t ha<sup>-1</sup> (180,40kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 63,12 t ha<sup>-1</sup> (181,52 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio, respectivamente. Observou-se incremento de 85, 81, 97 e 86% para a máxima PPA obtida em relação à testemunha para as cultivares Água morna, BRS Gema de ovo, Recife e Venâncio, respectivamente.



**Figura 8.** Produtividade de parte aérea de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo em duas safras agrícolas, 2018/19 (Figura 12A) e 2019/20 (Figura 12B) na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

As cultivares avaliadas responderam à aplicação de doses de P para a PPA, discordando de resultados encontrados em outros estudos. Silva et al. (2013) e Burgos; Cenóz (2012) não observaram influência do P na produção de parte aérea de cultivares de mandioca.

As elevadas produtividades de raízes e de parte aérea observadas nesse trabalho indicam a dupla aptidão das cultivares avaliadas: produção de raiz para alimentação humana e de parte aérea para alimentação animal, o que representa uma opção estratégica muito importante para a região Semiárida brasileira na manutenção da produção vegetal e pecuária em virtude da limitada opção de culturas com essa característica.

Importa observar que a cultivar Água Morna apresentou as menores PPA nas duas safras, o que confirma o já comentado anteriormente pelo fato desta cultivar apresentar a maior altura da 1ª ramificação, e teoricamente a menor ramificação e copa. Cultivares que se desenvolvem em uma única haste e que possuem pouca ramificação produzem reduzida parte aérea (RÓS et al., 2011). Além disso, a cultivar Água Morna apresentou os menores valores para MSC (Figura 3) e MSF (Figura 4), o que concorda com a menor PPA, ao passo que a cultivar BRS Gema de Ovo apresentou os maiores valores para MSC (Figura 3) e MSF (Figura 4), o que também concorda com os maiores valores encontrado para PPA nas duas safras.

Observou-se relação entre a produtividade de parte aérea na segunda safra (Figura 8B) e produtividade de raiz comercial na segunda safra (Figura 7B) na resposta das cultivares à aplicação do P, concordando com Pellet; El-sharkawy (1993b), que também observaram correlação positiva entre biomassa total e produção de raiz.

Foi observado efeito significativo entre as duas safras avaliadas. Silva et al. (2014) e Tironi et al. (2015) também observaram variação na produção de parte aérea de cultivares de mandioca entre safras, atribuindo tal comportamento às mudanças nos parâmetros meteorológicos entre as épocas de cultivo.

A mudança nos parâmetros climáticos nos meses que antecederam a colheita da mandioca modificou o comportamento das plantas que reiniciaram seu desenvolvimento vegetativo nas duas safras avaliadas. Observou-se, para as cultivares estudadas, maiores rendimentos de PPA e menores rendimentos para PC no primeiro ano de cultivo, reflexo das maiores precipitações ocorridas no quatro meses que antecederam a colheita, promovendo maior desenvolvimento vegetativo em relação à segunda safra, devido à maior competição entre o caule e as raízes como órgão de reserva de fotoassimilados.

Nesta pesquisa, observaram-se variações para os parâmetros avaliados entre as safras estudadas, as doses de P utilizadas e entre as cultivares trabalhadas. É de se esperar que exista uma variação natural, fruto da natureza genética, entre as cultivares para as características estudadas, podendo-se ampliar ou regredir diante da interferência de fatores abióticos. Para as safras avaliadas, as doses de P provocaram essa variação em algumas situações e as diferentes condições meteorológicas também foram responsáveis por esse aspecto.

#### 4. CONCLUSÕES

As doses de P influenciaram o desempenho agronômico das cultivares de mandioca de mesa no Semiárido do Rio Grande do Norte.

As cultivares utilizadas obtiveram rendimento de raízes e de parte aérea elevados, indicando que seu cultivo é apropriado nas condições do Semiárido do Rio Grande do Norte.

As cultivares Água Morna e Recife apresentaram as maiores produtividades de raiz comercial com doses de P entre 105,64 e 189,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A cultivar Venâncio demandou maior aporte de adubação fosfatada para obter aumento na produtividade de raiz comercial.

## REFERÊNCIAS

AKANZA, K. P.; YAO-KOUAME, A. Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. **Journal of Applied Biosciences**, v. 46, p. 3163– 3172, 2011.

ALVARES et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

ALVES FILHO, P. P. C.; GALVAO, J. R.; NEVES, L. B.; COSTA, I. R. Resposta da cultivar de mandioca roxinha à adubação NPK. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 11, p. 1-7, 2015. Disponível em: <[doi.org/10.17766/1808-981X.2015v11n1p1-7](https://doi.org/10.17766/1808-981X.2015v11n1p1-7)>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ALVES, A. A. C. FISILOGIA DA MANDIOCA. In: SOUZA, L. S. et al. (org.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. 1ªed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, E. R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta* L.) variedade Paulozinho em Moju – Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 8, p. 65-70, 2012.

BEGOUDE, D. A. B.; SARR, P. S.; MPON, T. L. Y.; OWANA, D. A.; KAPEUA, M. N.; ARAKI, S. Composition of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars as influenced by chemical fertilization and tillage in Cameroon. **Journal of Applied Biosciences**, v. 98, p. 9270–9283, 2016.

BERIGUETE, P. F.; PORTUGUEZ, S. T.; CARBALLO, W. A. Evaluación de la fertilización inorgánica en el cultivo de yuca en la región norte de Costa Rica. **Tecnología en Marcha**, v. 28, n. 2, p. 84-101, abr.-jun. 2015.

BIRATU, G. K.; ELIAS, E.; NTAWURUHUNGA, P.; SILESHI, G. W. Cassava response to the integrated use of manure and NPK fertilizer in Zambia. **Heliyon**, 2018.

BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, nov., 2002.

BURGOS, Â. M.; CENÓZ, P. J. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 143-151, 2012.

CARDOSO JÚNIOR, N. S.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F. M. Efeito do nitrogênio em características agronômicas da mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 651-659, 2005.

CARVALHO, F. M.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; REBOUÇAS, T. N. H.; CARDOSO, C. E. L.; GOMES, I. R. Manejo de solo em cultivo com mandioca em treze



municípios da Região Sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 378-384, mar./abr., 2007.

CUVACA, I. B.; EASH, N. S.; LAMBERT, D. M.; WALKER, F. R.; RUSTRICK, W. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on cassava tuber yield in the coastal district of Dondo, Mozambique. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 42, p. 3112-3119, out. 2017.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 56, p. 481–501, 2004.

ENCK, B. F.; SILVA, C. A. S.; RIGOTTI, D.; KEFFER, G. F.; SOUZA, F. R. Cultivares de mandioca submetidas à adubação fosfatada na Amazônia sul ocidental, **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 365–371, 2017.

FAOSTAT, 2018. Food and Agriculture Organization of the United States. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online], v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R.J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (org.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CABI, 2002. p. 115-147.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

ISITOR, S. U.; ADEYONU, A. G.; ANIEGBOKA, U. N. An Analysis of Technical Efficiency of Smallholder Cassava Farmers in Anambra State, Nigeria. **Applied Tropical Agriculture**, v. 22, n. 2, p. 10-15, 2017.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991.

KANG, L.; LIANG, Q.; JIANG, Q.; YAO, Y.; DONG, M.; HE, B.; GU, M. Screening of diverse cassava genotypes based on nitrogen uptake efficiency and yield. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 4, p. 965–974, 2020.

LEFF, J. W.; JONES, S. E.; PROBER, S. M.; BARBERAN, A.; BORER, E. T.; FIRN, J. L. et al. Consistent responses of soil microbial communities to elevated nutrient inputs in grasslands across the globe. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, p. 10967–10972, 2015.

LORENZI, J. O.; MALAVOLTA, E.; GALLO, J. R. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. **Título da revista**, Campinas, v. 40, p. 145-156, 1981.

LIMA, A. G.; CARVALHO, L. R.; MOTA, M. C.; LIMA JÚNIOR, A. F.; MOREIRA, J. M.; SILVA, A. P.; BARBUIO, R.; ROSA, J. Q. S. Produtividade de mandioca avaliada sobre adubação fosfatada e adubação de cobertura. **PUBVET**, v. 12, n. 8, a151, p. 1-4, ago. 2018.

OMONDIA, J. O.; LAZAROVITCHA, N.; RACHMILEVITCHA, S.; YERMIYAHU, U. Phosphorus affects storage root yield of cassava through root numbers. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 17, p. 2070–2079, 2019.

OSUNDARE, B. Implications of N, P, K, and NPK combined on cassava (*Manihot esculenta* crantz) root yield and soil nutrient status. **International Journal of Information Research and Review**, v. 1, n. 12, p. 206-210, dez. 2014.

PELLET, D.; EL-SHARKAWY, M. A. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. II. Phosphorus uptake and use efficiency. **Field Crops Research**, v. 35, p. 13-20, 1993a.

PELLET, D.; EL-SHARKAWY, M. A. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. I. Yield biomass and gas exchange. **Field Crops Research**, v. 35, p. 1-11, 1993b.

RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 1036–1042, out.–dez., 2016.

RÓS, A. B.; HIRATA, A. C. S.; DE ARAÚJO, H. U.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 552-558, 2011.

SARRA, P. S.; SUGIYAMAA, A.; BEGOUDEB, A. D. B.; YAZAKIA, K.; ARAKIC, S.; NAWATAD, E. Diversity and distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) croplands in Cameroon as revealed by Illumina MiSeq. **Rhizosphere**, v. 10, 2019.

SIEVERDING, E.; HOWELER, R. H. Influence of species of VA mycorrhizal fungi on cassava yield response to phosphorus fertilization. **Plant and Soil**, v. 88, n. 2, p. 213–221, 1985.

SILVA, A. D. A.; GOMES, R. V. A. Macaxeira. In: CAVALCANTI, F. J. A. et al. (org.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3ª ed. Revisada**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, 2008. p. 164.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, A. P. G.; SANTANA, L. M.; OLIVEIRA, A. P. D. Comportamento de variedades de mandioca submetidas a fertilização em

comunidades dependentes de chuva no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 221-235, 2013.

SILVA, F. C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, K. N.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S. Potencial agronômico e teor de carotenoides em raízes de reserva de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1348-1354, ago. 2014.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

TIRONI, L. F.; UHLMANN, L. O.; STRECK, N. A.; SAMBORANHA, F. K.; FREITAS, C. P. O. SILVA, M. R. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 1, p. 58-66, 2015.

ZOBEL, M.; ÖPIK, M. Plant and arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities which drives which? **J. Veg. Sci.**, v. 25, p. 1133–1140, 2014.

## CAPÍTULO 2

### VIABILIDADE ECONÔMICA DO CULTIVO IRRIGADO DE CULTIVARES DE MANDIOCA DE MESA SOB FERTILIZAÇÃO FOSFATADA

#### RESUMO

A fertilização fosfatada em cultivares de mandioca representa um fator de incremento nos custos de produção que se tornará viável economicamente, a depender da quantidade utilizada e da produtividade correspondida. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi analisar a viabilidade econômica do cultivo irrigado de cultivares de mandioca de mesa em resposta à aplicação de doses de fósforo (P) no Semiárido brasileiro. Duas safras agrícolas foram conduzidas na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, RN, nos períodos de junho/2018 a abril/2019 e de junho/2019 a abril/2020. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) foram aplicadas nas parcelas e as cultivares de mandioca de mesa (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio) dispostas nas subparcelas. Foram estimados os custos totais para um hectare de cultivo e calculados a renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e o índice de lucratividade. A utilização de adubo fosfatado no Semiárido brasileiro foi economicamente viável para as cultivares de mandioca estudadas nas duas safras agrícolas. As cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife são as melhores opções de cultivo para o Semiárido potiguar, mesmo em locais com solos de baixa fertilidade natural, pois obtiveram altas produtividades com as maiores lucratividades. As maiores rendas líquida na safra 2018/19 para as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife foram de R\$ 35.586,94 ha<sup>-1</sup>, R\$ 30.756,34 ha<sup>-1</sup> e R\$ 40.331,07 ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na safra 2019/20, obteve-se as maiores rendas líquida de R\$ 59.193,76 ha<sup>-1</sup>, R\$ 53.820,28 ha<sup>-1</sup> e R\$ 57.603,46 ha<sup>-1</sup> para as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Manihot esculenta*; Genótipos; Fósforo; Custos de produção; Lucratividade.

## ECONOMIC VIABILITY OF IRRIGATED CULTIVATION OF TABLE CASSAVA CULTIVARS UNDER PHOSPHATE FERTILIZATION

### ABSTRACT

Phosphate fertilization in cassava cultivars represents a factor of increase in production costs that will become economically viable, depending on the quantity used and the corresponding productivity. In this sense, the objective of the work was to analyze the economic viability of the irrigated cultivation of table cassava cultivars in response to the application of phosphorus (P) doses in the Brazilian Semiarid. Two agricultural crops were carried out at the Experimental Farm Rafael Fernandes, Mossoró, RN, from June/2018 to April/2019 and from June/2019 to April/2020. The experimental design was in randomized blocks, arranged in subdivided plots, with four replications. Doses of P (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were applied in the plots and the table cassava cultivars (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife and Venâncio) arranged in the subplots. Total costs for one hectare of cultivation were estimated and gross income, net income, rate of return and profitability index were calculated. The use of phosphate fertilizer in the Brazilian Semiarid region was economically viable for the cassava cultivars studied in the two agricultural crops. The cultivars Água Morna, BRS Gema de Ovo and Recife are the best cultivation options for the Semiarid region of Rio Grande do Norte, even in places with low natural fertility soils, as they obtained high yields with the highest profitability. The highest net incomes in the crop 2018/19 for the cultivars Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife were R\$ 35,586.94 ha<sup>-1</sup>, R\$ 30,756.34 ha<sup>-1</sup> and R\$ 40,331.07 ha<sup>-1</sup>, respectively. In the crop 2019/20, the highest net incomes were R\$ 59,193.76 ha<sup>-1</sup>, R\$ 53,820.28 ha<sup>-1</sup> and R\$ 57,603.46 ha<sup>-1</sup> for the cultivars Água Morna, BRS Gema de Ovo and Recife, respectively.

**KEYWORDS:** *Manihot esculenta*; Genotypes; Phosphor; Production costs; Profitability.

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura que garante a segurança alimentar porque produz em regiões com condições adversas, clima seco e solos com baixa fertilidade, além de promover retorno financeiro ao agricultor. Não é uma cultura de subsistência e nem cultivada apenas por pequenos produtores, como a percepção histórica sempre relata (FERMONT et al., 2010). Agricultores de todas as classes sociais plantam, consomem e comercializam mandioca, a qual, no entanto, é produzida em grande parte por pequenos agricultores que dispõem de baixo recurso técnico, como poucos insumos, ausência de serviço mecanizados, assistência técnica (OTSUBO; BITENCOURT; PEZARICO, 2002; ITAM; AJAH; UDOEYOP, 2018), obtendo produções insatisfatórias e nem sempre com o retorno financeiro esperado.

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de mandioca e a raiz está entre as cinco *commodities* agrícolas com maior volume de produção no país, 18.501.645 toneladas, atrás apenas da cana-de-açúcar, soja, milho e do leite de vaca (FAOSTAT, 2017). Os indicadores produtivos vêm apresentando queda nos últimos anos, sobretudo na região Nordeste do país (IBGE-PAM, 2018), reflexo do período de estiagem pelo qual passou a região nos últimos sete anos. Tal fato contribuiu para tornar a cultura pouco vantajosa economicamente para essa região.

Algumas análises têm sido feitas em função dos custos e da lucratividade do cultivo da mandioca nos diferentes sistemas de produção (SILVA; CHABARIBERY, 2006; EBUKIBA, 2010; ITAM; AJAH; AGBACHOM, 2014; OLORUNSANYA, 2014; NZEH; UGWU, 2014; ALVARADO; CRUZ, 2016; OMOTAYO; OLADEJO, 2016; BUHARI, 2017; SILVA et al., 2017).

A produção de mandioca é vulnerável à ação de fatores que dificultam a obtenção de sucesso no investimento, minando o lucro e, em alguns casos, onerando os custos de produção a ponto de torná-la inviável. A disponibilidade e o elevado custo dos fertilizantes, bem como a indisponibilidade de genótipos melhorados, representam as causas de insucesso obtido na atividade entre grande parte dos produtores (ITAM; AJAH; AGBACHOM, 2014; OMOTAYO; OLADEJO, 2016; BUHARI, 2017; ITAM; AJAH; UDOEYOP, 2018). A combinação entre a aplicação de fertilizantes e cultivares de alto rendimento pode ampliar os indicadores produtivos e econômicos no cultivo da mandioca, tornando-a cada vez mais atrativa para os agricultores.

Levantamentos têm sido feitos em importantes áreas de produção de mandioca para caracterizar o manejo utilizado pelos produtores e mostram grande distinção em relação ao uso de fertilizantes, os quais não são utilizados pela maioria dos agricultores (OTSUBO; BITENCOURT; PEZARICO, 2002; CARVALHO et al., 2007; CARVALHO et al., 2009; FERMONT et al., 2010; NZEH; UGWU, 2014; OMOTAYO; OLADEJO, 2016). Quando o adubo é empregado, usam-se resíduos de animais produzidos na propriedade ou por vizinhos, sem contabilização para os custos de produção. Por sua vez, quando aplicada, a dose do adubo mineral não se baseia em análise de solo e nas necessidades da cultura, reduzindo o potencial de resposta produtiva da mandioca.

Dentre os macronutrientes exigidos pela mandioca, o fósforo (P) é um dos absorvidos em menor quantidade (GOMES & SILVA, 2006). Todavia, em face da baixa disponibilidade em solos tropicais, é um nutriente que causa maior resposta quando fornecido à cultura (FIDALSKI, 1999; BURGOS; CENÓZ, 2012; SILVA et al., 2013; LIMA et al., 2018). Essa baixa concentração, somada à baixa mobilidade no solo, justifica a aplicação de fertilizantes químicos para garantir o aproveitamento do nutriente pelas plantas, melhorando seu rendimento (SHEN et al., 2011), sendo necessário o aumento dessas doses para evitar que as altas taxas de sorção do elemento no solo reduzam ainda mais a disponibilidade para as plantas (CUVACA et al., 2017).

A aplicação de fertilizantes aumenta significativamente a produção de mandioca (ISITOR; ADEYONU; ANIEGBOKA, 2017) e viabiliza sua utilização (ALVES; MODESTO JÚNIOR; FERREIRA, 2012; ALVES FILHO et al., 2015), mas as informações sobre o retorno econômico com utilização desses insumos são muito escassas. Há trabalhos sobre custos de produção de mandioca, principalmente baseados em levantamentos socioeconômicos de produtores, porém não apresentam a lucratividade da comercialização das raízes, em virtude dos investimentos em insumos.

Além da adubação, outra alternativa que pode incrementar a produtividade da mandioca é a substituição de cultivares locais por genótipos melhorados. Itam; Ajah; Udoeyop (2018) estudaram a viabilidade econômica do cultivo de mandioca comparando o uso de cultivares melhoradas e locais, observando que os genótipos melhorados proporcionaram mais lucro, apesar de terem maior custo de produção. Por outro lado, o emprego de cultivares locais também foi rentável, mas houve aumento dos custos de produção com aquisição de fertilizantes, uma vez que foram consideradas menos eficientes no uso dos nutrientes. No mesmo sentido, Ojiako et al. (2017)

identificaram que a utilização de cultivares melhoradas foi o fator que mais contribuiu para o aumento na produtividade da mandioca cultivada por pequenos agricultores da Nigéria.

Diante dessa concepção, o objetivo desse estudo foi analisar a viabilidade econômica de cultivares de mandioca de mesa em resposta à aplicação de doses de P no Semiárido brasileiro.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

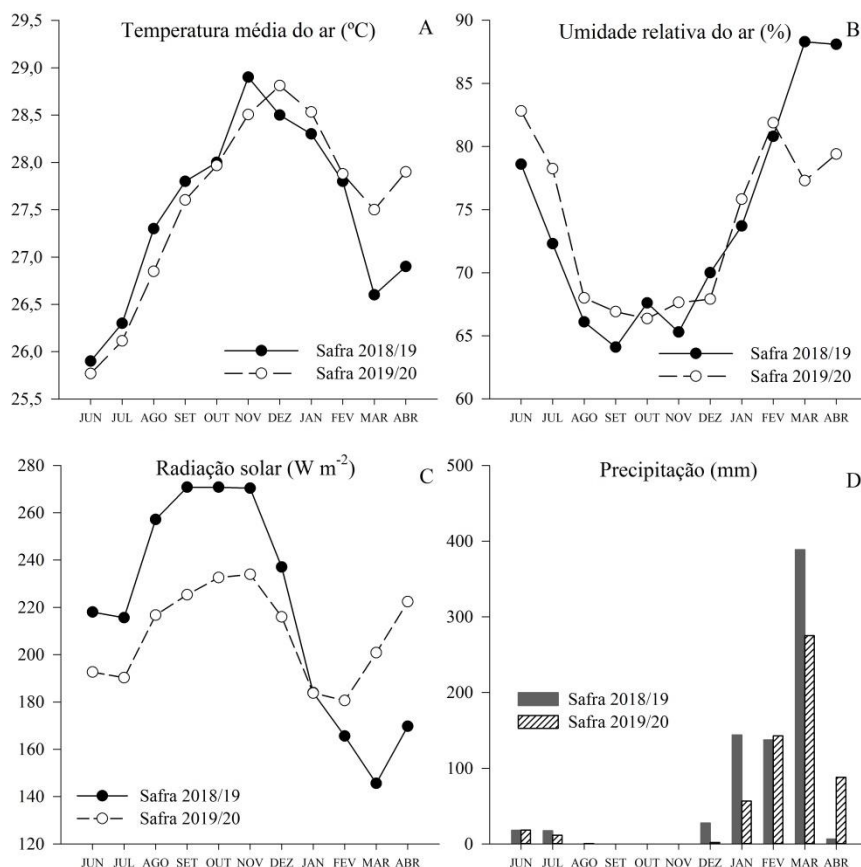
Os experimentos foram conduzidos em duas safras agrícolas: junho de 2018 a abril de 2019 e junho de 2019 a abril de 2020, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5°03'31,00"S, 37°23'47,57"W e 80 m de altitude), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró, Rio Grande do Norte. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSh (ALVARES et al., 2013), seco e muito quente, com uma estação chuvosa ocorrendo entre os meses de fevereiro e maio e uma estação seca que inicia em junho e se estende até janeiro.

O solo das áreas experimentais foi classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (RÊGO et al., 2016). Os dados das análises química (SILVA, 2009) e física (DONAGEMMA et al., 2011) de caracterização do solo das áreas experimentais estão apresentados na Tabela 1, e os dados das variáveis meteorológicas durante as safras agrícolas estão apresentadas na Figura 1.

**Tabela 1.** Caracterização química e física do solo, nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, das áreas experimentais referentes às duas safras agrícolas (2018/19 e 2019/20).

| Profundidade       | pH   | P*                             | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup>            | Mg <sup>2+</sup> | Areia                          | Silte | Argila |
|--------------------|------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------|
| m                  |      | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |                |                 | --cmolc dm <sup>-3</sup> -- |                  | -----kg kg <sup>-1</sup> ----- |       |        |
| 1ª Safra (2018/19) |      |                                |                |                 |                             |                  |                                |       |        |
| 0-0,20             | 5,90 | 8,3                            | 38,9           | 1,2             | 0,80                        | 0,50             | 0,91                           | 0,02  | 0,07   |
| 0,20-0,40          | 5,50 | 2,0                            | 50,8           | 1,2             | 0,70                        | 0,20             | 0,88                           | 0,03  | 0,09   |
| 2ª Safra (2019/20) |      |                                |                |                 |                             |                  |                                |       |        |
| 0-0,20             | 5,90 | 3,7                            | 41,1           | 9,3             | 0,60                        | 0,20             | 0,91                           | 0,02  | 0,07   |
| 0,20-0,40          | 4,90 | 0,9                            | 24,3           | 8,3             | 0,50                        | 0,10             | ---                            | ---   | ---    |

\*Extrator: Mehlich-1



**Figura 1.** Valores médios de temperatura média do ar (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar (C), e precipitação pluviométrica acumulada (D) nas duas safras de mandioca de mesa (2018/19 e 2019/20).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjados em parcelas subdividas, com quatro repetições. Na parcela principal, foram aplicadas as doses de P (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e nas subparcelas foram aplicadas as cultivares de mandioca (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio).

As cultivares trabalhadas possuíam variação nas características da raiz, com coloração da polpa creme (Água Morna), amarela (BRS Gema de Ovo) e branca (Recife e Venâncio). Havia coloração do córtex da raiz rosado (Água Morna e Venâncio) e branco ou creme (BRS Gema de Ovo e Recife). Todas as cultivares possuíam cor externa da raiz com coloração marrom escuro.

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas a 1,0 m entre si, totalizando área de 24,0 m<sup>2</sup> (6,0 m x 4,0 m). As duas linhas centrais, descartando-se uma planta em cada extremidade, foram consideradas área útil da unidade experimental (9,6 m<sup>2</sup>).

O preparo do solo foi realizado com gradagem pesada para incorporação do material vegetal remanescente na área, além de uma gradagem niveladora para homogeneizar a superfície do solo antes da instalação dos experimentos.

A adubação seguiu recomendação de Silva; Gomes (2008) com base nas análises de solo, com exceção do P, cuja recomendação foi definida de acordo com os tratamentos. Em cada safra, aplicou-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K). Utilizou-se ureia (45% N), superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) como fontes de N, P e K, respectivamente. Toda a adubação fosfatada foi aplicada em plantio. As aplicações das fontes de N e K foram realizadas em cobertura, via tanque de derivação (“pulmão”) associado ao sistema de irrigação. N foi parcelado em duas aplicações, metade aplicada 30 dias após a emergência (DAE) das plantas, juntamente com toda a recomendação de K, e a outra metade foi aplicada 60 DAE.

O material propagativo foi obtido de área de multiplicação instalada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, plantado dez meses antes da instalação dos experimentos, com condições de cultivo semelhantes às empregadas na pesquisa. O plantio foi feito de forma manual, com uma maniva de 0,10-0,15 m de comprimento e 5-7 gemas por cova, a uma profundidade de 0,10 m. O espaçamento empregado foi de 1,00 m entre fileiras de plantas por 0,60 m entre plantas na mesma linha, com densidade de 16.666,7 plantas ha<sup>-1</sup>.

A cultura foi irrigada por sistema de gotejamento, com emissores espaçados em 0,30 m e vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, aplicando-se lâmina média diária de 4,8 mm, com suspensão da irrigação aos oito meses após o plantio. Utilizou-se coeficiente de cultura (Kc) para cada fase fenológica da mandioca.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual em três épocas antes do estabelecimento da copa, quando não foi mais necessário o controle das plantas invasoras. Foi necessário o controle de ácaro utilizando-se produto comercial com ingrediente ativo espiromesifeno.

A colheita da mandioca foi realizada aos 292 e 309 dias após o plantio das manivas, nas safras agrícolas 2018/19 e 2019/20, respectivamente. A produtividade de raízes comerciais foi obtida pela pesagem de raízes na área útil, com comprimento superior a 0,10 m e diâmetro superior a 0,02 m, sendo extrapolados os dados para t ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produtividade de raízes comerciais de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo, em duas safras agrícolas, no Semiárido brasileiro.

| Produtividade de raiz comercial (t ha <sup>-1</sup> ) |                 |                   |                   |
|---|-----------------|-------------------|-------------------|
| Doses de P  | Cultivares      | 1ª Safra Agrícola | 2ª Safra Agrícola |
| 0 kg ha <sup>-1</sup>                                 | Água Morna      | 45,95             | 41,11             |
|   | BRS Gema de Ovo | 47,70             | 45,65             |
|   | Recife          | 55,57             | 43,22             |
|   | Venâncio        | 9,09              | 19,44             |
| 60 kg ha <sup>-1</sup>                                | Água Morna      | 52,70             | 51,49             |
|   | BRS Gema de Ovo | 36,88             | 55,81             |
|   | Recife          | 56,97             | 51,91             |
|   | Venâncio        | 19,61             | 31,75             |
| 120 kg ha <sup>-1</sup>                               | Água Morna      | 54,87             | 59,99             |
|   | BRS Gema de Ovo | 38,32             | 57,43             |
|   | Recife          | 61,19             | 57,80             |
|   | Venâncio        | 27,99             | 35,64             |
| 180 kg ha <sup>-1</sup>                               | Água Morna      | 45,07             | 63,66             |
|   | BRS Gema de Ovo | 38,64             | 45,97             |
|   | Recife          | 52,01             | 61,38             |
|   | Venâncio        | 28,94             | 42,10             |
| 240 kg ha <sup>-1</sup>                               | Água Morna      | 44,95             | 60,82             |
|   | BRS Gema de Ovo | 38,40             | 39,36             |
|   | Recife          | 42,32             | 51,78             |
|   | Venâncio        | 19,94             | 38,22             |

Analisaram-se indicadores econômicos para avaliar a eficiência entre as combinações de doses de P e cultivares de mandioca. Adaptou-se a metodologia proposta pela CONAB (2010) para estimar os custos totais (CT) de produção de um hectare de mandioca ao final de cada ciclo produtivo, representado pelo somatório entre custos variáveis (mão de obra, fertilizantes, agrotóxicos e outros), despesas administrativas, assistência técnica, imposto territorial rural, custos fixos (depreciação de máquinas e manutenção periódica de benfeitorias) e remuneração prevista em cima do capital fixo e do arrendamento. Para os juros do financiamento, foram utilizados os valores estabelecidos nos Planos Safra, correspondendo a 2,5 e 3,0% ano<sup>-1</sup> para as safras 2018/19 e 2019/20, respectivamente (BNB, 2020).

A renda bruta (RB, R\$ ha<sup>-1</sup>) foi calculada em cada safra agrícola, correspondendo ao valor obtido pelo preço pago no quilograma de raiz comercial de mandioca nas áreas de produção locais à época da colheita: R\$ 0,80 e R\$ 1,10, em abril de 2019 e 2020, respectivamente, multiplicado pela produção em toneladas de raiz comercial por hectare. A renda líquida (RL, R\$ ha<sup>-1</sup>) foi obtida pela subtração da RB pelo CT nas duas safras. A taxa de retorno (TR) foi calculada pela razão entre a RB e o

CT, expressando o capital obtido em cada Real aplicado no cultivo da mandioca. O índice de lucratividade (IL, %) foi obtido pela divisão da RL pela RB multiplicado por 100.

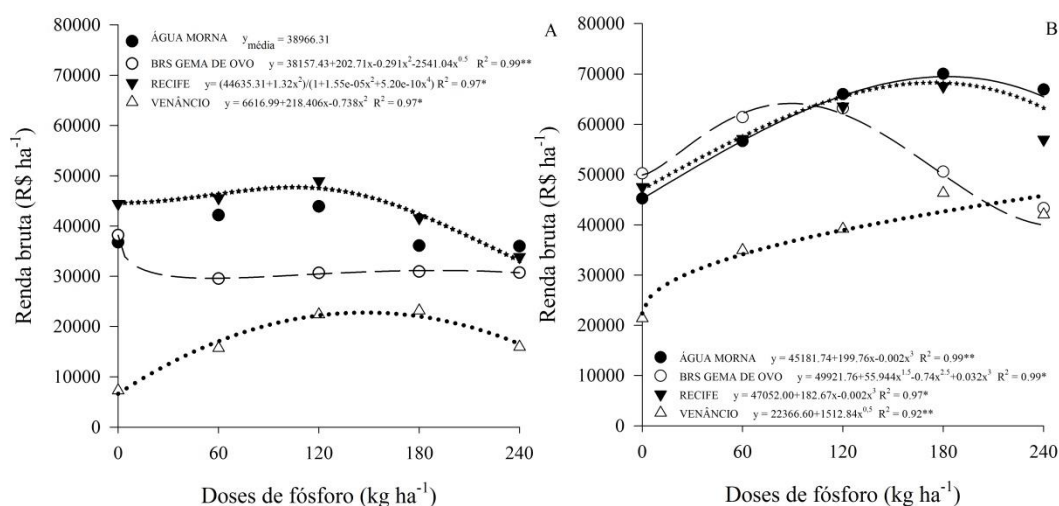
Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância para cada safra agrícola pelo teste F ( $P < 0,05$ ), utilizando-se o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Observando-se homogeneidade de variâncias entre as safras agrícolas, os dados foram analisados conjuntamente, considerado as safras como um novo fator. Para as doses de P, foi feita regressão, utilizando-se o programa Table Curve 2D v5.01 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991), sendo as equações escolhidas em função do coeficiente de determinação e sua significância. Os gráficos foram elaborados no programa SigmaPlot, versão 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011). As médias referentes às cultivares de mandioca foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis, foi possível realizar análise conjunta de variância, verificando-se interação tripla ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos (doses de P, cultivares e safras).

#### Renda bruta

Na primeira safra agrícola (Figura 2A), as maiores rendas brutas estimadas obtidas com as cultivares avaliadas foram: Recife (R\$ 47.958,22 ha<sup>-1</sup>), BRS Gema de Ovo (R\$ 38.157,40 ha<sup>-1</sup>) e Venâncio (R\$ 22.783,33 ha<sup>-1</sup>), com as doses de 107,41, 0,00 e 148,04 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Para a cultivar Água Morna, não foi encontrado modelo de ajuste de regressão para as doses de P, sendo obtido o valor máximo de renda bruta de R\$ 43.984,22 ha<sup>-1</sup> com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Já na segunda safra (Figura 2B), os maiores valores de renda bruta encontrados foram R\$ 70.129,15 ha<sup>-1</sup> (Água Morna), R\$ 64.207,48 ha<sup>-1</sup> (BRS Gema de Ovo), R\$ 66.387,02 ha<sup>-1</sup> (Recife) e R\$ 45.803,39 ha<sup>-1</sup> (Venâncio), com as doses de 187,33, 89,47, 158,77 e 240,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Os valores obtidos na 2ª safra foram superiores em função das maiores produtividades obtidas e por conta do maior valor de mercado encontrado à época de comercialização (Figura 2), uma diferença de R\$ 0,30 a mais pelo quilograma da raiz.



**Figura 2.** Renda bruta da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.

Na primeira safra, Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife foram as cultivares que tiveram a maiores rendas brutas nas doses de 0, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 2A). Nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apenas as cultivares Água Morna e Recife tiveram a maior renda bruta. Na safra 2019/20, nas doses de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife se destacaram com as maiores rendas brutas (Figura 2B). Nas doses máximas de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as cultivares Água Morna e Recife apresentaram maiores valores para essa variável. A cultivar Venâncio apresentou as menores rendas brutas em todas as doses de P nas duas safras avaliadas. As maiores produtividades obtidas com as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife com as doses de P refletem esse desempenho para renda bruta, ao passo que a cultivar Venâncio apresentou rendimento inferior às demais cultivares.

### Custos de produção

Nos dois anos de cultivo, a variação entre os custos de produção para doses máxima e mínima de P oscilou entre R\$ 1.830,00 ha<sup>-1</sup>, uma variação entre doses de pouco menos de R\$ 460,00 ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). A variação entre as duas safras agrícolas, em cada dose de adubação fosfatada, oscilou por volta de R\$ 1.135,00 ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Coeficientes de custos variáveis, fixos e de oportunidade na produção de um hectare irrigado de mandioca de mesa cultivada com diferentes doses de P, em duas safras agrícolas (2018/19 e 2019/20).

| Discriminação   | Unid.  | 1ª Safra |        | 2ª Safra |          |
|---|--------|----------|--------|----------|----------|
|   |        | Qtde.    | R\$    | Qtde.    | R\$      |
| <b>I - Despesas de custeio da lavoura</b>             |        |          |        |          |          |
| 1 - Aluguel de máquinas                               |        |          |        |          |          |
| Trator com grade aradora, trator com grade niveladora | h      | 2,50     | 300,00 | 2,50     | 300,00   |
| 2 - Mão de obra                                       |        |          |        |          |          |
| Montagem do sistema de irrigação                      | diária | 6,00     | 240,00 | 6,00     | 300,00   |
| Abertura das covas                                    | diária | 2,00     | 80,00  | 2,00     | 100,00   |
| Seleção e preparo das manivas                         | diária | 2,00     | 80,00  | 2,00     | 100,00   |
| Adubação de fundação e plantio                        | diária | 5,00     | 200,00 | 5,00     | 250,00   |
| Irrigação e fertirrigação                             | h      | 195,00   | 975,00 | 195,00   | 1.218,75 |
| Capina manual (enxada)                                | diária | 24,00    | 960,00 | 24,00    | 1.200,00 |
| Pulverização (inseticida)                             | diária | 4,00     | 160,00 | 4,00     | 200,00   |
| Colheita manual                                       | diária | 18,00    | 720,00 | 18,00    | 900,00   |

## 3 - Manivas

|        |                |      |       |      |       |
|--------|----------------|------|-------|------|-------|
| Hastes | m <sup>3</sup> | 6,00 | 30,00 | 6,00 | 30,00 |
|--------|----------------|------|-------|------|-------|

## 4 - Fertilizantes

|   |    |       |        |       |        |
|---|----|-------|--------|-------|--------|
| Ureia (45% N) - 30 kg ha <sup>-1</sup> de N | kg | 67,00 | 120,60 | 67,00 | 120,60 |
|---|----|-------|--------|-------|--------|

|   |    |       |       |       |       |
|---|----|-------|-------|-------|-------|
| Cloreto de Potássio (60% K <sub>2</sub> O) - 40 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O | kg | 33,00 | 59,40 | 33,00 | 59,40 |
|---|----|-------|-------|-------|-------|

|   |    |          |          |          |          |
|---|----|----------|----------|----------|----------|
| Superfosfato simples (18% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) - 240 kg <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | kg | 1.333,33 | 1.706,66 | 1.333,33 | 1.706,66 |
|---|----|----------|----------|----------|----------|

## 5 - Defensivo agrícola

|                         |   |      |        |      |        |
|-------------------------|---|------|--------|------|--------|
| Inseticida (Oberon 1 L) | L | 1,44 | 273,60 | 1,44 | 273,60 |
|-------------------------|---|------|--------|------|--------|

## 6 - Outros

|                                 |     |        |        |        |        |
|---------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| Energia elétrica para irrigação | kWh | 429,00 | 163,02 | 429,00 | 197,34 |
|---------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|

|                 |       |      |       |      |       |
|-----------------|-------|------|-------|------|-------|
| Análise de solo | Unid. | 1,00 | 30,00 | 1,00 | 30,00 |
|-----------------|-------|------|-------|------|-------|

|                                    |       |      |       |      |       |
|------------------------------------|-------|------|-------|------|-------|
| Equipamento de proteção individual | Unid. | 1,00 | 80,00 | 1,00 | 80,00 |
|------------------------------------|-------|------|-------|------|-------|

|              |  |  |          |  |          |
|--------------|--|--|----------|--|----------|
| Subtotal (A) |  |  | 6.178,28 |  | 7.066,35 |
|--------------|--|--|----------|--|----------|

## II - Outras despesas

|   |  |  |        |  |        |
|---|--|--|--------|--|--------|
| 7 - Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura) |  |  | 185,35 |  | 211,99 |
|---|--|--|--------|--|--------|

|  |  |  |        |  |        |
|--|--|--|--------|--|--------|
| 8 - Assistência técnica (2% do custeio da lavoura) |  |  | 123,57 |  | 141,33 |
|--|--|--|--------|--|--------|

|  |  |  |      |  |      |
|--|--|--|------|--|------|
| 9 - Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano <sup>-1</sup> ) |  |  | 8,00 |  | 8,47 |
|--|--|--|------|--|------|

|              |  |  |        |  |        |
|--------------|--|--|--------|--|--------|
| Subtotal (B) |  |  | 316,91 |  | 361,78 |
|--------------|--|--|--------|--|--------|

## III - Despesas financeiras

|   |  |  |        |  |        |
|---|--|--|--------|--|--------|
| 10 - Juros do financiamento (2,5 – 3,0% ano <sup>-1</sup> ) |  |  | 123,57 |  | 179,47 |
|---|--|--|--------|--|--------|

|              |  |  |        |  |        |
|--------------|--|--|--------|--|--------|
| Subtotal (C) |  |  | 123,57 |  | 179,47 |
|--------------|--|--|--------|--|--------|

|                          |  |  |          |  |          |
|--------------------------|--|--|----------|--|----------|
| Custo variável (A+B+C=D) |  |  | 6.618,76 |  | 7.607,60 |
|--------------------------|--|--|----------|--|----------|

## IV - Depreciações

|   |  |  |          |  |          |
|---|--|--|----------|--|----------|
| 11 - Depreciação de benfeitorias/instalações* |  |  | 1.155,61 |  | 1.222,89 |
|---|--|--|----------|--|----------|

|              |  |  |          |  |          |
|--------------|--|--|----------|--|----------|
| Subtotal (E) |  |  | 1.155,61 |  | 1.222,89 |
|--------------|--|--|----------|--|----------|

## V - Outros custos fixos

|   |  |  |       |  |       |
|---|--|--|-------|--|-------|
| 12 - Manutenção periódica de benfeitorias/instalações (1% ano <sup>-1</sup> ) |  |  | 35,14 |  | 37,18 |
|---|--|--|-------|--|-------|

|              |  |  |       |  |       |
|--------------|--|--|-------|--|-------|
| Subtotal (F) |  |  | 35,14 |  | 37,18 |
|--------------|--|--|-------|--|-------|

|                    |  |  |          |  |          |
|--------------------|--|--|----------|--|----------|
| Custo fixo (E+F=G) |  |  | 1.190,75 |  | 1.260,07 |
|--------------------|--|--|----------|--|----------|

|                           |  |  |          |  |          |
|---------------------------|--|--|----------|--|----------|
| Custo operacional (D+G=H) |  |  | 7.809,51 |  | 8.867,67 |
|---------------------------|--|--|----------|--|----------|

## VI - Renda de fatores

|  |  |  |        |  |        |
|--|--|--|--------|--|--------|
| 13 - Remuneração esperada sobre o capital fixo (6% ano <sup>-1</sup> ) |  |  | 210,83 |  | 223,10 |
|--|--|--|--------|--|--------|

|  |  |  |          |  |          |
|--|--|--|----------|--|----------|
| 14 - Arrendamento (R\$ 1.500,00 ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |  |  | 1.200,00 |  | 1.269,86 |
|--|--|--|----------|--|----------|

|              |  |  |          |  |          |
|--------------|--|--|----------|--|----------|
| Subtotal (I) |  |  | 1.410,83 |  | 1.492,96 |
|--------------|--|--|----------|--|----------|

## Custo total (H+I=J)

|  |  |  |          |  |           |
|--|--|--|----------|--|-----------|
| 240 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |  |  | 9.220,34 |  | 10.360,64 |
|--|--|--|----------|--|-----------|

|  |  |  |          |  |          |
|--|--|--|----------|--|----------|
| 180 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |  |  | 8.763,81 |  | 9.901,81 |
|--|--|--|----------|--|----------|

|  |  |  |          |  |          |
|--|--|--|----------|--|----------|
| 120 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |  |  | 8.307,28 |  | 9.442,97 |
|--|--|--|----------|--|----------|



|   |          |          |
|---|----------|----------|
| 60 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 7.850,74 | 8.984,13 |
| 0 kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 7.394,21 | 8.525,30 |

\*10.000 m de mangueira de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,30 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil de dois anos; valor do bem novo R\$ 0,28 m<sup>-1</sup>); tubos e conexões em PVC (vida útil de 16 anos; valor do bem novo R\$ 492,21); bomba 3 cv (vida útil 16 anos; valor do bem novo R\$ 1.100,00).

No segundo ano de cultivo, observou-se aumento nos custos de produção ocasionado pelo aumento no valor da tarifa de energia elétrica e, sobretudo, pelo incremento no valor da diária paga pela mão de obra (Tabela 3). A quantidade dos serviços não foi alterada, mas apenas os valores.

Na safra 2018/19, os valores médios das doses para os custos variáveis, fixos e de renda dos fatores foram R\$ 5.705,70 ha<sup>-1</sup>, R\$ 1.190,75 ha<sup>-1</sup> e R\$ 1.410,83 ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3). Dentre os custos variáveis, os gastos com mão de obra e insumos representaram 64,10% do custo total de produção. Da mesma forma, no 2º ano de cultivo, em que o custo variável, fixo e a renda de fatores foi de R\$ 6.689,93 ha<sup>-1</sup>, R\$ 1.260,07 ha<sup>-1</sup> e R\$ 1.492,96 ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Da mesma forma, os custos variáveis representaram a maior parcela dos custos de produção e, no caso dessa safra, em torno de 65,80% do custo total. Enimu; Edet; Ofem (2016) verificaram que o custo variável e o custo fixo representaram 89,0% e 11,0% do custo total, respectivamente, no cultivo da mandioca no sul da Nigéria.

Observou-se também variação na participação do adubo fosfatado nos custos de produção. Para a safra 2018/19, a adubação com P representou 0%; 5,43%; 10,27%; 14,61% e 18,51%, respectivamente, para as doses de 0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para a safra 2019/20, os custos com adubo não variaram por ter sido adquirido o fertilizante com o mesmo valor do ano anterior, mas a percentagem em relação aos custos totais de produção diminuiu, graças ao aumento dos custos com mão de obra e energia. Assim, a contribuição da adubação fosfatada para os custos de produção foi da ordem de 0%; 4,75%; 9,04%; 12,93% e 16,47%, respectivamente, para as doses de 0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

As despesas totais com fertilizantes na safra 2018/19 representaram 2,43% (0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 7,73% (60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 12,44% (120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 16,66% (180 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 20,46% (240 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dos custos totais. Na safra 2019/20, esses valores corresponderam a 2,11% (0 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 6,75% (60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 10,94% (120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 14,74% (180 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 18,21% (240 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) de todas as despesas gastas. Enimu; Edet; Ofem (2016) constataram despesa de 15% com aquisição de

fertilizantes nos custos totais de produção de mandioca no sul da Nigéria. Souza et al. (2014) avaliaram a viabilidade econômica de pesquisas com produção de mandioca na agricultura familiar em condições de sequeiro, observando que as despesas com insumos são significativas nos custos de produção.

Foi observado baixo impacto da mecanização nos custos, em média 3,63% e 3,19% nas safras 2018/19 e 2019/20, respectivamente. A utilização de serviço mecanizado só foi necessária para o preparo do solo. Esse fato é bem característico da região e para esse sistema de cultivo, em que o maquinário agrícola é utilizado basicamente no preparo do solo. Com isso, a exploração da mandioca demanda muita mão de obra para os tratamentos culturais, sobretudo para o manejo da irrigação, capina e colheita, resultando em grande parcela das despesas de custeio. Nas duas safras, as despesas com mão de obra foram, em média, 41,36 e 45,42%, respectivamente, para a safra 2018/19 e 2019/20. Com essa diferença motivada pelo valor da diária paga em cada safra, R\$ 40,00 na safra 2018/19 e R\$ 50,00 em 2019/20.

A mão de obra representa uma despesa importante nos custos de produção de mandioca (ITAM; AJAH; AGBACHOM, 2014; SOUZA et al., 2014; ITAM; AJAH; UDOEYOP, 2018), podendo ser contratada, familiar ou ambas (OMOTAYO; OLADEJO, 2016). Obviamente, os custos aumentam com a contratação de pessoas e barateiam com a predominância dos integrantes da família.

Dentre agricultores do Quênia e Uganda, 36% dos produtores utilizavam mão de obra contratada (FERMONT et al., 2010), sendo 36% para capina, 10% para plantio e 6% para colheita. Nzeh; Ugwu (2014) observaram que a maioria dos agricultores depende de mão de obra contratada, o que resulta em aumento no custo de produção. Para Silva; Chabaribery (2006), o custo da colheita manual da mandioca não deveria ser colocado na planilha de custo, pois o trabalho de colheita é, como já enraizado na cultura dos agricultores, do comprador da raiz.

Da mesma forma, o custo com maniva não deveria ser incluído nos custos totais (SILVA; CHABARIBERY, 2006), uma vez que o produtor utiliza o próprio material de plantio para implantação de uma nova área. No Estado do Rio Grande do Norte, os custos com material de plantio na mandiocultura são praticamente insignificantes. O próprio produtor possui seu material de plantio. Mesmo comercializado, seu valor é muito baixo (Tabela 3), diferentemente de outras culturas que possuem elevados preços pagos pela semente ou muda. Carvalho et al. (2009) apuraram na Região Sudoeste da Bahia que mais de 70% dos produtores de mandioca utilizam manivas próprias, em

torno de 23% obtém através de vizinhos e apenas 5,6% adquirem de outro local. Na região não foi encontrado nenhum produtor/comercializador de manivas. Da mesma forma, Kawa; Mccarty; Clement (2013), na Amazônia brasileira, e Fermont et al. (2010), no Leste da África, constataram que os produtores de mandioca, quando não possuíam material próprio, obtinham o material de plantio na comunidade local por meio de doação ou de permuta com os vizinhos.

As despesas com depreciação são incluídas nos custos de produção e são necessárias porque refletem a perda de valor do material físico (fita gotejadora, tubulação em PVC, conjunto moto-bomba e demais conexões) utilizado na irrigação em função de seu tempo de vida útil e do ciclo da cultura, o qual é o período de funcionamento do sistema. Embora o valor do capital inicial investido seja maior, esse custo reflete o valor gasto para o equipamento durante o ciclo da cultura. Para as duas safras, o valor foi fixo entre as doses porque independe de insumo ou mão de obra, mas variou entre os anos por conta da duração do ciclo da cultura, logo pagou-se R\$ 1.155,61 ha<sup>-1</sup>, 13,91% do custo médio total, e R\$ 1.222,89 ha<sup>-1</sup>, 12,95% do custo médio total, respectivamente, para as safras 2018/19 e 2019/20, respectivamente (Tabela 3).

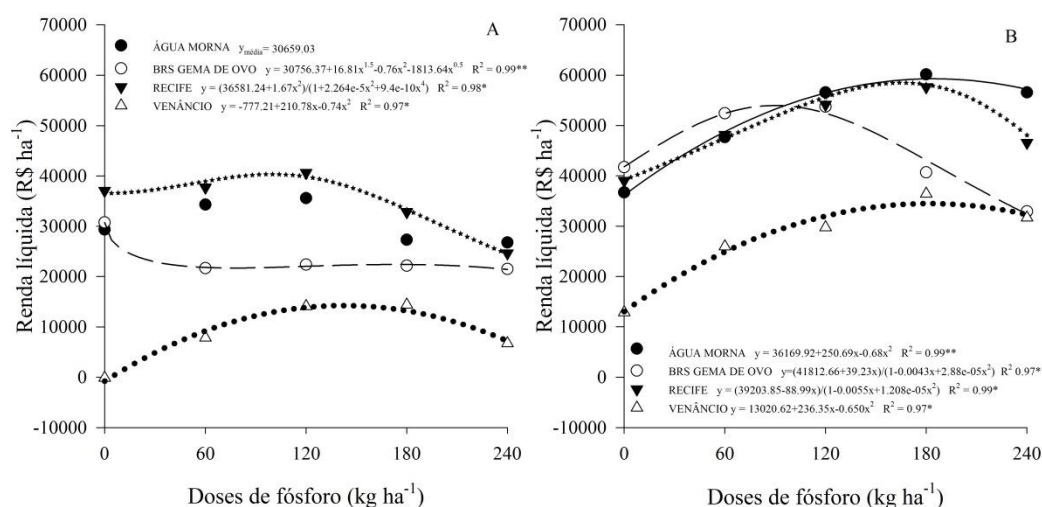
Os custos de oportunidade referentes à remuneração esperada pelo capital fixo e ao arrendamento da terra também são relevantes e não variaram em função das doses, mas em relação às safras, por conta do ciclo da cultura (Tabela 3), sendo pagos R\$ 1.410,83 ha<sup>-1</sup> na safra 2018/19, 16,98% do custo médio total, e R\$ 1.492,96 ha<sup>-1</sup> na safra 2019/20, 15,81% do custo médio total.

### **Renda líquida**

Os valores dos custos de produção na safra 2019/20 obtiveram aumento em pouco mais de R\$ 1.135,00 ha<sup>-1</sup> (Tabela 3) em cada dose, na comparação com os valores da safra 2018/19. Assim, os valores de renda líquida apresentaram tendência de diminuição mesmo com o valor pago pelo quilograma do produto sendo superior nesta safra.

De maneira geral, a renda líquida foi positiva em ambas as safras (Figura 3), exceto para cultivar Venâncio na ausência de adubação fosfatada na safra 2018/19 (Figura 3A). A aplicação de fertilizante fosfatado para o aumento da produtividade de mandioca é viável, porém seu custo é elevado, podendo tornar-se um impedimento para o pequeno agricultor sem capital inicial de investimento. A formação de cooperativas ou

associações pode ser um caminho mais fácil para obtenção de crédito/financiamento agrícola e aquisição desses insumos.



**Figura 3.** Renda líquida da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.

Na safra 2018/19, da mesma forma como aconteceu com a renda bruta, não houve ajuste nos modelos de regressão para a cultivar Água Morna, com esta cultivar alcançando máxima renda líquida de R\$35.586,94 ha<sup>-1</sup> na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3A). As cultivares BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio tiveram máxima renda líquida estimada de R\$ 30.756,34 ha<sup>-1</sup>, R\$ 40.331,07 ha<sup>-1</sup> e R\$ 14.282,33 ha<sup>-1</sup>, com as doses de 0, 99,80 e 142,90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Na safra 2019/20 (Figura 3B), as maiores rendas líquidas obtidas foram: R\$ 59.193,76 ha<sup>-1</sup> (Água Morna); R\$ 53.820,28 ha<sup>-1</sup> (BRS Gema de Ovo); R\$ 57.603,46 ha<sup>-1</sup> (Recife) e R\$ 34.484,16 ha<sup>-1</sup> (Venâncio), com as doses de 183,70, 89,12, 162,54 e 181,63 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

As cultivares Recife e Água Morna apresentaram maiores lucros na primeira safra em todas as doses de P (Figura 3A), com a cultivar BRS Gema de Ovo igualando-as nas doses de 0, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na segunda safra (Figura 3B), para as doses de 0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife tiveram os maiores lucros. Nas doses máximas de P, as cultivares Água Morna e Recife tiveram a maior lucratividade. A cultivar Venâncio foi menos lucrativa em todas as doses de P nas duas safras avaliadas. Os custos de produção e o valor pago pelo

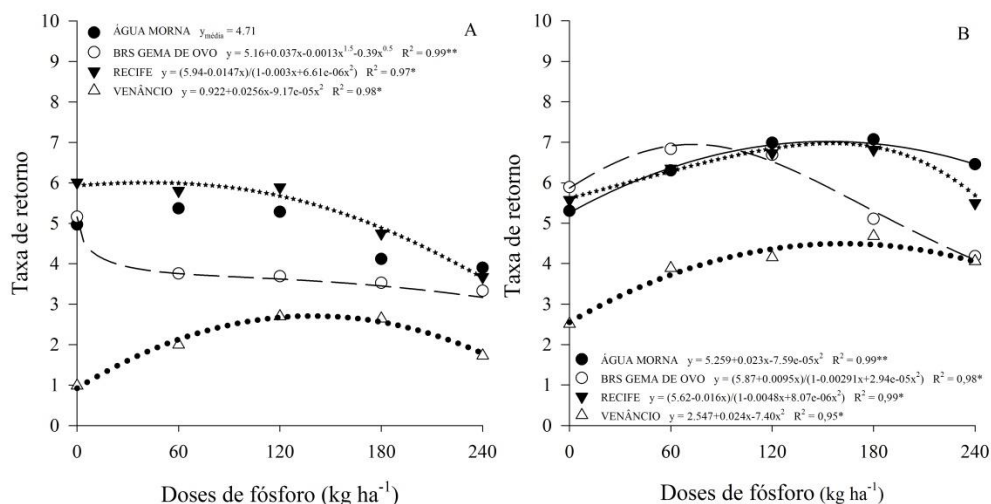
produto foram os mesmos para as quatro cultivares em cada safra, de maneira que o rendimento em cada dose de P foi responsável por essa diferenciação nos lucros apresentados.

Silva et al. (2017) avaliaram os custos e a lucratividade da exploração de mandioca em dois agroecossistemas familiares no Rio Grande do Norte, sendo um convencional com utilização de fertilizante sintético, mão de obra contratada, agrotóxicos e pouca mecanização, e um sistema alternativo, mais rudimentar, onde o próprio adubo orgânico era produzido na propriedade, sem aplicação de qualquer produto sintético e mão de obra exclusivamente familiar. O sistema alternativo obteve maior lucratividade, reflexo do baixo custo operacional, que não incluiu despesas com insumos externos e operações mecanizadas.

O emprego de fertilizantes no manejo da mandioca, seja fertilizante sintético ou orgânico, torna o cultivo viável economicamente (SOUZA et al., 2014). Elevar a produção por unidade de área por meio da utilização de recursos, como fertilizantes minerais, e reduzir os custos com mão de obra são formas de minimizar despesas por unidade de produção e conseguir maior lucro na atividade.

### **Taxa de retorno**

Os maiores valores estimados para taxa de retorno observados na safra 2018/19 foram obtidos para a cultivar Recife (6,00 – 40,80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), BRS Gema de Ovo (5,16 - 0,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e Venâncio (2,70 – 139,45 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Figura 4A). Para a cultivar Água Morna, não foi encontrado modelo de ajuste de regressão, com maior taxa de retorno de 5,37 na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na safra 2019/20 (Figura 4B), a cultivar Água Morna apresentou o maior valor estimado, 7,06, com a dose de 153,90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, seguida pela BRS Gema de Ovo (6,95) com a dose de 72,79 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Recife (6,91) com a dose de 151,89 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Venâncio (4,53) com a dose de 163,80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De forma geral, os maiores valores foram obtidos no 2º ciclo, resultantes de maiores produtividades (Tabela 2) e maior valor pago pelo produto.

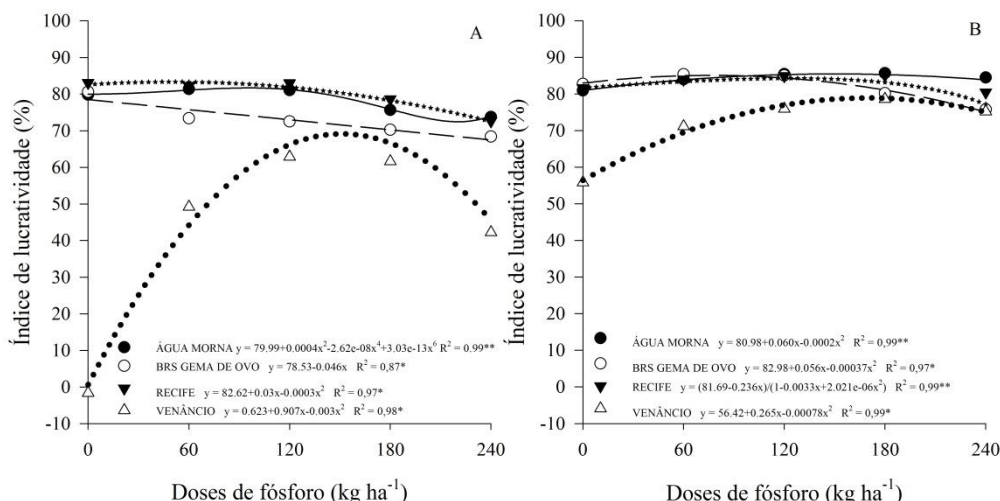


**Figura 4.** Taxa de retorno da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.

As maiores taxas de retorno foram observadas para as cultivares Água Morna e Recife em todas as doses de P, na safra 2018/19 (Figura 4A). A cultivar BRS Gema de Ovo obteve maior taxa de retorno na ausência e com a dose máxima de adubação fosfatada. Na safra 2019/20 (Figura 4B), seguindo o mesmo comportamento para renda líquida e renda bruta, as cultivares Água Morna, BRS Gema de Ovo e Recife se destacaram com as maiores taxas de retorno nas doses de 0, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com as cultivares Água Morna e Recife se sobressaindo nas doses máximas de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nas duas safras, a cultivar Venâncio obteve os menores valores para taxa de retorno.

### Índice de lucratividade

Nas duas safras agrícolas, os valores foram atraentes em todas as doses para todas as cultivares avaliadas, estando no patamar de 80%, com exceção da cultivar Venâncio, que obteve os mais baixos valores para essa variável, sobretudo na safra 2018/19, em que as produtividades foram mais baixas (Figura 5).



**Figura 5.** Índice de lucratividade da interação entre doses de fósforo, cultivares de mandioca de mesa e duas safras agrícolas, 2018/19 (A) e 2019/20 (B), na cidade de Mossoró-RN, no Semiárido brasileiro.

Na safra 2018/19, os maiores valores do índice de lucratividade foram de 83,49%; 81,67%; 78,53% e 67,31%, para as cultivares Recife, Água Morna, BRS Gema de Ovo e Venâncio, com as doses de 53,19, 94,67, 0 e 147,04 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente (Figura 5A). Na segunda safra (Figura 5B), as cultivares Água Morna, Recife, BRS Gema de Ovo e Venâncio apresentaram os maiores índices estimados de lucratividade de 85,77%, 85,37%, 85,16% e 78,88% com as doses de 158,17, 146,15, 77,01 e 169,13kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Os valores do índice de lucratividade foram superiores na safra 2019/20 em relação a primeira safra, devido às maiores rendas bruta e líquida observadas para essa safra.

Para o índice de lucratividade, destacaram-se as cultivares Água Morna e Recife com os maiores valores obtidos em todas as doses, nas duas safras (Figura 5). A cultivar BRS Gema de Ovo igualou-se a essas cultivares nas doses de 0 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na safra 2018/19, e nas doses de 0 a 180, na safra 2019/20. Enquanto a cultivar Venâncio apresentou os menores índices para todas as doses, nas duas safras.

A taxa de retorno e o índice de lucratividade são calculadas a partir dos custos de produção, renda bruta e renda líquida, com isso dão uma noção real da viabilidade do plantio da cultura com a dose de maior eficiência agroecônômica. Essas variáveis possibilitam que o agricultor visualize de forma concreta o retorno econômico do possível investimento.

Estudando o efeito da adubação mineral na mandioca, Alves; Modesto Júnior; Ferreira (2012) aplicaram doses crescentes (0, 200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) de uma formulação comercial de NPK (10:28:20) e fizeram uma análise financeira para verificar a viabilidade do cultivo. Os pesquisadores observam maior produção de raiz (47,51 t ha<sup>-1</sup>) para a dose máxima do adubo (600 kg ha<sup>-1</sup>). Porém, embora a dose com 200 kg ha<sup>-1</sup> da formulação tenha apresentado produtividade 27% inferior a maior dose, esta foi a dose recomendada do ponto de vista econômico, por ser necessário o mínimo de investimento para uma margem bruta altamente positiva, em que para cada R\$ 1,00 investido, obteve-se um retorno de R\$ 1,59. Alves Filho et al. (2015) fizeram uma análise econômica em um experimento com doses crescentes de formulação comercial NPK e produtividade de raiz de mandioca. Os autores obtiveram maior produtividade (41 t ha<sup>-1</sup>) com a maior dose da formulação comercial de NPK 10-30-20 (400 kg ha<sup>-1</sup>), que gerou o maior lucro com a maior taxa de retorno. Porém, os autores destacaram que, com metade da recomendação máxima (200 kg ha<sup>-1</sup> de 10-30-20) economiza-se 50% do investimento em adubo e tem-se uma razoável taxa de retorno que compensaria o investimento realizado.

A exploração da mandioca no Semiárido potiguar, predominantemente feita por pequenos agricultores, pode ser um obstáculo à adoção de tecnologias. O baixo nível escolar da maioria dos produtores de mandioca é empecilho à adoção de tecnologias no cultivo da raiz (OLORUNSANYA, 2014). Pequenas áreas de produção têm pouco investimento em insumos, operações manuais na condução dos plantios, desconhecimento de cultivares de alto rendimento, dificuldades de comercialização, dificuldades de acesso a crédito/financiamento, culminando com produções insatisfatórias (BUHARI, 2017).

O melhor caminho para pequenos produtores tornarem seus cultivos mais tecnificados é se associarem em cooperativas e associações, adquirindo maior facilidade de crédito na compra de insumos, mecanização, comercialização e assistência técnica (ENIMU; EDET; OFEM, 2016; OGUNLEYE et al. 2017). Além disso, o valor pago pelo quilograma de mandioca nas áreas de produção é muito baixo, ocasionando muitas vezes prejuízo aos produtores ou uma margem de lucro pouco favorável. É preciso que os produtores adotem outras formas de comercialização da raiz para agregar valor ao produto.

As cultivares avaliadas na pesquisa são potencialmente atrativas para o comércio local pelas características das raízes. Coloração de casca externa marrom escura e polpa



branca, que é uma preferência regional. As cultivares de coloração de polpa da raiz amarela não são muito explorados, mas são bem aceitas no mercado. Importante ressaltar que existe a possibilidade de utilização da parte aérea das cultivares como opção de forragem para alimentação animal, seja do próprio produtor ou comercializado para terceiros, tornando-se mais uma fonte de renda, sobretudo por considerar que em região Semiárida existe a limitação de recursos como este, com dupla aptidão.

A seleção de genótipos que apresentem melhor desempenho, mesmo em condições de baixa disponibilidade de P no solo ou que respondam a aplicação de P sem reduzir o lucro com o investimento, figura como alternativa para a praticabilidade da atividade. A utilização da mão de obra familiar nas etapas de produção e colheita também pode diluir esse custo compensado pela maximização da renda líquida.

#### 4. CONCLUSÕES

A utilização de adubo fosfatado no Semiárido brasileiro foi economicamente viável para as cultivares de mandioca avaliadas.

As cultivares Água Morna e Recife proporcionaram os maiores lucros com doses de P entre 99,80 e 183,79 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## REFERÊNCIAS

- ALVARADO, A. O.; CRUZ, A. A. Viabilidad económica de producción de yuca industrial versus ganado en Sucre, Colombia. **Revista iPecege**, v. 2, n. 2, p. 7-23, 2016.
- ALVARES et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, E. R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta*, L) variedade Paulozinho em Moju – Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 8, p. 65-70, 2012.
- ALVES FILHO, P. P. C.; GALVÃO, J. R.; NEVES, L. B.; COSTA, I. R. Resposta da cultivar de mandioca roxinha à adubação NPK. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 11, p. 1-7, 2015.
- BNB. 2020. Disponível em: <<https://bnb.gov.br/>>. Acesso em: 06 jul. 2020.
- BUHARI, A. K. Profitability of cassava (*Manihot esculenta*) production in Kebbi State. **Ambit Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 1, p. 85-93, mai. 2017.
- BURGOS, Â. M.; CENÓZ, P. J. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 143-151, 2012.
- CARVALHO, F. M.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; REBOUÇAS, T. N. H.; CARDOSO, C. E. L.; GOMES, I. R. Manejo de solo em cultivo com mandioca em treze municípios da Região Sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 378-384, mar./abr. 2007.
- CARVALHO, F. M.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, C. E. L.; MATSUMOTO, S. N.; GOMES, I. R. Sistemas de produção de mandioca em treze municípios da Região Sudoeste da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 699-702, 2009.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília: CONAB, 2010.
- CUVACA, I. B.; EASH, N. S.; LAMBERT, D. M.; WALKER, F. R.; RUSTRICK, W. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on cassava tuber yield in the coastal district of Dondo, Mozambique. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 42, p. 3112-3119, out. 2017.
- DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- EBUKIBA, E. Economic analysis of cassava production (farming) in Akwa Ibom State. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, n. 4, p. 612-614, 2010.

ENIMU, S.; EDET, G. O.; OFEM, U. I. Profitability analysis of cassava production in Cross-River State, Nigeria. **International Research Journal of Human Resources and Social Sciences**, v. 3, 2016.

FAOSTAT. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 04 fev. 2020.

FERMONT, A. M.; BABIRYE, A.; OBIERO, H. M.; ABELE, S.; GILLER, K. E. False beliefs on the socio-economic drivers of cassava cropping, **Nome da revista**, v. 30, p. 433-444, 2010.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online], v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1353-1359, ago. 1999.

GOMES, J. C.; SILVA, J. Correção da acidez e adubação. In: SOUZA, L. S. et al. (org.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 215-239.

IBGE. PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 04 fev. 2020.

ISITOR, S. U.; ADEYONU, A. G.; ANIEGBOKA, U. N. An Analysis of Technical Efficiency of Smallholder Cassava Farmers in Anambra State, Nigeria. **Applied Tropical Agriculture**, v. 22, n. 2, p. 10-15, 2017.

ITAM, K. O.; AJAH, E. A.; AGBACHOM, E. E. Analysis of Determinants of Cassava Production and Profitability in Akpabuyo Local Government Area of Cross River State, Nigeria Kingsley Okoi Itam. **International Business Research**, v. 7, n. 12, 2014.

ITAM, K. O.; AJAH, E. A.; UDOEYOP, M. J. Comparative cost and return analysis of cassava production by adopters and non-adopters of improved cassava varieties among farmers in Ibesikpo Asutan Lga, Akwa Ibom State, Nigeria. **Global Journal of Agricultural Sciences**, v. 17, 33-41, 2018.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991.

KAWA, N. C.; McCARTY, C.; CLEMENT, C. R. Manioc Varietal Diversity, Social Networks, and Distribution Constraints in Rural Amazonia. **Current Anthropology**, v. 54, n. 6, p. 764-770, 2013.

LIMA, A. G.; CARVALHO, L. R.; MOTA, M. C.; LIMA JÚNIOR, A. F.; MOREIRA, J. M.; SILVA, A. P.; BARBUIO, R.; ROSA, J. Q. S. Produtividade de mandioca avaliada sobre adubação fosfatada e adubação de cobertura. **PUBVET**, v. 12, n. 8, **a151**, p. 1-4, ago. 2018.

NZEH, E. C.; UGWU, J. N. Economic Analysis of Production and Marketing of Cassava in Akoko North-West Local Government Area of Ondo State, Nigeria. **Research Journal of Agriculture and Environmental Management**, v. 3, n. 7, p. 310-314, jul. 2014.

OGUNLEYE, S.; ADEYEMO, R.; BAMIRE, A. S.; KEHINDE, A. D. Assessment of profitability and efficiency of cassava production among government and non-government assisted farmers association in Osun State, Nigeria. **African Journal of Rural Development**, v. 2, n. 2, p. 225-233, abr.-jun. 2017.

OJIAKO, A. I.; TARAWALI, G.; OKECHUKWU, R. U.; CHIANU, J. Determinants of productivity of smallholder farmers supplying cassava to starch processors in Nigeria: a baseline evidence. **RJOAS**, v. 2, n. 62, 2017.

OLORUNSANYA, E. O. A Gender based Economic Analysis of Cassava Production in North Central Nigeria: Implication for Poverty Alleviation in Nigeria. **Albanian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 4, p. 66-71, 2014.

OMOTAYO, A. O.; OLADEJO, A. J. Profitability of Cassava-based Production Systems. **Journal of Human Ecology**, v. 56, p. 196-203, 2016.

OTSUBO, A. A.; BITENCOURT, P. H. F.; PEZARICO, C. R. Caracterização da produção, comercialização e consumo da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de mesa em Dourados, MS. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande-MS, v. 6, n. 2, p. 35-47, ago. 2002.

RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 1036–1042, out.–dez., 2016.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. **Plant Physiology**, v. 156, p. 997–1005, 2011.

SILVA, F. C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, J. R.; CHABARIBERY, D. Coeficientes técnicos e custo de produção da mandioca para mesa na região de Mogi-Mirim, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, SP, v. 36, n. 1, jan. 2006.

SILVA, A. D. A.; GOMES, R. V. A. Macaxeira. In: CAVALCANTI, F. J. A. et al. (org.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3ª ed. revisada. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. p. 164.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, A. P. G.; SANTANA, L. M.; OLIVEIRA, A. P. D. Comportamento de variedades de mandioca submetidas a fertilização em comunidades dependentes de chuva no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 221-235, 2013.

SILVA, V. P.; REIS, L. M. M.; CÂNDIDO, G. A.; CARVALHO, F. G. SILVA, R. F. Custo e lucratividade da produção de mandioca convencional versus alternativa em Bom Jesus-RN. **Holos**, ano 33, v. 8, 2017.

SOUZA, R. F.; SILVA, I. F.; SILVEIRA, F. P. M.; NETO, M. A. D.; ROCHA, I. T. M. Análise econômica no cultivo da mandioca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 345-354, 2014.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

## CAPÍTULO 3

### QUALIDADE DE RAÍZES DE MANDIOCA DE MESA ADUBADAS COM FÓSFORO

#### RESUMO

Os parâmetros de qualidade de raízes de mandioca variam entre cultivares e em função de fatores abióticos, como a nutrição das plantas. Porém, a magnitude com a qual esses fatores interferem ainda não está bem definida, especialmente para o fósforo (P), que é um nutriente diretamente ligado à síntese de açúcares e amido nas plantas. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar a qualidade de raízes de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de P no Semiárido brasileiro. A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, RN, Brasil, no período de junho/2018 a abril/2019. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, arranjos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram aplicadas as doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e nas subparcelas, as cultivares de mandioca de mesa (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio). Foram avaliadas: firmeza, elasticidade, acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, amido e tempo de cocção. A qualidade das raízes de mandioca de mesa variou em função da cultivar e da dose de P. Doses de P entre 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionam aumento no teor de amido e redução do tempo de cocção de raízes de mandioca de mesa.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Manihot esculenta*; Adubação fosfatada; pós-colheita, físico-química.

## QUALITY OF TABLE CASSAVA ROOTS FERTILIZED WITH PHOSPHORUS

### ABSTRACT

The quality parameters of cassava roots vary between cultivars and depending on abiotic factors, such as plant nutrition, but the magnitude of how these factors interfere is not yet well defined, especially for phosphorus (P), which is a nutrient directly linked to the synthesis of sugars and starches in plants. Thus, the objective of the research was to evaluate the quality of roots of table cassava cultivars fertilized with doses of P in the Brazilian Semiarid. The research was carried out at the Experimental Farm Rafael Fernandes, Mossoró, RN, Brazil, from June/2018 to April/2019. The experimental design used was in randomized blocks, arranged in subdivided plots, with four replications. Doses of P (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were applied in the plots, and in the subplots, the table cassava cultivars (Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife and Venâncio). The following attributes were evaluated: firmness, elasticity, titratable acidity, soluble solids, total soluble sugars, starch and cooking. The quality of table cassava roots varied depending on the cultivar and the dose of P. Doses of P between 120 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> increase the starch content and reduce the cooking time of table cassava roots.

**KEYWORDS:** *Manihot esculenta*; Phosphate fertilization; post-harvest, physicochemical.



## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca é uma espécie vegetal perene, pertencente à família das Euforbiáceas e nativa da América do Sul (LI et al., 2010). É cultivada como anual nas regiões tropicais e subtropicais, tendo como produto principal suas raízes tuberosas, estando entre as sete culturas agrícolas mais cultivadas no mundo (FAOSTAT, 2017).

Possui finalidade bastante diversificada, haja vista seu grande potencial de exploração, porém costuma-se segmentar seu uso em mandioca de mesa e mandioca para indústria (CARDOSO; GAMEIRO, 2006).

É uma cultura rústica que produz em locais com condições climáticas não favoráveis e em solos pouco férteis, razão pela qual é uma cultura amplamente produzida pela agricultura familiar (ANDRADE, 2014), base alimentar para milhões de brasileiros.

A mandioca de mesa é comercializada *in natura*, minimamente processada ou processada na forma de pré-cozidos, congelados e massas (AGUIAR et al., 2011). Logo, é preciso melhorar não apenas o desempenho produtivo, como também associá-lo a ganhos na qualidade atendendo às exigências sensoriais e tecnológicas do consumidor (MENEZES et al., 2019).

Os parâmetros de qualidade de raízes de mandioca variam em função dos genótipos, da época de colheita, do tipo de solo, da fertilidade do solo e das variações meteorológicas (LORENZI, 1994; BORGES; FUKUDA; ROSSETTI, 2002; OLIVEIRA; MORAES, 2009; SILVA et al., 2014; PEDRI et al., 2018).

As cultivares de mandioca de mesa devem apresentar baixo teor de ácido cianídrico ( $< 50 \text{ mg kg}^{-1}$  de raiz), tempo de cocção reduzido, sabor, plasticidade, viscosidade, ausência de fibras, facilidade de descascamento e tamanho e forma das raízes nos moldes requeridos pelo mercado consumidor (FUKUDA; SILVA; IGLESIAS, 2002). São necessárias a seleção e melhoria no manejo de cultivares com esses atributos para ampliar a oferta de produtos com melhores características de qualidade de raízes (BORGES; FUKUDA; ROSSETTI, 2002).

As pesquisas comprovam o efeito da nutrição de plantas na produtividade da mandioca (MUNYAHALI et al., 2017; MACALOU; MUSANDU; MWONGA, 2018; MUOJIAMA et al., 2018), mas esses efeitos não são avaliados na qualidade da raiz produzida. Para o fósforo (P), em particular, sabe-se que é um nutriente que propicia aumento no índice de área foliar, aumento na produção de biomassa da parte aérea,

incremento nas taxas de fotossíntese líquida e elevação do rendimento das raízes (OMONDIA et al., 2019).

Porém, a influência do P na qualidade das raízes de mandioca ainda precisa ser explorada. Para Baset Mia (2015), de forma geral a função mais importante do P para as plantas é a transferência ou armazenamento de energia. Os compostos que possuem fosfato são os depósitos de energia necessários para a síntese de açúcar simples, bem como para síntese do amido. De outra parte, sabe-se de toda a problemática envolvendo a sorção do P em solos tropicais, necessitando-se elevar essas doses para que se tenha P disponível para a utilização pelas plantas.

Alguns estudos limitam-se a relacionar o P com o aumento no teor de amido. Como em pesquisa feita por Burgos; Cenóz (2012), que encontraram aumento no teor de amido de mandioca com doses de P de 23,19 e 46,40 kg ha<sup>-1</sup> em solo com 2,27 mg dm<sup>-3</sup> de P. Porém, são poucos esses resultados e necessitariam de melhor comprovação. A reprodução dessas pesquisas com número maior de cultivares, em locais diferentes, garantia sinalização mais confiável do efeito do nutriente nessas características das raízes de mandioca.

Dessa forma, a indicação da cultivar com as melhores características de qualidade associada a uma dose de P que, além de um rendimento satisfatório, promova melhoria nessas características, servirá como subsídio para produtores de mandioca optarem por um genótipo que ofereça alimento com melhores qualidades culinárias aos consumidores. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi avaliar qualidade de raízes de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de P no Semiárido brasileiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5°03'31,00"S, 37°23'47,57"W, e 80 m de altitude), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró/RN.

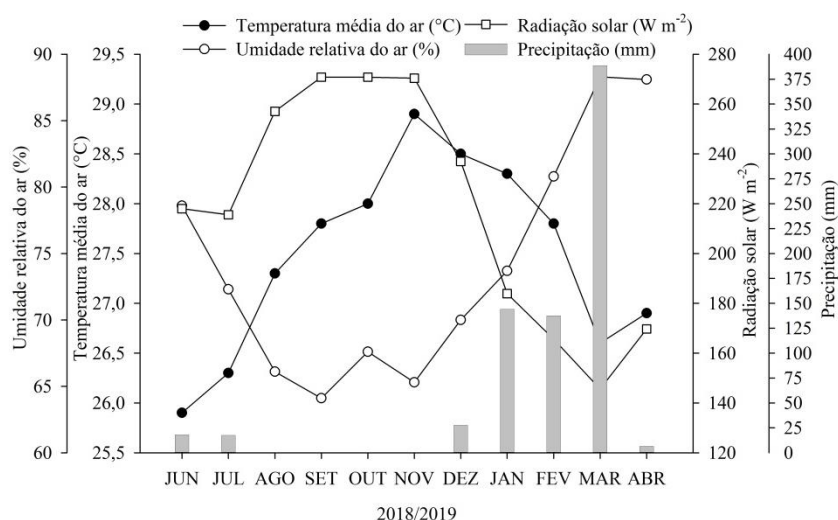
A classificação climática local é do tipo BSh, segundo Köppen (ALVARES et al., 2013), tipificado como seco e muito quente, com um período chuvoso entre os meses de fevereiro a maio, e um período seco que vai de junho a janeiro. Foram coletadas variáveis meteorológicas da estação presente na Fazenda Experimental e os dados estão expressos na Figura 1.

O solo local é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Típico (RÊGO et al., 2016). Para caracterização química (SILVA, 2009) e física (DONAGEMA et al., 2011) da área experimental, foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise química e física do solo da área experimental (profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40m) na safra agrícola 2018/19.

| Profundidade | pH   | P*                             | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup>            | Mg <sup>2+</sup> | Areia                          | Silte | Argila |
|--------------|------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------|
| m            |      | -----mg dm <sup>-3</sup> ----- |                |                 | --cmolc dm <sup>-3</sup> -- |                  | -----kg kg <sup>-1</sup> ----- |       |        |
| 0-0,20       | 5,90 | 8,3                            | 38,9           | 1,2             | 0,80                        | 0,50             | 0,91                           | 0,02  | 0,07   |
| 0,20-0,40    | 5,50 | 2,0                            | 50,8           | 1,2             | 0,70                        | 0,20             | 0,88                           | 0,03  | 0,09   |

\*Extrator: Mehlich-1



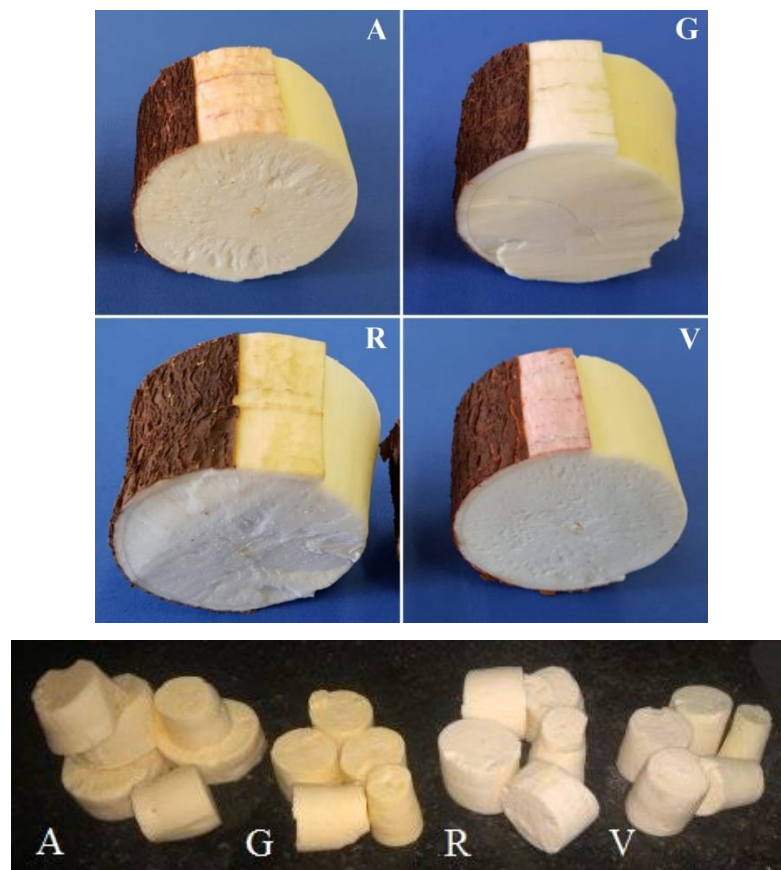
**Figura 1.** Valores médios de Temperatura (°C), Umidade relativa do ar (%), Radiação solar (W m<sup>-2</sup>) e Precipitação (mm) na safra de mandioca de mesa 2018/19.

O cultivo foi realizado no ano agrícola 2018-2019, conduzido em delineamento em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram aplicadas as cinco doses de P em plantio correspondentes a cada tratamento: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nas subparcelas, foram aplicadas as quatro cultivares de mandioca de mesa: Água Morna, BRS Gema de Ovo, Recife e Venâncio.

As cultivares trabalhadas possuíam características que as credenciavam para o comércio local. Na tabela 2, encontra-se a descrição morfológica das raízes das quatro cultivares avaliadas segundo Fukuda et al. (2010).

**Tabela 2.** Descritores morfológicos das cultivares de mandioca de mesa avaliadas na safra 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

| Cultivar        | Descritores morfológicos da raiz |                 |              |
|-----------------|----------------------------------|-----------------|--------------|
|                 | Cor externa                      | Cor do córtex   | Cor da polpa |
| Água Morna      | Marrom escuro                    | Rosado          | Creme        |
| BRS Gema de Ovo | Marrom escuro                    | Branco ou creme | Amarela      |
| Recife          | Marrom escuro                    | Branco ou creme | Branca       |
| Venâncio        | Marrom escuro                    | Rosado          | Branca       |



**Figura 2.** Descritores morfológicos das cultivares de mandioca de mesa Água Morna (A), BRS Gema de Ovo (G), Recife (R) e Venâncio (V) avaliadas na safra 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

As unidades experimentais foram constituídas por quatro linhas de plantio com 6,0 m de comprimento, espaçadas em 1,0 m entre si, com área de 24,0 m<sup>2</sup> (6,0 m x 4,0 m). Como área útil da unidade experimental, foram consideradas as duas linhas centrais, descartando-se as plantas das bordaduras superior e inferior, totalizando 9,6 m<sup>2</sup>.

Antes da instalação do experimento, foram realizadas operações de preparo do solo com gradagem pesada para incorporação do material vegetal remanescente na área, e gradagem niveladora para homogeneizar a superfície do solo. A adubação foi realizada seguindo recomendações de Silva; Gomes (2008) com base na análise de solo, com exceção do P, em que foram levados em conta os tratamentos. Foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Como fonte de nitrogênio (N), P e potássio (K) foram empregados ureia (45% N), superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), respectivamente. A adubação fosfatada foi feita toda em plantio. Metade da dose recomendada de M foi aplicada aos 30 dias após a emergência (DAE) das plantas, juntamente com a dose total de K, e aos 60 DAE foi aplicada a segunda metade da

adubação nitrogenada. N e K foram aplicados via sistema de irrigação por meio de um tanque de derivação (“pulmão”).

Foi implantada uma área de multiplicação das manivas utilizadas no experimento para homogeneização dos materiais de plantio das quatro cultivares. A área foi montada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, 10 meses antes da instalação da pesquisa. O plantio foi feito de forma manual, com uma maniva de 0,10-0,15 m de comprimento e 5-7 gemas por cova, a uma profundidade de 0,10 m, no espaçamento de 1,00 m entre fileiras por 0,60 m entre covas, contabilizando densidade populacional de aproximadamente 16.666,7 plantas ha<sup>-1</sup>.

Foi montado o sistema de irrigação por gotejamento, com emissores espaçados em 0,30 m e vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, aplicando-se lâmina diária de 4,8 mm até os oito meses após o plantio. A irrigação foi calculada utilizando-se coeficiente de cultura (Kc) de acordo com a fase fenológica. O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual em três épocas, verificada a necessidade da operação, assim como o controle de ácaros, em virtude da ocorrência dessa praga, utilizando-se produto comercial com ingrediente ativo Espiromesifeno para controlar a infestação.

A colheita da mandioca foi realizada 10 meses após o plantio. Após a colheita, foram separadas amostras de raízes de cada tratamento e levadas para o Laboratório de Análise de Crescimento e para o Laboratório Pós-Colheita para avaliação pós-colheita. As raízes foram descascadas e lavadas para serem avaliadas.

Inicialmente, foram determinadas a firmeza e a elasticidade da polpa da raiz *in natura*, determinadas simultaneamente com um analisador de textura (Stable Micro Systems, modelo TA.XT Express / TA.XT2icon) equipado com uma ponteira cilíndrica de 8 mm. O equipamento foi programado para inserir a ponteira a uma distância de 5 mm, velocidade de teste de 2 mm s<sup>-1</sup> e 25 g de força de gatilho. Foram realizadas três leituras, em três toletes cortados da região mediana de três raízes, na região interna da polpa. Esses toletes de raiz foram passados em multiprocessador e da massa da raiz tritura foram analisadas as seguintes características: sólidos solúveis, conforme AOAC (2002); acidez titulável seguindo a metodologia IAL (2008); açúcares solúveis totais pelo método da Antrona descrito por Yemm; Willis (1954); e amido, pela metodologia adaptada de Figueira (2009). O tempo de cocção foi avaliado pela metodologia do garfo adaptada de Borges; Fukuda; Rossetti (2002), em que foram cortados três toletes da região mediana de três raízes de cada repetição e colocados em panela com água em

ebulição. Iniciou-se a cronometragem do tempo e, quando foi possível penetrar o material com o garfo sem oferecer resistência, foi registrado o tempo de cocção.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ), utilizando-se o *software* estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Para as doses de P foi feita regressão utilizando-se o *software* Table Curve 2D v5.01 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991), sendo os modelos escolhidos tomando-se como base o coeficiente de determinação e sua significância. Os gráficos foram elaborados no *software* SigmaPlot, versão 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011). As médias referentes às cultivares de mandioca foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares Água Morna e BRS Gema de Ovo apresentaram redução na firmeza da polpa da raiz com o aumento das doses de P (Figura 3A), ao passo que as cultivares Recife e Venâncio apresentaram comportamento inverso. As máximas firmezas estimadas, para as cultivares Água Morna (20,83 N) e BRS Gema de Ovo (14,70 N), foram obtidas com o tratamento sem adubação fosfatada, e para a cultivar Recife (19,13 N) com a dose máxima de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para a cultivar Venâncio, não houve ajuste no modelo de regressão, contudo a maior firmeza, 19,86 N, também foi alcançada com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O comportamento observado para a firmeza da raiz entre as cultivares pode ser reflexo das mudanças ocorridas no seu diâmetro com as doses de P, em que o aumento no volume das raízes (maior teor de amido, mais água) reduziu a firmeza, e para raízes com menor volume, menor diâmetro, maior firmeza.

Avaliando doses de P (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na qualidade de batata-doce *in natura*, Deus (2019) não identificou variação na firmeza da raiz, apresentando média de 127,26 N.

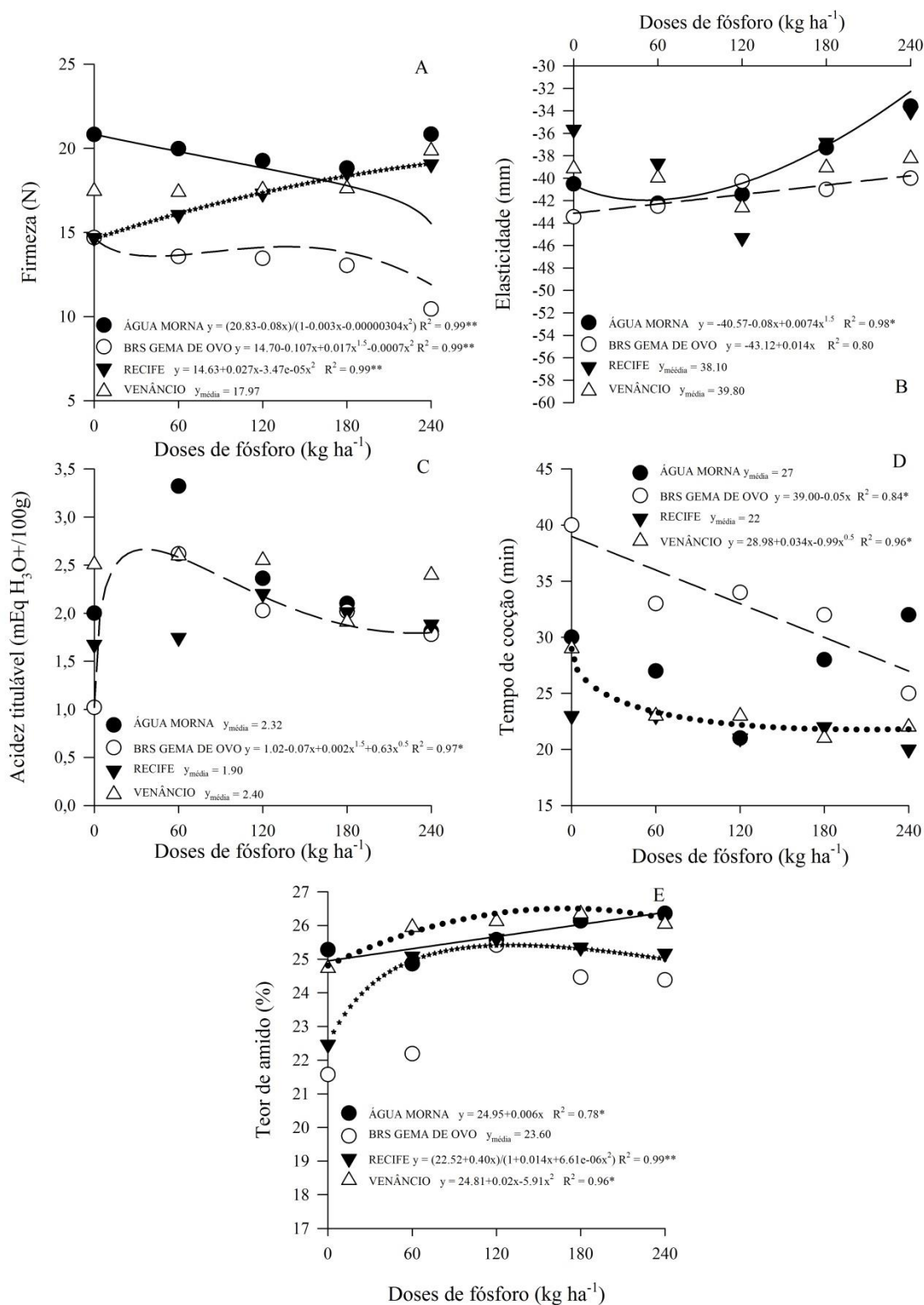
A elasticidade aumentou com as doses de P para as cultivares Água Morna e BRS Gema de Ovo, atingindo máximos valores estimados, -33,33 e -39,77 mm, respectivamente, com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3B). Para as cultivares Recife e Venâncio, embora não se tenha encontrado ajuste para regressão, os maiores valores observados, -34,03 e -38,23 mm, respectivamente, também foram atingidos com a dose máxima de adubação fosfatada, sugerindo que o aumento no conteúdo de carboidratos com aumento das doses de P pode tornar a raiz mais maleável.

A redução na firmeza e aumento na elasticidade na polpa das raízes são comportamentos dos parâmetros físicos desejáveis porque conferem melhor qualidade no produto, maior maciez, assim como facilidade de manuseio, pensando-se no processamento da raiz para ofertá-la de outra forma visando à agregação de valor.

Para acidez titulável, observou-se comportamento crescente com aumento das doses de P, seguido de decréscimo para as maiores doses (Figura 3C). A cultivar BRS Gema de Ovo apresentou máxima acidez titulável estimada de 2,65 mEq H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>/100g com a dose de 35,90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Não houve ajuste nos modelos de regressão para as cultivares Água Morna, Recife e Venâncio, apresentando maiores valores de acidez titulável de 3,32, 2,20 e 2,60 mEq H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>/100g com as doses de 60, 120 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de



P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Fernandes et al. (2018), avaliando doses de NPK na qualidade de mandioquinha-salsa, constataram redução para acidez titulável com o aumento do fornecimento de nutrientes, explicando que essa redução ocorre em virtude do efeito da diluição desses componentes em função do aumento no tamanho das raízes, ao passo que Deus (2019) observou aumento da acidez titulável de batata-doce com doses de P, alcançando máximo estimado de 0,512 % com a dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



**Figura 3.** Firmeza (A), Elasticidade (B), Acidez titulável (C), Tempo de cocção (D) e Teor de amido (E) de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na safra agrícola 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

O tempo de cocção diminuiu com o aumento das doses de P (Figura 3D). As cultivares BRS Gema de Ovo e Venâncio necessitaram de maior tempo estimado para

cozimento das raízes, 39 e 29 minutos, com o tratamento sem adubação fosfatada. A cultivar Recife teve o maior tempo de cocção (23 min) com as doses de 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e a cultivar Água Morna, em comportamento inverso, obteve o maior tempo de cocção (32 min) com a dose máxima de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Não foi encontrado ajuste de regressão para essas duas cultivares. Lorenzi (1994) observou variação de 17 minutos na cocção de mandioca de mesa entre solos, com redução no tempo em solo mais fértil, apontando relação entre a nutrição de plantas e a melhoria nessa característica.

O tempo de cocção, por vezes, superou os 30 minutos, indicado como o tempo máximo ideal para mandioca de mesa com boa qualidade (FUKUDA; SILVA; IGLESIAS, 2002). Analisando-se os dados meteorológicos, constata-se que o período que antecedeu a colheita foi marcado por intensa precipitação (Figura 1), o que prejudica a qualidade da raiz. Oliveira & Moraes (2009) comentam que precipitação elevada em um período que antecede a colheita prejudica o tempo de cozimento da mandioca. Em solos com baixa umidade, o potencial osmótico na raiz é maior, favorecendo, portanto, a entrada de água durante o processo de cocção.

A variação no tempo de cozimento de raízes de mandioca se deve à influência de fatores internos, dentro da própria planta e entre plantas do mesmo genótipo, e por fatores externos, pela variação do genótipo, do tipo de solo e da época de colheita (LORENZI, 1994).

A adubação fosfatada promoveu aumento no teor de amido das cultivares de mandioca de mesa avaliadas (Figura 3E). As cultivares Água Morna, Recife e Venâncio obtiveram máximo teor de amido estimado de 26,33, 25,54 e 26,37% com as doses de 240,00, 134,00 e 163,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Para a cultivar BRS Gema de Ovo, observou-se máximo teor de amido, 25,41%, com a dose de 120,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Importante observar que a cultivar Venâncio necessitou de uma menor quantidade de P (60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para alcançar um maior teor de amido entre as cultivares avaliadas, e que as cultivares BRS Gema de Ovo e Recife foram mais responsivas, aumentando substancialmente o teor de amido com as doses de 120 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

Cuvaca et al. (2015) observaram tendência de diminuição no teor de amido na mandioca com aumento de adição de N e K, além de aumento no teor de amido com adição de P. Oliveira et al. (2005), trabalhando com cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) na adubação da batata-doce, observaram máximo teor de amido com

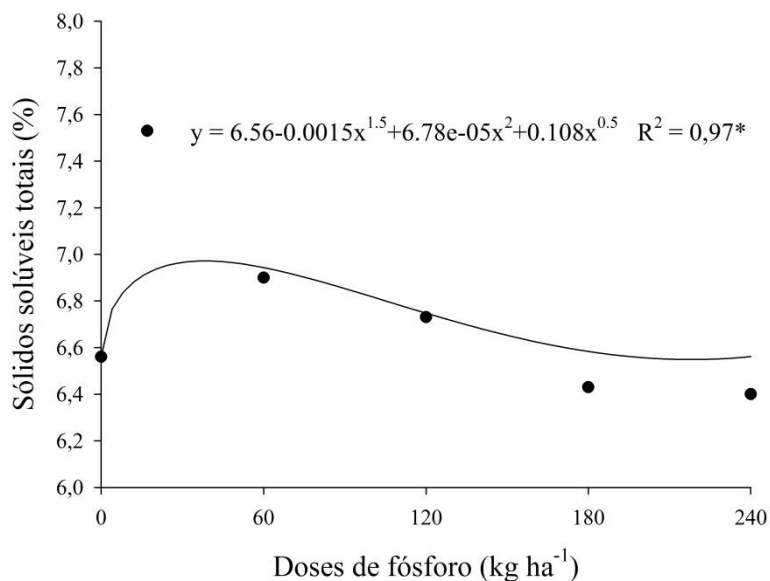
a dose de 293 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. De outra forma, Nunes (2019) observou que cultivares de batata-doce responderam de forma distinta no teor de amido para aplicação de P, com uma cultivar apresentando aumento no teor com aumento das doses e outra, redução no teor de amido, com aumento das doses de P.

P atua diretamente na síntese e transporte de amido nas plantas (TAIZ et al., 2017). Isso foi observado na presente pesquisa, porém a variação foi de 4,8% entre o teor mínimo e o máximo obtidos, sinalizando que as cultivares avaliadas possuem a característica de baixa acumulação de amido, além da baixa produção de amido, observado teor máximo pouco superior a 26%, diferentemente das cultivares para indústria, que possuem exigência mínima de 30% no teor de amido (CARDOSO et al., 2014), sabendo-se, porém, que o manejo do P para as cultivares trabalhadas promoveu aumento nesse atributo.

Diferentemente do que ocorreu nesse estudo, Deus (2019), avaliando doses de P (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na qualidade de batata-doce, não identificou variação no teor de amido com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apresentando média de 15,63%.

Não houve interação significativa entre cultivares de mandioca e doses de P para o teor de sólidos solúveis; fato também observado por Silva et al. (2019) avaliando doses de P (0, 90, 180 e 270 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em cultivares de beterraba e por Novo Júnior et al. (2016), avaliando doses de P (0,00; 33,75; 67,50; 101,25; 135,00 e 168,75 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na cultura da cebola.

Observou-se redução no teor de sólidos solúveis com o aumento das doses de P, com máximo teor estimado de 6,97% com a dose de 35,80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 4). Deus (2019) também observou redução no teor de sólidos solúveis com doses de P na batata-doce, com média de 12,06%. Fernandes et al. (2018), avaliando doses NPK na qualidade de mandioquinha-salsa, constataram redução para sólidos solúveis com o aumento das doses, ressaltando-se que essa redução se deve ao efeito da diluição desses componentes em função do aumento no tamanho das raízes.



**Figura 4.** Sólidos solúveis de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na safra agrícola 2018/19 na cidade de Mossoró-RN, Semiárido brasileiro.

A cultivar Água Morna apresentou maior firmeza na polpa da raiz entre as cultivares avaliadas (Tabela 3), ao passo que a cultivar BRS Gema de Ovo exibiu os menores valores, demonstrando que esse parâmetro sofre influência genética. Albuquerque et al. (2018) encontraram variação na firmeza de raízes entre cultivares de batata-doce, associando esse comportamento ao teor de amido. Cultivares com maior teor de amido tenderiam a ter maior firmeza de raiz, e cultivares com menor teor de amido, além de apresentarem menor firmeza, necessitariam de menor tempo para cocção. A relação entre firmeza e teor de amido também foi observada nessa pesquisa. As cultivares Água Morna, Recife e Venâncio apresentaram maiores firmeza e teor de amido, na comparação com a cultivar BRS Gema de Ovo, que possuía menor firmeza e teor de amido. Porém, a relação com o tempo de cocção não foi constatada. Talma et al. (2013) encontraram variação na firmeza de raízes de mandioca entre 15 cultivares colhidas aos 11 meses após o plantio, além de verificarem correlação positiva entre firmeza e tempo de cocção de cultivares de mandioca, indicando que quanto maior a firmeza, maior será o tempo de cocção.

Avaliando a qualidade de sete cultivares de mandioca em diferentes épocas e estações, Franck et al. (2011) verificaram que raízes colhidas com período de seca anterior à colheita possuem menor firmeza, contudo algumas cultivares não sofreram influência da estação nesse parâmetro. Assim, as variáveis meteorológicas também podem ter influenciado essa característica.

Analisando-se o comportamento das cultivares quanto à elasticidade da polpa da raiz, observou-se que a cultivar Recife obteve os maiores valores. Por sua vez, a cultivar BRS Gema de Ovo expressou os menores valores.

Para a variável sólidos solúveis, os maiores valores foram observados para as cultivares Recife e Venâncio, ao passo que Água Morna e BRS Gema de Ovo apresentaram os menores teores. Para açúcares solúveis totais, BRS Gema de Ovo se destacou entre as cultivares, enquanto Água Morna expressou os menores resultados. Não foi observado efeito das doses de P para açúcares solúveis totais, com média geral de 4,17%, fato também observado por Nunes (2019), que não encontrou efeito de doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) para açúcares totais em duas cultivares de batata-doce. Araújo et al. (2019) avaliaram a composição química de 16 genótipos de mandioca de mesa e encontraram variação de 1,94 a 2,99% nos sólidos solúveis. Padonou; Mestres; Nago (2005) encontraram variação de 1,76 a 2,57% nos AST em treze cultivares de mandioca de mesa no Benin. Deus (2019), avaliando doses de P (40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na qualidade de batata-doce, não identificou variação no conteúdo de açúcares solúveis totais com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, apresentando média de 4,80%. Porém, Albuquerque et al. (2018) observaram variação no teor de sólidos solúveis e açúcares solúveis totais entre cultivares de batata-doce.

O tempo de cocção é um dos critérios elencados pelo consumidor para escolher uma cultivar com boas características culinárias. Nessa pesquisa, observou-se que a cultivar BRS Gema de Ovo necessitou de maior tempo para o cozimento das raízes, ao passo que a cultivar Recife obteve as melhores respostas, com o menor tempo de cocção. O tempo de cocção varia com a idade da planta, há cultivares que apresentam condições adequadas de cozimento durante todo o ciclo e outros que perdem essa condição (FUKUDA; SILVA; IGLESIAS, 2002). Foi verificada variação média de 11,2 minutos no tempo de cocção entre as cultivares avaliadas. Vários estudos evidenciam a variação no tempo de cocção entre cultivares de mandioca (WHEATLEY; GOMEZ, 1985; LORENZI, 1994; RIMOLDI et al., 2006, TALMA et al., 2013), mas ressaltam que a idade de colheita modifica esse parâmetro, sendo necessário avaliá-lo em diferentes época para encontrar o período que garanta o tempo mais satisfatório.

O comportamento das cultivares de mandioca de mesa variou para acidez titulável, destacando-se as cultivares Água Morna e Venâncio com maiores valores, e BRS Gema de Ovo e Recife com os menores valores. Araújo et al. (2019) avaliaram a composição química de 16 genótipos de mandioca de mesa e encontraram variação de

1,76 a 4,37% na acidez titulável. Essa é uma característica físico-química que sofre influência das cultivares.

O teor de amido é uma característica importante, principalmente para as cultivares de mandioca de indústria, contudo, para cultivares de mesa, pode indicar dupla aptidão para esse genótipo. Nesse sentido, dentre as cultivares avaliadas na pesquisa, Água Morna e Venâncio apresentaram os maiores teores, ao passo que a cultivar BRS Gema de Ovo expressou os menores teores. Rimoldi et al. (2006), Silva et al. (2014) e Araújo et al. (2019) encontraram diferença no teor de amido em cultivares de mandioca de mesa com variação entre 19 a 33,50%, atribuídos a fatores genéticos.

Analisando o teor de amido e o tempo de cocção de 26 variedades de mandioca de mesa, Borge; Fukuda; Rossetti (2002) observaram variação significativa para as duas variáveis entre as variedades, mas não observaram correlação entre o tempo de cocção e o teor de amido, diferentemente do que foi observado nessa pesquisa. A aplicação de doses de P provocou aumento no teor de amido e redução no tempo de cocção das cultivares de mandioca de mesa. A cultivar Venâncio apresentou maior teor de amido e menor tempo de cocção, e a cultivar BRS Gema de Ovo teve o menor teor de amido e maior tempo de cocção.

A cultivar BRS Gema de Ovo obteve o menor teor de amido e maior tempo de cocção para o tratamento sem adubação fosfatada. Wheatley; Gomez (1985) observaram que uma cultivar de mandioca apresentou redução no teor de amido com o aumento no tempo de colheita, porém as raízes ficavam com aspecto duro após a cocção, atribuindo isso a alterações nas propriedades de gelatinização do amido após a fervura. Nesse sentido, esse menor teor de amido, além de ter sido influência do P, pode ter ocorrido em virtude da época de colheita para essa cultivar, que prejudicou a qualidade culinária.

**Tabela 3.** Valores médios das variáveis de qualidade de raiz de cultivares de mandioca de mesa adubadas com doses de fósforo na safra agrícola 2018/19 na cidade de Mossoró/RN, Semiárido brasileiro.

| Cultivar        | Firmeza (N)          | Elasticidade (mm) | SS (%) | AST (%) | Cocção (min) | Acidez (mEq H <sub>3</sub> O + 100 g <sup>-1</sup> ) | Amido (%) |
|-----------------|----------------------|-------------------|--------|---------|--------------|--|-----------|
| Água Morna      | 19,95 a <sup>1</sup> | -39,01 ab         | 6,10 b | 3,62 c  | 27,67 b      | 2,32 a   | 25,64 a   |
| BRS Gema de Ovo | 13,04 c              | -41,44 b          | 6,25 b | 4,56 a  | 32,93 a      | 1,89 b   | 23,60 c   |
| Recife          | 17,13 b              | -38,10 a          | 6,96 a | 4,14 b  | 21,73 d      | 1,90 b   | 24,73 b   |
| Venâncio        | 17,97 b              | -39,80 ab         | 7,11 a | 4,36 ab | 23,60 c      | 2,39 a   | 25,84 a   |

<sup>1</sup>Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Os resultados indicam que as cultivares avaliadas nesse estudo são adequadas para o consumo de mesa, possuem boas qualidades físico-químicas e culinárias, iniciando-se pelo aspecto visual (Tabela 2 e Figura 2), que está dentro do padrão exigido pelo comércio local, como também na facilidade de descascamento, que foi verificado nas quatro cultivares. A antecipação da época de colheita poderia ser uma alternativa para conseguir otimizar a qualidade das raízes, tendo em vista que o tempo prolongado em que essas cultivares estiveram expostas às variações de condições meteorológicas, ataque de pragas e a idade das plantas possivelmente alterou algumas variáveis, especialmente a cocção.



#### **4. CONCLUSÕES**

A qualidade de raízes de mandioca de mesa variou em função das cultivares e das doses de P.

Doses de P entre 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionam aumento no teor de amido e redução do tempo de cocção de raízes de mandioca de mesa.

A cultivar Recife apresentou as melhores características culinárias.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, E. B.; VALLE, T. L.; LORENZI, J. O.; KANTHACK, R. A. D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 561-569, 2011.

ALBUQUERQUE, J. R. T.; RIBEIRO, R. M. P.; SOUSA, L. V.; OLIVEIRA, G. B. S.; LINS, H. A.; BARROS JÚNIOR, A. P. B.; SANTOS, E. C.; MORAIS, P. L. D.; SIMÕES, A. N. Quality of sweet potato cultivars planted harvested at different times of two seasons. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 6, 2018.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, D. P.; BRITO, F. A. L.; SA, M. J. B. C. E.; VIEIRA, M. R. S.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVA, S. L. F.; SIMÕES, A. N. Avaliação de cultivares de mandioca de mesa em diferentes idades de colheita. **Interciência**, Caracas, v. 39, p. 736-741, 2014.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17th ed. Washington: AOAC, 2002.

ARAÚJO, F. C. B.; MOURA, E. F.; CUNHA, R. L.; FARIAS NETO, J. T.; SILVA, R. S. Chemical root traits differentiate 'bitter' and 'sweet' cassava accessions from the Amazon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 1, p. 77-85, 2019.

BASET MIA, M. A. Nutrition of crop plants—Plant science, research and practices. **Nova Science Publishers**, p. 69-74, 2015.

BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

BURGOS, Á. M.; CENÓZ, P. J. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 143-151, 2012.

CARDOSO, C. E. L.; GAMEIRO, A. H. Caracterização da cadeia agroindustrial. In: SOUZA, L. S. et al. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 19-39.

CARDOSO, A. D. et al. Avaliação de variedades de mandioca tipo indústria. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 456-466, 2014.

CUVACA, I. B.; EASH, N. S.; ZIVANOVIC, S.; LAMBERT, D. M.; WALKER, F.; RUSTRICK, B. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tuber quality as measured by

starch and cyanide (hcn) affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer rates. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 6, 2015.

DEUS, M. V. C. **Adubação fosfatada e revestimento comestível na conservação pós-colheita de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. 2019. 56f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2019.

DONAGEMA, G. K. et al. Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

FAOSTAT, 2017. Food and Agriculture Organization of the United States. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FERNANDES, A. M.; GARCIA, E. E.; LEONEL, M.; MOTA, L. H. S. O. Produtividade e qualidade de raízes da mandiocinha-salsa em diferentes níveis de adubação NPK. In: **Colloquium Agrariae**, p. 194-203, 2018.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online], v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIGUEIRA, Joélise de Alencar. **Determinação e caracterização de amido de cana-de-açúcar e adequação de metodologia para determinação de alfa-amilase em açúcar bruto**. 2009. 93f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP, 2009.

FRANCK, H. et al. Effects of cultivar and harvesting conditions (age, season) on the texture and taste of boiled cassava roots. **Food Chemistry**, v. 126, n. 1, p. 127-133, 2011.

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O.; IGLESIAS, C. Cassava Breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 4, p. 617-638, 2002.

FUKUDA, W. M. G.; GUEVARA, C. L.; KAWUKI, R.; FERGUSON, M. E. **Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava**. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 2010.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1 ed. digital. São Paulo-SP, 2008.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991.

LI, K.; ZHU, W.; ZENG, K.; ZHANG, Z.; YE, J.; OU, W.; REHMAN, S.; HEUER, B.; CHEN, S. Proteome characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) somatic embryos, plantlets and tuberous roots. **Proteome Science**, v. 8, n. 10, 2010.

LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 237-245, 1994.

MACALOU, S.; MUSANDU, A.; MWONGA, S. Cassava genotypes N P K nutrient uptake in leave and its growth and yield parameters regression under inorganic NPK (15-15-15) application rates in southern Mali, West Africa. **Advances in Agricultural Science**, v. 6, n. 04, p. 42-51, 2018.

MENEZES, J. B. C.; CATÃO, H. C. R. M.; COSTA, C. A.; CHAUCA, M. N. C. Aspectos agronômicos e qualidade de raízes de mandioca minimamente processadas. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 46, p. 425-433, 2019.

MUOJIAMA, S. O.; AGBO, C. U.; EZE, S. C.; UBA, C. U. Agronomic evaluation of new varieties of cassava (*Manihot esculenta crantz*) under different rates and modes of NPK (12-12-17-2) fertilizer application in two seasons. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 10, p. 107-116, 2018.

MUNYAHALI, W.; PYPERS, P.; SWENNEN, R.; WALANGULULU, J.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Responses of cassava growth and yield to leaf harvesting frequency and NPK fertilizer in South Kivu, Democratic Republic of Congo. **Field Crops Research**, v. 214, p. 194–201, 2017.

NOVO JÚNIOR, J. et al. Effect of phosphorus fertilization on yield and quality of onion bulbs. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 45, p. 4594-4599, 2016.

NUNES, J. G. S. Efeitos das épocas de plantio e das doses de fósforo sobre a produtividade e qualidade de cultivares de batata-doce. ANO. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2016. 2019.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E.; BARBOSA, L. J. N. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 747-751, 2005.

OLIVEIRA, M. A.; MORAES, P. S. B. Características físico-químicas, cozimento e produtividade de mandioca cultivar IAC 576-70 em diferentes épocas de colheita. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 837-843, mai./jun. 2009.

OMONDIA, J. O.; LAZAROVITCHA, N.; RACHMILEVITCHA, S.; YERMIYAHU, U. Phosphorus affects storage root yield of cassava through root numbers. **Journal Of Plant Nutrition**, v. 42, n. 17, 2070–2079, 2019.

PADONOU, W.; MESTRES, C.; NAGO, M. C. The quality of boiled cassava roots: instrumental characterization and relationship with physicochemical properties and sensorial properties. **Food Chemistry**, v. 89, n. 2, p. 261-270, 2005.

PEDRI, E. C. M.; ROSSI, A. A. B.; CARDOSO, E. S.; TIAGO, A. V.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; YAMASHITA, O. M. Características morfológicas e culinárias de etnoviedades de mandioca de mesa em diferentes épocas de colheita. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, 2018.

RÊGO, L. G. S.; MARTINS, C. M.; SILVA, E. F.; SILVA, J. J. A.; LIMA, R. N. S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, state of Rio

Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 1036–1042, out.–dez. 2016.

RIMOLDI, F. et al. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 63-69, 2006.

SILVA, A. D. A.; GOMES, R. V. A. 2008. Macaxeira. In: CAVALCANTI, F. J. A. et al. (org.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3ª ed. Revisada.** Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. p. 164.

SILVA, F. C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, G. A. et al. Agronomic performance of beet cultivars as a function of phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 7, p. 518-523, 2019.

SILVA, K. N. D.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. D. F.; CARVALHO, L. J. C. B.; SILVA, M. S. Potencial agrônomo e teor de carotenoides em raízes de reserva de mandioca. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1348-1354, 2014.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TALMA, S. V.; ALMEIDA, S. B.; LIMA, R. M. P.; VIEIRA, H. D.; BERBERT, P. A. Tempo de cozimento e textura de raízes de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 2, p. 133-138, 2013.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508, 1954.

WHEATLEY, C.; GÓMEZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 35, n. 2, p. 121-129, 1985.