

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

André Schoffel

**ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MULTIPLICAÇÃO RÁPIDA,
RELAÇÕES ENTRE CARACTERES E AMOSTRAGEM NA
PRODUÇÃO DE MUDAS, RAMAS E RAÍZES DE MANDIOCA**

**Santa Maria, RS
2019**

André Schoffel

**ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MULTIPLICAÇÃO RÁPIDA, RELAÇÕES ENTRE
CARACTERES E AMOSTRAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS, RAMAS E
RAÍZES DE MANDIOCA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
da Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do título de **Doutor em Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. Sidinei José Lopes

Santa Maria, RS, Brasil
2019

Schoffel, André

Adaptação do método de multiplicação rápida, relações entre caracteres e amostragem na produção de mudas, ramas e raízes de mandioca / André Schoffel.- 2019.
192 p.; 30 cm

Orientador: Sidinei José Lopes
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2019

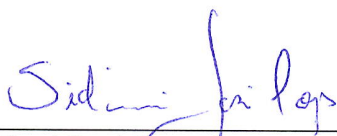
1. Manihot esculenta Crantz 2. Técnicas de manejo 3. Planejamento experimental 4. Correlação canônica 5. Tamanho de amostra I. Lopes, Sidinei José II. Título.

André Schoffel

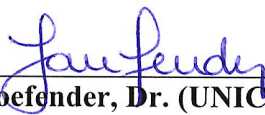
**ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MULTIPLICAÇÃO RÁPIDA, RELAÇÕES ENTRE
CARACTERES E AMOSTRAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS, RAMAS E
RAÍZES DE MANDIOCA**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do
Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
da Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do título de **Doutor em Agronomia**

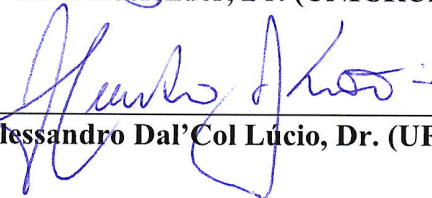
Aprovado em: 19 de julho de 2019:



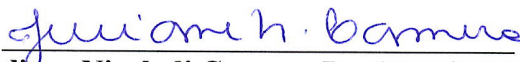
Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)
(Presidente/orientador)



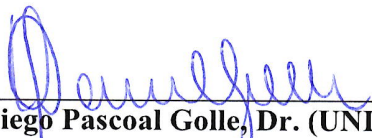
Jana Koefender, Dr. (UNICRUZ)



Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)



Juliane Nicolodi Camera, Dr. (UNICRUZ)



Diego Pascoal Golle, Dr. (UNICRUZ)

Santa Maria, RS
2019

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Clóvis Schoffel e Clarice Inês Schoffel
Aos meus orientadores, Sidinei José Lopes e Jana Koefender

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a vida, saúde, força e perseverança em mais esta etapa.

À Nossa Senhora de Fátima pela proteção e por iluminar meu caminho nestes anos de estudo.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Clóvis e Clarice, pelo amor, apoio, carinho e suporte em todos os momentos. Esta conquista é de vocês! Serei eternamente grato, por tudo!

Ao meu orientador, professor Sidinei José Lopes, pela amizade, pelos ensinamentos, pela paciência e pela disponibilidade em colaborar na realização desta pesquisa.

À professora Jana Koefender, pela amizade, pela disponibilização da área e de equipamentos para a execução dos experimentos e pelo incentivo constante durante o curso de Doutorado.

Ao professor Alberto Cargnelutti Filho, pela participação no comitê de orientação e pelos valiosos ensinamentos em sala de aula.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional.

Aos professores Alessandro Dal'Col Lúcio, Diego Pascoal Golle e Juliane Nicolodi Camera pela participação nas bancas de qualificação e defesa de Doutorado e pelas contribuições na condução desta pesquisa.

Ao secretário Regis Fabiano Santos dos Santos pelo auxílio constante e pelos momentos de descontração.

À laboratorista Cristiane Kaiper (UNICRUZ) pela amizade, prestatividade e incentivo.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela amizade e pela troca de experiências em cada conversa nos corredores ou em discussões em sala de aula.

À todos que contribuíram para a realização desta pesquisa.

Muito obrigado!

“Os agricultores familiares são verdadeiros heróis da resistência. São heróis da nossa mesa. O projeto agricultor é, acima de tudo, o amor pela terra, o apego pela vida no campo, o viver do e no rural.”

(Ezequiel Redin)

RESUMO

ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MULTIPLICAÇÃO RÁPIDA, RELAÇÕES ENTRE CARACTERES E AMOSTRAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS, RAMAS E RAÍZES DE MANDIOCA

AUTOR: André Schoffel

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sidinei José Lopes

O objetivo desta pesquisa foi avaliar uma adaptação do método de multiplicação rápida, aperfeiçoar as técnicas de manejo durante a propagação, produção de mudas e no cultivo em campo para produção de ramas e raízes de mandioca, bem como, estudar as correlações entre grupos de variáveis e determinar o tamanho de amostra para caracteres nas fases do processo de produção. Foram conduzidos três experimentos na safra 2017/2018 para avaliar o uso de manivas da cultivar Apronta Mesa em dois intervalos de diâmetro: 15 a 19,99 mm (menores do que 20 mm) e 20 a 25 mm (maiores do que 20 mm) em cinco épocas de plantio (junho, julho, agosto, setembro e outubro) para a produção de estacas (experimento 1); avaliar a característica para a coleta das estacas (número de folhas) para a produção de mudas em quatro épocas de plantio (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11) (experimento 2); e avaliar a produtividade de ramas e raízes em diferentes espaçamentos em quatro épocas de transplante de mudas (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12) (experimento 3). Ainda, foram identificadas as relações entre as variáveis dos grupos: maniva, muda, rama e raiz através da correlação canônica e foi determinado o tamanho de amostra para a estimação da média dos caracteres mensurados nas mudas e de produtividade de ramas e raízes. Para a produção de mudas deve ser priorizada a utilização de manivas com diâmetro entre 20 e 25 mm. As estacas devem ser coletadas com 6 a 8 folhas visíveis e o plantio realizado no final do mês de setembro. Transplante de mudas realizado até 24/11 favorece a expressão de caracteres de produtividade de ramas e de raízes. Maiores alturas de planta no plantio e no transplante favorecem caracteres de produtividade de raízes. Para caracteres mensurados na produção de mudas e de produtividade de ramas e raízes, 63 e 153 plantas são suficientes para estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual a 20% da estimativa da média.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz. Técnicas de manejo. Planejamento experimental. Correlação canônica. Tamanho de amostra.

ABSTRACT

ADAPTATION OF THE RAPID MULTIPLICATION METHOD, RELATIONS BETWEEN TRAITS AND SAMPLING IN THE PRODUCTION OF CASSAVA SEEDLINGS, STEMS AND ROOTS

AUTHOR: André Schoffel

ADVISOR: Prof. Dr. Sidinei José Lopes

The aim of this research was to evaluate an adaptation of the rapid multiplication method, to improve management techniques during propagation, seedling production and field cultivation for cassava stems and roots production, as well as to study the correlations between groups of traits and determine the sample size for traits in the stages of the production process. Three experiments were conducted in the 2017/2018 crop to evaluate the use of Apronta Mesa stem cuttings in two diameter intervals: 15 to 19.99 mm (lower than 20 mm) and 20 to 25 mm (higher than 20 mm) at five planting seasons (June, July, August, September and October) for cuttings production (experiment 1); to evaluate the characteristic for cuttings collection (number of leaves) for seedling production in four planting seasons (September 22, October 7 and 19, and November 25) (experiment 2); and to evaluate the yield of stems and roots in different spacings in four transplantation seasons of seedlings (November 9 and 24 and December 3 and 26) (experiment 3). Still, the relationships between the traits of the groups: stem cutting, seedling, stem and root were identified through the canonical correlation and the sample size was determined for the estimation of the average of the traits measured in the seedlings and the productivity of stems and roots. The use of stem cuttings between 20 and 25 mm in diameter should be prioritized for producing cassava seedlings. The cuttings should be collected with 6 to 8 visible leaves and planted at the end of September. Seedling transplantation performed up to November 24 favored the expression of stems and root yield traits. Higher plant heights at planting and transplantation favored root yield traits. For traits measured in seedling yield and stems and roots yield of 63 and 153 plants, respectively, are sufficient to estimate the mean when the 95% confidence interval amplitude was equal to 20% of the mean estimate.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz. Management techniques. Experimental design. Canonical correlation. Sample size.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1 – Temperatura média diária do ar e umidade relativa (UR %) durante o período de emergência de brotações em manivas de mandioca plantadas em julho, agosto, setembro e outubro.41
- Figura 2 – Soma térmica acumulada (STa (°C dia)) e temperatura média (°C) do substrato para emergência de brotações em manivas de mandioca plantadas em julho, agosto, setembro e outubro.51

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Duração das fases (em dias) do plantio de maniva até a emergência de brotações (PLM-EM) e do plantio de brotações (estacas) até o final da aclimatização (PLB-FA) em quatro épocas de plantio de manivas.75

CAPÍTULO 3

- Figura 1 – Temperatura mínima, média, máxima do ar e precipitação diária do transplante das mudas até a colheita de ramos e raízes.106

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Características físico-químicas do substrato..... | 33 |
| Tabela 2 – Mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV %) do comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva (PM) e dias para emergência (DPE) de manivas de mandioca da cultivar Apronta Mesa em quatro épocas de plantio (julho, agosto, setembro e outubro)..... | 37 |
| Tabela 3 – Comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva (PM), dias para emergência (DPE), percentual de sobrevivência (S %) e índice de brotação (IB %) de manivas de mandioca com diâmetro inferior (< 20 mm) e superior a 20 mm (> 20 mm) plantadas em junho, julho, agosto, setembro e outubro..... | 40 |
| Tabela 4 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva (PM), dias para emergência (DPE), índice de brotação (IB %) e percentual de sobrevivência (S %) de manivas de mandioca com diâmetro inferior e superior a 20 mm plantadas em junho, julho, agosto, setembro e outubro..... | 45 |
| Tabela 5 – Duração da fase do plantio da maniva até a emergência de brotações (PLM-EM) em dias e em soma térmica acumulada (STa), temperatura do substrato na fase plantio da maniva até a emergência (Temp. substrato (°C) PLM-EM) nas épocas de plantio de julho, agosto, setembro e outubro e coeficientes de correlação linear de Pearson entre a fase plantio de maniva até a emergência (PLM-EM), temperatura do substrato para emergência (T°C Substrato) e soma térmica acumulada para emergência (STa (°C dia)). | 50 |

CAPÍTULO 2

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Número de folhas no plantio (NFP), altura de planta no plantio (APP) e massa seca de raízes (MSR) de mudas de mandioca provenientes de manivas de diâmetro inferior (< 20 mm) e superior a 20 mm (> 20 mm) e de estacas com 3 a 5 folhas e com 6 a 8 folhas plantadas em quatro épocas de plantio..... | 72 |
| Tabela 2 – Número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), Número de folhas final (NFF), altura de plantas final (APF) em cm, massa seca da parte aérea (MSPA) em mg planta ⁻¹ , massa seca de raízes (MSR) em mg planta ⁻¹ , massa seca total (MST) em mg planta ⁻¹ e percentual de sobrevivência final (SF %) de mudas de mandioca provenientes de manivas de diâmetro inferior (< 20 mm) e superior a 20 mm (> 20 mm) e de estacas com 3 a 5 folhas e com 6 a 8 folhas. | 73 |
| Tabela 3 – Número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), Número de folhas final (NFF), altura de plantas final (APF), percentual de sobrevivência final (SF %), massa seca da parte aérea (MSPA) em mg planta ⁻¹ , massa seca de raízes (MSR) em mg planta ⁻¹ e massa seca total (MST) em mg planta ⁻¹ , de mudas de mandioca plantadas em quatro épocas de plantio. | 74 |
| Tabela 4 – Mudas de mandioca provenientes da adaptação do método de multiplicação rápida: plantadas e sobreviventes em quatro épocas de plantio. | 76 |

CAPÍTULO 3

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 – Percentual de sobrevivência (S %), altura de ramificação da haste principal (ARHP), número de ramificações (NRAM), diâmetro da base de rama (DBR), diâmetro médio de rama (DMR), diâmetro superior de rama (DSR), média dos diâmetros de rama (MD), comprimento de rama (CRAMA), número de gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA) de plantas de mandioca com transplântio em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12. | 101 |
| Tabela 2 – Percentual de sobrevivência (S %), altura de ramificação da haste principal (ARHP), número de ramificações (NRAM), diâmetro da base de rama (DBR), diâmetro médio de rama (DMR), diâmetro superior de rama (DSR), média dos diâmetros de rama (MD), comprimento de rama (CRAMA), número de gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA) de plantas de mandioca em espaçamentos de 0,6 x 0,6, 0,8 x 0,8, 0,8 x 0,6, 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8 m. | 102 |
| Tabela 3 – Massa fresca de raízes (MFR (g planta ⁻¹)), massa fresca de raízes (MFR (kg ha ⁻¹)), comprimento de raiz (CRAIZ), diâmetro de raiz (DRAIZ) e número de raízes (NR (planta)) em plantas de mandioca com transplântio em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12. | 103 |
| Tabela 4 – Massa fresca de raízes (MFR (g planta ⁻¹)), massa fresca de raízes (MFR (kg ha ⁻¹)), comprimento de raiz (CRAIZ), diâmetro de raiz (DRAIZ) e número de raízes (NR (planta)) em plantas de mandioca em espaçamentos de 0,6 x 0,6, 0,8 x 0,8, 0,8 x 0,6, 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8 m. | 104 |
| Tabela 5 – Soma térmica acumulada (°C dia) e em dias das fases do transplântio ao início do acúmulo de amido (IAA), do início do acúmulo de amido (IAA) até a colheita e do transplântio a colheita de plantas de mandioca em quatro épocas de transplântio (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12)..... | 105 |

CAPÍTULO 4

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 – Coeficientes dos pares canônicos dos caracteres dos Grupos 1 e 2 com plantio de manivas em julho, agosto, setembro e outubro..... | 131 |
| Tabela 2 – Coeficientes dos pares canônicos dos caracteres dos Grupos 2 e 3, 2 e 4 e 3 e 4 com plantio de manivas de mandioca em julho, agosto e setembro. | 132 |
| Tabela 3 – Coeficientes dos pares canônicos dos caracteres dos Grupos 2 e 3, 2 e 4 e 3 e 4 com plantio de manivas de mandioca em outubro..... | 133 |

CAPÍTULO 5

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 – Estatísticas descritivas do número de folhas no plantio (NFP), número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta no plantio (APP (cm)), altura de planta no transplântio (APT (cm)) e número de folhas no transplântio (NFT) de mudas de mandioca plantadas em 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11 | 139 |
| Tabela 2 – Estatísticas descritivas de caracteres de produtividade de ramos e raízes de plantas de mandioca com transplântio de mudas em quatro épocas (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12)..... | 141 |
| Tabela 3 – Tamanho de amostra (número de plantas) quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10, 20, 30 e 40% da estimativa da média para estimação da média dos caracteres número de folhas no plantio (NFP), número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta no plantio (APP), altura de planta no transplântio (APT) e número de folhas no transplântio (NFT) em quatro épocas de plantio de mudas de mandioca (22/9, 7/10, 19/10 e 25/11)..... | 143 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 4 – Tamanho de amostra (número de plantas) quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10, 20, 30 e 40% da estimativa da média para estimação da média de caracteres de produtividade de ramas e raízes em quatro épocas de transplante de mudas de mandioca (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12)..... | 146 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

CAPÍTULO 6

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 – Mínimo (mín), máximo (máx), amplitude (amp), média (méd), mediana (medi), desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) do número de folhas no plantio (NFP), número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta no plantio (APP), altura de planta final (APF) e número de folhas final (NFF) de mudas de mandioca originadas de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de manivas com diâmetro inferior e superior a 20 mm plantadas em 22/9 e 7/10. | 158 |
| Tabela 2 – Mínimo (mín), máximo (máx), amplitude (amp), média (méd), mediana (medi), desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) do número de folhas no plantio (NFP), número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta no plantio (APP), altura de planta final (APF) e número de folhas final (NFF) de mudas de mandioca originadas de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de manivas com diâmetro inferior e superior a 20 mm plantadas em 19/10 e 25/11. | 160 |
| Tabela 3 – Tamanho de amostra, em número de plantas, para as amplitudes do intervalo de confiança de 10, 15 e 20% da estimativa da média dos caracteres altura de planta no plantio (APP), número de folhas no plantio (NFP), número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta final (APF) e número de folhas final (NFF) de mudas de mandioca originadas de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de manivas com diâmetro inferior e superior a 20 mm plantadas em quatro épocas de plantio. | 163 |

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------------------------|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 CONTEXTO..... | 16 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.3 HIPÓTESES | 18 |
| 1.4 OBJETIVO GERAL..... | 19 |
| 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 1.6 FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS | 19 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 22 |
| 2.1 CULTURA DA MANDIOCA E A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA | 22 |
| 2.2 TÉCNICAS DE MANEJO | 24 |
| 2.3 CORRELAÇÃO CANÔNICA..... | 25 |
| 2.4 TAMANHO DE AMOSTRA..... | 26 |
| 3 CAPÍTULO 1 | 28 |
| RESUMO | 28 |
| ABSTRACT | 28 |
| INTRODUÇÃO | 29 |
| MATERIAL e MÉTODOS | 32 |
| RESULTADOS e DISCUSSÃO | 36 |
| CONCLUSÃO | 52 |
| AGRADECIMENTOS | 52 |
| REFERÊNCIAS | 52 |
| 4 CAPÍTULO 2 | 56 |
| RESUMO | 56 |
| ABSTRACT | 56 |
| INTRODUÇÃO | 57 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 59 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 61 |
| CONCLUSÃO | 67 |
| AGRADECIMENTOS | 67 |
| REFERÊNCIAS | 67 |
| 5 CAPÍTULO 3 | 78 |
| Resumo | 78 |
| Abstract | 78 |
| 1. Introdução | 79 |
| 2. Material e Métodos | 81 |
| 3. Resultados e Discussão | 85 |
| 4. Conclusões | 95 |
| 5. Agradecimentos | 95 |
| 6. Referências | 95 |
| 6 CAPÍTULO 4 | 108 |
| RESUMO | 108 |
| ABSTRACT | 109 |
| INTRODUÇÃO | 109 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 111 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 115 |
| CONCLUSÃO | 126 |
| AGRADECIMENTOS | 127 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| REFERÊNCIAS | 127 |
| 7 CAPÍTULO 5 | 134 |
| Resumo | 134 |
| Abstract | 134 |
| INTRODUÇÃO | 135 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 136 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 139 |
| CONCLUSÕES | 148 |
| AGRADECIMENTOS | 149 |
| LITERATURA CITADA | 149 |
| 8 CAPÍTULO 6 | 152 |
| RESUMO | 152 |
| ABSTRACT | 153 |
| INTRODUÇÃO | 153 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 156 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 158 |
| CONCLUSÕES | 167 |
| AGRADECIMENTOS | 167 |
| REFERÊNCIAS | 167 |
| 9 DISCUSSÃO | 172 |
| 10 CONCLUSÃO | 176 |
| 11 REFERÊNCIAS | 178 |
| APÊNDICE A – Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), quadrados médios (QM), média e coeficiente de variação (CV %) do comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva (PM), dias para emergência (DPE), índice de brotação (IB %) e percentual de sobrevivência (S %) (CAPÍTULO 1). | 183 |
| APÊNDICE B – Fontes de variação (FV), quadrados médios (QM), média, coeficiente de variação (CV %) da análise de variância para os caracteres: número de folhas no plantio (NFP), número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta no plantio (APP), altura de planta final (APF), número de folhas final (NFF), percentual de sobrevivência final (SF %), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de mandioca (CAPÍTULO 2). | 184 |
| APÊNDICE C – Fontes de variação (FV) do bifatorial em faixas, quadrados médios (QM), coeficiente de variação (CV %) da análise de variância para os caracteres: percentual de sobrevivência (S %), altura de ramificação da haste principal (ARHP), número de ramificações (NRAM), diâmetro da base de rama (DBR), diâmetro médio de rama (DMR), diâmetro superior de rama (DSR), média dos diâmetros de rama (MD), comprimento de rama (CRAMA), número de gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA) de plantas de mandioca (CAPÍTULO 3). | 185 |
| APÊNDICE D – Fontes de variação (FV) do bifatorial em faixas, quadrados médios (QM), coeficiente de variação (CV) da análise de variância para os caracteres: massa fresca de raízes por planta (MFR (planta)), massa fresca de raízes por hectare (MFR (kg ha⁻¹)), comprimento de raiz (CRAIZ), diâmetro de raiz (DRAIZ) e número de raízes por planta (NR) de plantas de mandioca (CAPÍTULO 3). | 186 |
| APÊNDICE E – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de julho..... | 187 |
| APÊNDICE F – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de agosto..... | 188 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| APÊNDICE G – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de setembro..... | 189 |
| APÊNDICE H – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de outubro..... | 190 |
| APÊNDICE I – Duração das fases do transplântio ao início do acúmulo de amido e do início do acúmulo de amido até a colheita de plantas de mandioca cultivadas em quatro épocas de transplântio. | 191 |
| APÊNDICE J – Fluxograma simplificado dos experimentos 1, 2 e 3 com a sequência das principais etapas e caracteres mensurados no experimento 1: dias para emergência (DPE), índice de brotação (IB %) e percentual de sobrevivência (S %); no experimento 2: altura de planta no plantio (APP), número de folhas no plantio (NFP), número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta no transplântio (APT), número de folhas no transplântio (NFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MST) e percentual de sobrevivência no transplântio (ST %) e no experimento 3: avaliação de caracteres de produtividade de ramas e raízes... | 192 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

As constantes transformações mundiais impulsionaram a adaptação aos novos cenários e as suas necessidades. Diante da expectativa do aumento populacional mundial que superará os 9 bilhões de habitantes em 2050, a otimização de técnicas de cultivo com o objetivo de elevar a produção de diversas espécies alimentícias é essencial para contribuir com o combate à fome, considerando a implantação de modelos produtivos embasados na utilização eficiente dos recursos naturais disponíveis e na preservação do meio ambiente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2011). No Brasil, a estimativa é de que a população deverá ultrapassar os 226 milhões de habitantes em 2050, com aumento correspondente a 7,45% em relação a 2019 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013).

A mandioca é uma espécie alimentícia produzida em várias regiões do mundo e sua importância está relacionada com a segurança alimentar e nutricional. O continente Africano é líder na produção mundial, seguido pela Ásia e América Latina e tem na Nigéria o país com maior produção, que corresponde a aproximadamente 55 milhões de toneladas. Atrás da Nigéria, Tailândia e Indonésia, o Brasil é o quarto maior produtor mundial (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2017) com expectativa de rendimento médio em 2019 de 14.721 kg ha⁻¹ e estimativa de produção de aproximadamente 20 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

Para a Região Sul do Brasil, estima-se uma redução de 1,0% da área plantada, com rendimento médio de 22.531 kg ha⁻¹ e produção de 5,09 milhões de toneladas, que corresponde a 25,3% do total da produção nacional. No Rio Grande do Sul, é estimada uma variação negativa de 5,8% na área plantada, com rendimento médio de 17.832 kg ha⁻¹. A produção esperada é de aproximadamente 903 mil toneladas, que corresponde a 4,5% do total de mandioca produzido nacionalmente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

A propagação vegetativa caracteriza-se como o método mais adequado para a mandioca no método tradicional de plantio (ALVES, 2006). Apesar disso, um dos grandes problemas para a propagação vegetativa pelo método tradicional de plantio em larga escala é a baixa taxa de multiplicação da mandioca. Este fator contribui para a escassez de materiais propagativos de alta qualidade e, conseqüentemente, para a estagnação da produtividade de

raízes de mandioca. Também, pode-se considerar que a escassez de material propagativo é proveniente da limitação de informações técnicas de manejo para a produção de ramos e do uso e aperfeiçoamento de metodologias alternativas para a propagação de mandioca (SANTOS et al., 2009).

Em pesquisas com a cultura da mandioca, não há informações sobre a determinação de tamanhos de amostra para a estimação da média de caracteres agrônômicos. Estas informações são importantes no planejamento experimental para que o pesquisador tenha a possibilidade de realizar inferências corretas sobre os resultados de pesquisas. A análise de correlação canônica permite o estudo da correlação entre grupos de variáveis e pode ser importante em pesquisas com o método de multiplicação rápida pela disponibilização de informações sobre quais caracteres em um determinado grupo que exercem maior influência sobre outro, principalmente sobre a produção de mudas e posteriormente na produção de ramos e raízes de mandioca.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com o censo agropecuário realizado no Brasil em 2006, 84,4% do total de estabelecimentos agropecuários brasileiros são de agricultores familiares. Este percentual corresponde a mais de 4,3 milhões de propriedades gerenciadas de maneira familiar, que ocupam 24,3% da área total de estabelecimentos agropecuários que se destacam por apresentar área média de 18,37 hectares e pela relevância na produção de alimentos. Além disso, são caracterizadas pela diversificação das atividades produtivas e por isso apresentam algumas vantagens para a produção de alimentos, como a disponibilidade de mão de obra, relação com a biodiversidade e com práticas agroecológicas. Ainda, destaca-se que 87% da produção nacional de mandioca são provenientes da agricultura familiar, mas apesar disso, a produtividade média nestas propriedades é de apenas 5.770 kg ha⁻¹ (BRASIL, 2009).

A baixa produtividade média deve-se à escassez de informações técnicas ou pela falta da aplicação de metodologias que proporcionem melhorias em todas as fases do processo de produção da cultura da mandioca, principalmente relacionadas a técnicas de manejo (SILVEIRA et al., 2012). Um dos períodos críticos em que as informações técnicas são importantes no manejo da mandioca é na escolha do material propagativo e no preparo das manivas. Frente à escassez de material propagativo disponível com qualidade fisiológica e sanitária assegurada, o aperfeiçoamento de métodos alternativos ao método tradicional de plantio de mandioca torna-se necessário para a obtenção de materiais propagativos com melhor qualidade.

A aplicação de práticas alternativas de propagação e posteriormente de técnicas de cultivo é necessária e tem a finalidade de melhorar a taxa de multiplicação de materiais propagativos de alta qualidade. Assim, existe a possibilidade de que os materiais propagativos originem um maior número de plantas com produção de manivas de boa qualidade, preferencialmente, com métodos que demandem baixo custo e que promovam resultados satisfatórios em curto prazo, expressando as características agronômicas e com potencial de proporcionar melhorias ao sistema produtivo, principalmente na agricultura familiar. Neste contexto, além de contribuir para o incremento de renda em propriedades familiares, o aperfeiçoamento de técnicas de cultivo tem potencial para contribuir com o aumento da produtividade de raízes mandioca e também na produção e disponibilização de materiais propagativos em quantidade e qualidade aos agricultores. Além disso, por tratar-se de um alimento base na alimentação e ser de baixo custo, estas ações contribuem indiretamente para a segurança alimentar da população rural.

Para que as informações geradas em pesquisas agrícolas sejam confiáveis, é necessário seguir um planejamento experimental e que as inferências sobre os caracteres agronômicos sejam realizadas com precisão desejada. Do mesmo modo, a mensuração de caracteres relacionados ao crescimento e desenvolvimento das mudas de mandioca e o estudo da correlação entre grupos de caracteres é importante para maximizar as informações sobre o método de propagação alternativo, principalmente em relação aos grupos de variáveis que influenciam a produção de mudas, ramas e raízes.

1.3 HIPÓTESES

A utilização de manivas de maior diâmetro é adequada para a obtenção de estacas de mandioca.

A seleção das estacas pelo critério do número de folhas aumenta a sobrevivência, a capacidade de enraizamento e diminui o tempo para a produção de mudas de mandioca.

A adequação do espaçamento favorece a produtividade de ramas e raízes de mandioca por unidade de área.

Existe correlação entre caracteres dos grupos: maniva, muda, rama e raiz.

As diferentes fases do processo de produção necessitam tamanhos de amostra específicos para a mensuração de caracteres agronômicos.

1.4 OBJETIVO GERAL

Estudar uma adaptação do método de multiplicação rápida, aperfeiçoar as técnicas de manejo durante a propagação, produção de mudas e no cultivo para a otimização da produção de ramos e raízes de mandioca, além de identificar as correlações existentes entre grupos de variáveis e determinar o tamanho de amostra para estimação da média de caracteres agronômicos.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a brotação de manivas de diferentes diâmetros.

Verificar o enraizamento e o percentual de sobrevivência de estacas de mandioca plantadas em bandejas com substrato.

Determinar o espaçamento adequado para a produção de ramos e raízes de mandioca.

Identificar as correlações existentes entre os caracteres dos grupos: maniva, muda, rama e raiz de mandioca.

Determinar o tamanho de amostra, em número de plantas, para a mensuração da média de caracteres agronômicos na produção de mudas, ramos e raízes de mandioca.

1.6 FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a revisão de literatura, optou-se pela exposição dos resultados desta pesquisa em seis capítulos, sendo cada capítulo constituído por um artigo científico já formatado nas normas de submissão.

No capítulo 1 buscou-se avaliar a capacidade de brotação de manivas de mandioca em diferentes intervalos de diâmetro em cinco épocas de plantio (Revista Ceres).

No capítulo 2 verificou-se a capacidade de enraizamento e o percentual de sobrevivência de mudas de mandioca provenientes de estacas selecionadas com base no caractere número de folhas (Anais da Academia Brasileira de Ciências).

No capítulo 3 avaliou-se a produtividade de ramos e raízes de mandioca em diferentes espaçamentos e em quatro épocas de transplante de mudas (Industrial Crop and Products).

No capítulo 4 identificaram-se as correlações existentes entre os caracteres dos grupos: maniva, muda, rama e raiz de mandioca produzidas através da adaptação do método de multiplicação rápida (Bragantia).

No capítulo 5 determinou-se o tamanho de amostra, em número de plantas, para a estimação da média de caracteres agronômicos na produção de mudas, ramos e raízes de mandioca (Revista Brasileira de Ciências Agrárias).

No capítulo 6 determinou-se o tamanho de amostra, em número de plantas, para a estimação da média de caracteres mensurados em mudas de mandioca provenientes de manivas de diferentes diâmetros e de estacas selecionadas pelo critério do número de folhas (Pesquisa Agropecuária Tropical).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DA MANDIOCA E A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família *Euphorbiaceae* (ORLANDINI; LIMA, 2014). Apesar de ser nativa do Brasil (FAVARO; MIRANDA, 2013), é uma espécie alimentícia de alta adaptabilidade, rusticidade e que compõe a alimentação humana como uma importante fonte calórica em países do continente Africano, Asiático e da América Latina, devido ao acúmulo de amido nas raízes e seus derivados (VILPOUX, 2008). Também, estudos mostraram o uso potencial da mandioca para a produção de etanol (CURVELO-SANTANA; EHRHARDT; TAMBOURGI, 2010; SALLA; CABELLO, 2010).

A cultivar Apronta Mesa apresenta importância entre as cultivares plantadas no Rio Grande do Sul. É cultivada principalmente para a produção de raízes por ser caracterizada como mandioca tipo mesa. Apresenta hábito de ramificação tricotômico, coloração externa do caule marrom clara, córtex verde claro, epiderme marrom clara, pecíolo verde avermelhado, broto terminal verde claro, lóbulo lanceolado, película marrom clara, córtex e polpa creme (KOEFEENDER et al., 2015).

Apesar de a propagação vegetativa ser o método mais utilizado para a propagação de mandioca (ALVES, 2006), o aumento da produção é dependente do aperfeiçoamento de técnicas de propagação e de cultivo. A propagação vegetativa ocorre por meio de estacas ou manivas que são provenientes do caule das plantas, também chamado de rama. Para a produção de raízes comerciais e ramos de mandioca, geralmente é utilizado o método de propagação tradicional, que consiste do plantio de manivas com 15 a 20 cm em espaçamentos que variam de acordo com as condições climáticas, nível tecnológico e da variedade (FERREIRA FILHO et al., 2013). De acordo com Remison et al. (2015) a redução do comprimento da maniva ou do número de gemas por maniva é uma alternativa para aumentar a taxa de utilização do material propagativo, porém, os autores verificaram que a redução do tamanho da maniva prejudicou a resposta de caracteres agrônômicos.

Pode-se considerar que o método de propagação tradicional se caracteriza como um dos fatores que contribuem para a estagnação ou para a limitação da produção de mandioca, devido ao envelhecimento ou redução da qualidade fisiológica em materiais propagativos pela constante multiplicação e pela ocorrência de doenças, como a bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) (FERREIRA FILHO et al., 2013). Neste contexto, o método de multiplicação rápida, desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, é um método simples e de baixo custo para a propagação da mandioca. Este

método proporciona o aumento da taxa de multiplicação em até 100 vezes e pode ser desenvolvido na propriedade pelos agricultores (SILVA; CERDA; FIORINI, 2002), além de manter as características da planta doadora (FUKUDA; CARVALHO, 2006).

Em geral, pelo método tradicional de plantio, são originadas aproximadamente 10 manivas rama⁻¹ com 20 cm de comprimento, enquanto que o método de multiplicação rápida pode proporcionar aumento de 14 a 17 vezes na taxa de multiplicação (SANTOS et al., 2009). Para a aplicação do método de multiplicação rápida é importante que a planta doadora tenha entre 8 e 14 meses, seja livre de pragas e doenças, apresente desenvolvimento vegetativo vigoroso, alta produtividade de raízes e alta taxa de enraizamento. Recomenda-se que deve ser utilizado apenas o terço central da haste principal das plantas doadoras, considerando ainda que a coleta deve ser realizada próximo ao plantio e que o armazenamento das ramas, se necessário, seja à sombra na posição vertical (FUKUDA; CARVALHO, 2006; SANTOS et al., 2009; BEZERRA, 2012). Dependendo das condições ambientais, a utilização do terço apical e basal das ramas é admitida em situações de baixa disponibilidade de material propagativo, considerando para este caso, a necessidade ou não de armazenamento das ramas para o plantio posterior.

Por tratar-se de um meristema de crescimento ativo com baixo acúmulo de substâncias de reserva, o uso de manivas apicais em regiões com ocorrência de geadas, como é o caso do Rio Grande do Sul, é inviabilizado pela necessidade do armazenamento das ramas. Neste caso, o uso da região basal de ramas pode ser admitido. Deste modo, assume-se que uma das principais necessidades de aprimoramento no método de multiplicação rápida é no aumento da taxa de enraizamento das estacas (SANTOS et al., 2009).

O método de multiplicação rápida consiste basicamente do plantio de manivas com 2 a 3 gemas em canteiros cobertos com plástico transparente onde o enraizamento é favorecido. Quando as estacas atingem altura entre 15 e 20 cm, são cortadas entorno de um centímetro acima do nível do solo e são acondicionadas em recipientes com água para o enraizamento. Após a emissão de raízes, são plantadas em embalagens preenchidas com substrato e colocadas em locais onde a aclimatização é favorecida (SANTOS et al., 2009; KOEFENDER et al., 2015). Pelo método de multiplicação rápida originar mudas com desenvolvimento vegetativo vigoroso, possivelmente, com a adequação de técnicas de manejo em campos de produção, pode ser concebido como um método eficaz para a produção de ramas de mandioca.

Em pesquisa com métodos de propagação de mandioca no estado de Roraima, Rodrigues et al. (2008) observaram que o uso de manivas basais, com maior grau de

lignificação, apresentam maior resistência em períodos de estiagem, porém, levam um maior período de tempo para a emissão de brotações. Por outro lado, manivas apicais apresentam menor conteúdo de substâncias de reserva e seu uso justifica-se apenas quando há escassez de material propagativo, sendo neste caso, recomendado o método de multiplicação rápida. Além disso, os autores verificaram que brotações vigorosas têm a tendência de apresentar melhor capacidade de enraizamento, sendo aconselhável o uso do tamanho mínimo de estaca de 20 cm para melhorar a capacidade de enraizamento, apesar de que na aplicação do método de multiplicação rápida, a capacidade de emissão de raízes de estacas de mandioca demonstra ser variável entre genótipos.

2.2 TÉCNICAS DE MANEJO

Apesar da importância do aumento da taxa de multiplicação de materiais propagativos de alta qualidade, o aperfeiçoamento das técnicas de manejo é essencial para possibilitar que as mudas de mandioca tenham condições adequadas para expressar o potencial produtivo. Para a produção de raízes, geralmente, técnicas de manejo tais como: espaçamento, densidade de plantas e épocas de plantio são definidas de acordo com o nível tecnológico, variedade e região de cultivo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2005). Para a produção de ramas, não há descrição na literatura de técnicas de manejo específicas, porém, recomenda-se que em áreas de produção de raízes, aproximadamente 20% da área de plantio seja reservada como área de multiplicação para a produção de ramas para plantios futuros. É necessário que as plantas da área de multiplicação sejam vigorosas e com ausência de pragas e doenças (BEZERRA, 2012).

Para o cultivo solteiro de mandioca em propriedades familiares, de maneira geral, é recomendado o plantio no espaçamento de 1,0 x 0,6 m (BEZERRA, 2012). Takahashi e Guerini (1998) observaram que para a produção de raízes e da parte aérea houve comportamento quadrático em relação aos espaçamentos avaliados (0,8, 1,0, 1,2, 1,4 e 1,6 m), em que o espaçamento entre linhas de 1,0 m proporcionou as produções superiores. Trabalhando com quatro espaçamentos (0,8 x 0,8, 1,0 x 1,0, 1,2 x 1,2 e 1,5 x 1,5 m), Streck et al. (2014) verificaram que não houve influência do espaçamento na produtividade de hastes da cultivar Fepagro RS 13. Em trabalho com épocas de plantio, Fagundes et al. (2010) avaliaram a cultivar Fepagro RS 13 em quatro datas no método tradicional de plantio, nos meses de setembro, outubro e novembro, e concluíram que datas de plantio tardias influenciaram negativamente o crescimento dos ramos e que a maior massa seca de ramas foi obtida no plantio realizado no mês de setembro.

Independentemente do sistema de cultivo utilizado, a produtividade média de raízes de mandioca é considerada baixa, principalmente em propriedades familiares de onde provêm 87% da produção nacional de raízes de mandioca. Aliado ao baixo rendimento, a falta de políticas públicas relacionadas à produção da mandioca tem influência sobre a redução da área plantada. Na maioria dos casos, pode-se considerar que a incidência de doenças e aplicação de técnicas de manejo inadequadas são fatores que determinam as baixas produtividades (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2005).

2.3 CORRELAÇÃO CANÔNICA

Estudos sobre a associação entre características de interesse agrônomo são importantes, bem como, das correlações que possibilita a identificação de modificações ocasionadas em determinado caractere pela influência de outro. A análise de correlação canônica é um procedimento estatístico multivariado complementar que permite o estudo da associação de dois grupos de variáveis (CRUZ; REGAZZI, 1997). Apesar da importância do estudo de relações lineares entre caracteres na quantificação da intensidade e no sentido da correlação, o conhecimento da associação linear entre grupos de variáveis permite a seleção de variáveis que exercem maior importância para a obtenção de mudas, ramos e raízes com qualidade elevada.

A correlação canônica é entendida como uma extensão da análise de regressão múltipla, isto é, enquanto a regressão múltipla envolve uma única variável dependente, a correlação canônica envolve múltiplas variáveis dependentes. Este tipo de análise tem como objetivo determinar uma combinação linear para cada grupo de variáveis (dependentes e independentes) que maximize a correlação entre os dois grupos (CRUZ; REGAZZI, 1997), ou seja, a correlação canônica mede a existência e a intensidade da associação entre dois grupos (X e Y), que são compostos por combinações lineares das variáveis que os constituem. A análise de correlação canônica pode ser considerada uma maneira simples de reduzir as complexidades envolvidas ao relacionar dois grupos de variáveis (TRUGILHO; LIMA; MORI, 2003).

A análise de correlação canônica permite a estimação da máxima correlação entre dois grupos de variáveis (X e Y) e avaliar as inter-relações entre os caracteres em estudos exploratórios (CRUZ; REGAZZI, 1997; SILVA et al., 2007). Deste modo, estudos exploratórios para identificar as associações existentes na cultura de mandioca podem auxiliar na definição de estratégias para o aprimoramento do método de propagação rápida. Isso deve-se à possibilidade de identificação de grupos de variáveis que exercem maior influência sobre

a produção de mudas, ramas e raízes de mandioca. Dada sua importância, a análise de correlação canônica vem sendo utilizada em trabalhos com culturas agrícolas, tais como: batata (RIGÃO et al., 2009), mamoneira (BRUM et al., 2011) e trigo duplo propósito (CARVALHO et al., 2015).

2.4 TAMANHO DE AMOSTRA

Em experimentos agrícolas, diversos fatores podem influenciar a eficiência da pesquisa, e dentre estes, o número de plantas utilizado para a mensuração de caracteres pode afetar a confiabilidade das inferências realizadas. A amostragem é uma técnica utilizada quando há dificuldade para a mensuração de toda unidade experimental e seu uso é validado desde que a amostragem seja representativa (STORCK et al., 2011). Para a implantação de campos de produção, é importante a mensuração de caracteres relacionados às mudas de mandioca, e, posteriormente, da produção de ramas e raízes, com precisão adequada.

Geralmente, a variabilidade dos dados e a precisão desejada para a estimativa não são consideradas para a escolha do tamanho de amostra e podem comprometer a interpretação dos resultados. Por outro lado, o uso do tamanho de amostra adequado permite a estimação da média de caracteres com nível de precisão adequado. O tamanho de amostra é diretamente proporcional à variabilidade dos dados e ao nível de precisão desejado para a estimativa e inversamente proporcional ao erro de estimação, fixado com antecedência pelo pesquisador, ou seja, maior precisão experimental é obtida com o uso de tamanhos de amostra maiores, bem como, tamanhos de amostra reduzidos resultam em menor precisão experimental. Deste modo, a determinação do tamanho de amostra melhora a eficiência da pesquisa e permite a obtenção de estimativas com precisão adequada (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2004).

Para a determinação do tamanho de amostra, o uso de intervalos de confiança obtidos por reamostragem com reposição é utilizado e independe da distribuição de probabilidade dos dados (FERREIRA, 2009). Esta técnica foi utilizada na determinação do tamanho de amostra para caracteres de feijão de porco e mucuna cinza (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012) e demonstra importância para o planejamento experimental das culturas agrícolas.

1 3 CAPÍTULO 1

2 Características da maniva e a produção de estacas de mandioca pelo método de 3 multiplicação rápida

4 RESUMO

5 A seleção de manivas é uma etapa importante para produção de mudas de alta qualidade
6 pelo método de multiplicação rápida. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a capacidade
7 de brotação de manivas de mandioca de diferentes diâmetros. O experimento foi
8 conduzido em cinco épocas de plantio de manivas com duas gemas da cultivar Apronta
9 Mesa (junho, julho, agosto, setembro e outubro). O delineamento experimental foi o
10 inteiramente casualizado, em fatorial (5x2), com 10 tratamentos e 20 repetições. Os
11 tratamentos foram as combinações entre as épocas de plantio e de manivas com
12 diâmetro menor do que 20 mm (15 a 19,99 mm) e com diâmetro maior do que 20 mm
13 (20 a 25 mm). Foram mensurados em cada maniva o comprimento, diâmetro e peso de
14 maniva e em cada parcela o número médio de dias para a emergência, percentual de
15 sobrevivência e o índice de brotação. O plantio de manivas com diâmetro entre 20 e 25
16 mm no mês de setembro é o mais indicado para a obtenção de estacas pelo método de
17 multiplicação rápida.

18

19 **Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz; taxa de multiplicação; propagação
20 vegetativa; mudas.

21

22 ABSTRACT

23 Selection of stem cuttings is an important step for the production of high-quality
24 seedlings by the rapid multiplication method. This study aimed to assess the sprouting

25 capacity of cassava stem cuttings of different diameters. The experiment was conducted
26 at five planting seasons (June, July, August, September, and October) under a
27 completely randomized design in a factorial scheme (5x2), with ten treatments and 20
28 replications. Treatments consisted of combinations between planting seasons and stem
29 cuttings with diameters lower (15 to 19.99 mm) and higher (20 to 25 mm) than 20 mm.
30 Each stem cutting was measured regarding length, diameter, and weight. The mean
31 number of days for emergence, percentage of survival, and sprouting index were
32 assessed at each plot. Planting of stem cuttings with diameter between 20 and 25 mm in
33 September was adequate for obtaining cassava cuttings for the rapid multiplication
34 method.

35

36 **Keywords:** *Manihot esculenta* Crantz; multiplication rate; vegetative propagation;
37 seedlings.

38

39 INTRODUÇÃO

40 A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma importante espécie que é
41 cultivada predominantemente para a comercialização de raízes por proporcionar um
42 alimento rico em amido e altamente energético (El-Sharkawy, 2012). Dentre as
43 diferentes formas de consumo, destaca-se a *in natura* e em forma de farinha e ‘chips’
44 (Aguilar, 2013), além de estar presente como constituinte de diversos produtos
45 industrializados, como: embutidos, colas, papelaria, embalagens, têxteis, tintas e
46 medicamentos (Mattos & Cardoso, 2003; Morais et al., 2014). Apesar da sua
47 importância para a segurança alimentar, no Brasil a produtividade média de raízes em
48 propriedades familiares é baixa, de aproximadamente 5.770 kg ha⁻¹ (Brasil, 2009).

49 A propagação da cultura da mandioca é realizada de maneira vegetativa pelo
50 plantio de frações da rama, chamadas de manivas. O plantio tradicional é realizado em
51 sulcos geralmente não adubados e em espaçamentos que variam de acordo com a região
52 de cultivo, cultivar e nível tecnológico empregado. Um dos limitantes do método
53 tradicional de plantio é a baixa taxa de multiplicação, que varia de 1:7 até 1:10, ou seja,
54 origina-se até 10 manivas de cada rama (Ceballos et al., 2011). A qualidade do material
55 propagativo é importante e influencia no crescimento e desenvolvimento das plantas e,
56 conseqüentemente, exerce efeito direto sobre a produtividade. Porém, a baixa taxa de
57 multiplicação de materiais propagativos de alta qualidade é um problema encontrado
58 por pesquisadores e produtores (Ceballos et al., 2015).

59 É considerada uma espécie de alta rusticidade, pois permite ser cultivada em
60 regiões marginais das propriedades, onde a fertilidade é suprimida ou reduzida a
61 pequenas quantidades de adubação orgânica e, mesmo assim, proporciona a produção
62 de raízes em quantidade variável. Apesar deste limitante, a cultura apresenta elevado
63 potencial agrônômico e amplo potencial produtivo se cultivada em condições
64 adequadas. Ishida et al. (2016) destacam que apesar da rusticidade elevada, a sucessão
65 de cultivos ano após ano na mesma área credencia a bacteriose (*Xanthomonas*
66 *axonopodis* pv. *manihotis*) como a principal doença que afeta a cultura, inviabilizando
67 inclusive a utilização das ramas na safra seguinte. De acordo com a pesquisa de Shiji et
68 al. (2014), técnicas de micropropagação para a multiplicação rápida da mandioca foram
69 promissoras para a obtenção de mudas com qualidade sanitária assegurada e viabilidade
70 para transplantio para o campo dois meses após o plantio.

71 O método de multiplicação rápida desenvolvido pelo Centro Internacional de
72 Agricultura Tropical (CIAT) e adaptado para as condições de cultivo do Nordeste

73 (Santos et al., 2009) e do Sul (Koefender et al., 2015) do Brasil. É baseado na utilização
74 de manivas com duas gemas, plantadas em canteiros cobertos com filme plástico
75 transparente onde o enraizamento e a emissão de brotações são favorecidos.
76 Posteriormente, as estacas são coletadas, acondicionadas em recipientes com água para
77 o enraizamento e, na sequência, são plantadas em embalagens com substrato para a
78 produção de mudas. Ao final deste processo, são obtidas as mudas de mandioca que,
79 após período de aclimatização, estarão aptas ao transplântio para campos de produção.
80 Este método tem potencial de aumentar a taxa de utilização do material propagativo,
81 principalmente nas regiões em que é necessário o armazenamento de ramas pela
82 ocorrência de geadas durante o inverno, situação em que ocorre alta taxa mortalidade de
83 ramas, principalmente em caso de mau armazenamento (Piza & Pinho, 2002).

84 Além das características edafoclimáticas, que interferem na capacidade de
85 enraizamento e emissão de brotações de manivas de mandioca, a avaliação visual da
86 rama tem importância fundamental no método de multiplicação rápida por informar o
87 nível de maturação e também sobre a presença de patógenos. Além disso, o
88 comprimento, o diâmetro e o peso de maniva indicam o acúmulo de reservas e o
89 conteúdo de água existente, que variam principalmente em manivas com diferentes
90 diâmetros e interferem sobre o potencial de enraizamento e brotação (Bezerra, 2012). O
91 balanço entre conteúdo de água e de reservas na maniva é importante para que ocorra a
92 emissão de raízes e posteriormente de brotações (Alves, 2006), resultando na obtenção
93 de estacas vigorosas e posteriormente em mudas de mandioca com boa capacidade de
94 enraizamento.

95 Com a estagnação da produção e a diminuição da área plantada com a cultura da
96 mandioca no estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2019), o estudo de métodos

97 alternativos de propagação são importantes para o avanço dos níveis de produção de
98 materiais propagativos com qualidade fisiológica e sanitária e conseqüentemente da
99 produtividade de raízes. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a capacidade de brotação
100 de manivas de mandioca de diferentes intervalos de diâmetro em cinco épocas de
101 plantio.

102

103 **MATERIAL e MÉTODOS**

104 Na safra 2016/2017 foi realizada a multiplicação do material propagativo da
105 cultivar Apronta Mesa para a implantação dos experimentos na safra seguinte. O plantio
106 da área de multiplicação foi realizado na segunda quinzena do mês de outubro e o
107 preparo do solo foi realizado de modo convencional, com uma aração e uma gradagem.
108 O plantio foi efetuado no espaçamento 1,0 x 0,6 m com manivas de seis gemas, sem
109 adubação complementar. O controle de plantas daninhas foi realizado por capinas até o
110 fechamento das entrelinhas e a colheita das ramas ocorreu na segunda quinzena de maio
111 de 2017. O armazenamento das ramas foi realizado na posição vertical em sombra de
112 árvores com incidência solar durante a manhã e a utilização foi de acordo com cada
113 época de plantio de manivas.

114 A área experimental utilizada pertence à Universidade de Cruz Alta (Unicruz),
115 município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido no ano de
116 2017 em cinco épocas de plantio: junho, julho, agosto, setembro e outubro. O
117 delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em fatorial (5x2), com 10
118 tratamentos e 20 repetições. Os tratamentos constaram das combinações entre as épocas
119 de plantio e de manivas da cultivar Apronta Mesa com diâmetro menor do que 20 mm

120 (15 a 19,99 mm) e com diâmetro maior do que 20 mm (20 a 25 mm). O corte das ramas
 121 foi realizado com serra manual de modo que cada maniva foi constituída por 2 gemas.

122 O plantio das manivas foi realizado no segundo decêndio de cada mês em
 123 bandejas plásticas de 15 células de cor preta com as seguintes dimensões: 34 cm de
 124 comprimento x 21 cm de largura x 7,8 cm de altura. As células apresentam 6,2 cm na
 125 parte superior x 5,0 cm na parte inferior x 7,8 cm de altura e 5 furos com 6 mm na base
 126 para escoamento da água excedente. As bandejas foram preenchidas com substrato
 127 comercial Mec Plant[®] (Tabela 1).

128

129 **Tabela 1:** Características físico-químicas do substrato.

| Característica | Unidade | Valor |
|--------------------------------|------------------------|--------|
| pH | - | 5,36 |
| Condutividade elétrica | $\mu\text{S cm}^{-1}$ | 459,00 |
| Índice salino | - | 0,06 |
| Densidade | g cm^{-3} | 0,59 |
| Carbono orgânico | % | 13,25 |
| Carbono total | % | 17,62 |
| Umidade perdida à 65°C | % | 55,85 |
| Umidade perdida à 110°C | % | 6,29 |
| Sólidos totais fixos à 110°C | % | 93,71 |
| Sólidos totais fixos à 550°C | % | 21,88 |
| Sólidos voláteis totais | % | 71,83 |
| Capacidade de retenção de água | % | 15,75 |
| Capacidade de troca de cátions | mmolc kg^{-1} | 76,00 |
| Fósforo | mg kg^{-1} | 166,61 |
| Potássio | mg kg^{-1} | 123,01 |
| Cálcio | mg kg^{-1} | 240,55 |
| Magnésio | mg kg^{-1} | 211,50 |
| Enxofre | mg kg^{-1} | 77,75 |
| Boro | mg kg^{-1} | 0,06 |
| Cobre | mg kg^{-1} | 0,01 |
| Ferro | mg kg^{-1} | 0,09 |
| Manganês | mg kg^{-1} | 1,97 |
| Molibdênio | mg kg^{-1} | 0,00 |
| Sódio | mg kg^{-1} | 25,05 |
| Zinco | mg kg^{-1} | 0,03 |
| Cádmio | mg kg^{-1} | 0,00 |
| Chumbo | mg kg^{-1} | 0,00 |

| | | |
|---------|---------------------|------|
| Cromo | mg kg ⁻¹ | 0,00 |
| Níquel | mg kg ⁻¹ | 0,00 |
| Cobalto | mg kg ⁻¹ | 0,00 |

130

131 As manivas foram plantadas na posição horizontal, uma por célula na
 132 profundidade de dois centímetros. Cada unidade experimental foi composta pelo plantio
 133 de uma bandeja, totalizando 15 manivas por unidade experimental. As bandejas foram
 134 acomodadas em bancadas localizadas em estufa agrícola modelo Van Der Hoeven com
 135 sistema de irrigação por aspersão. A irrigação foi realizada diariamente ao final da tarde
 136 para a manutenção da umidade do substrato e para favorecer o enraizamento das
 137 manivas. Foi aplicada lamina de água de 4 à 8 mm em cada turno de irrigação.

138 Durante a condução do experimento, foram realizadas leituras diárias de
 139 temperatura mínima e máxima do ar, do substrato e da umidade relativa do ar com a
 140 utilização de dois termômetros digitais e um termo-higrômetro digital distribuídos de
 141 maneira aleatória na área experimental. As temperaturas médias diárias (Tmed) do ar e
 142 do substrato foram calculadas pela média dos três aparelhos. A soma térmica diária
 143 (STd, °C dia) foi calculada por três métodos (Gilmore Jr & Rogers, 1958; Arnold,
 144 1960):

145 Método 1: $STd = (Tmed - Tb) \cdot 1 \text{ dia}$, se $Tmed < Tb$ então $Tmed = Tb$;

146 Método 2: $STd = (Tmed - Tb) \cdot 1 \text{ dia}$, se $Tmed < Tb$ então $Tmed = Tb$ e se $Tmed > Tot$
 147 então $Tmed = Tot$;

148 Método 3: $STd = (Tmed - Tb) \cdot 1 \text{ dia}$ quando $Tb < Tmed \leq Tot$ e $STd = (Tot - Tb) \cdot (Tmax$
 149 $- Tmed) / (Tmax - Tot)$ quando $Tot < Tmed \leq Tmax$

150 Em que: Tb é a temperatura base, Tot é a temperatura ótima, Tmax é a temperatura
 151 máxima para o desenvolvimento da cultura da mandioca e Tmed é a temperatura média
 152 diária do ar. A temperatura base foi de 14°C determinada para cultivar Fepagro RS 13

153 (Schons et al., 2007), temperatura ótima 30°C e temperatura máxima de 42°C (Matthews
154 & Hunt, 1994). A soma térmica acumulada (STa, °C dia) na fase do plantio da maniva
155 até a emergência (PLM-EM) foi calculada pela soma dos valores de STd.

156 Antecedendo o plantio, foram mensurados em cada maniva o comprimento de
157 maniva (CM), diâmetro de maniva (DM) e peso de maniva (PM). Em cada parcela,
158 foram verificados o número médio de dias para emergência (DPE), percentual de
159 sobrevivência (S %) e foi calculado o índice de brotação (IB %), expresso por: $IB (\%) =$
160 $(Nb/Ng) \times 100$, em que: Nb é o número de brotos e Ng é o número de gemas. Foram
161 calculadas as estatísticas: mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, desvio-padrão
162 e coeficiente de variação e as relações lineares entre os caracteres foi verificada pelo
163 coeficiente de correlação de Pearson. Para a mensuração dos caracteres, foram avaliadas
164 todas as plantas de cada unidade experimental.

165 Antecedendo a análise de variância, foi verificado o atendimento aos
166 pressupostos do modelo matemático: homogeneidade das variâncias de tratamentos e
167 normalidade dos erros, através da aplicação dos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk,
168 respectivamente, em 0,05 de probabilidade de erro. Quando os pressupostos não foram
169 atendidos, foi utilizado o procedimento Box-Cox para verificar a transformação
170 adequada aos dados obtidos com o auxílio do software Action (Equipe Estatcamp,
171 2014). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram
172 comparadas pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade, com o uso do pacote
173 estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

174

175 **RESULTADOS e DISCUSSÃO**

176 Houve interação significativa entre épocas de plantio e intervalos de diâmetro de
177 maniva para os caracteres comprimento, diâmetro e peso de maniva, dias para
178 emergência e percentual de sobrevivência. Para estes caracteres foi realizado o
179 desdobramento da interação nas duas vias, ou seja, épocas de plantio dentro de diâmetro
180 de maniva e vice-versa. Para o índice de brotação, por não haver interação significativa
181 entre os fatores foi realizada análise do efeito principal de cada fator.

182 De acordo com as estatísticas descritivas dos caracteres avaliados na
183 implantação do experimento (comprimento, diâmetro e peso de maniva) nos intervalos
184 de diâmetro e épocas de plantio, o peso de maniva apresentou maior amplitude, desvio-
185 padrão e coeficiente de variação, o que indicou a maior variabilidade deste caractere
186 (Tabela 2). Para o peso de maniva, em todas as épocas de plantio, maior coeficiente de
187 variação foi observado em manivas com diâmetro menor do que 20 mm, porém,
188 maiores valores para a amplitude e desvio-padrão foram observados em manivas com
189 diâmetro superior a 20 mm.

190 Manivas com diâmetro maior do que 20 mm apresentaram médias superiores
191 para o peso de maniva em todas as épocas de plantio. Apesar de apresentar maior
192 amplitude e desvio-padrão, que indicam maior variabilidade, o coeficiente de variação
193 foi menor em comparação com manivas com diâmetro inferior a 20 mm, ou seja, o
194 coeficiente de variação mostrou ser uma medida de precisão experimental influenciada
195 diretamente pelo valor da média. Isso serve de indicativo de que o coeficiente de
196 variação observado de maneira isolada pode oferecer informações distorcidas sobre a
197 precisão experimental.

198

199 **Tabela 2:** Mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, desvio-padrão (DP) e
 200 coeficiente de variação (CV %) do comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva
 201 (DM), peso de maniva (PM) e dias para emergência (DPE) de manivas de mandioca da
 202 cultivar Apronta Mesa em quatro épocas de plantio (julho, agosto, setembro e outubro).

| Julho | | | | | | | | |
|--------------------|------------------------------------------|---------|--------|--------------------|------------------------------------------|---------|--------|-------|
| Estatística | Diâmetro da maniva menor do que 20 mm | | | | Diâmetro da maniva maior do que 20 mm | | | |
| | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE |
| Mínimo | 2,20 | 15,00 | 4,85 | 8,00 | 2,00 | 20,05 | 8,92 | 9,00 |
| Máximo | 6,30 | 19,99 | 18,58 | 46,00 | 6,90 | 24,96 | 26,60 | 44,00 |
| Amplitude | 4,10 | 4,99 | 13,73 | 38,00 | 4,90 | 4,91 | 17,68 | 35,00 |
| Média | 4,32 | 17,84 | 10,64 | 20,13 | 4,26 | 22,01 | 16,89 | 20,85 |
| Mediana | 4,40 | 17,98 | 10,24 | 18,00 | 4,40 | 21,87 | 16,40 | 18,00 |
| DP | 0,92 | 1,32 | 2,85 | 7,19 | 0,78 | 1,25 | 3,89 | 7,99 |
| CV (%) | 21,21 | 7,42 | 26,76 | 35,74 | 18,21 | 5,70 | 23,05 | 38,30 |
| Agosto | | | | | | | | |
| Estatística | Diâmetro da maniva menor do que 20 mm | | | | Diâmetro da maniva maior do que 20 mm | | | |
| | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE |
| Mínimo | 2,10 | 15,40 | 4,47 | 9,00 | 2,20 | 20,00 | 8,11 | 9,00 |
| Máximo | 6,40 | 19,99 | 18,15 | 47,00 | 6,00 | 25,00 | 27,09 | 40,00 |
| Amplitude | 4,30 | 4,59 | 13,68 | 38,00 | 3,80 | 5,00 | 18,98 | 31,00 |
| Média | 4,54 | 18,39 | 10,46 | 14,53 | 4,42 | 22,23 | 15,77 | 14,23 |
| Mediana | 4,70 | 18,47 | 10,20 | 14,00 | 4,40 | 22,29 | 15,57 | 13,00 |
| DP | 0,97 | 1,06 | 2,80 | 5,56 | 0,71 | 1,38 | 3,58 | 4,72 |
| CV (%) | 21,35 | 5,74 | 26,80 | 38,23 | 16,11 | 6,21 | 22,68 | 33,17 |
| Setembro | | | | | | | | |
| Estatística | Diâmetro da maniva menor do que 20 mm | | | | Diâmetro da maniva maior do que 20 mm | | | |
| | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE |
| Mínimo | 2,00 | 15,07 | 3,24 | 5,00 | 2,50 | 20,02 | 8,20 | 5,00 |
| Máximo | 6,40 | 19,98 | 15,71 | 22,00 | 6,00 | 25,00 | 27,35 | 26,00 |
| Amplitude | 4,40 | 4,91 | 12,47 | 17,00 | 3,50 | 4,98 | 19,15 | 21,00 |
| Média | 4,29 | 17,93 | 8,67 | 8,29 | 4,54 | 22,38 | 15,34 | 8,48 |
| Mediana | 4,30 | 18,04 | 8,25 | 7,00 | 4,60 | 22,34 | 14,94 | 8,00 |
| DP | 0,97 | 1,21 | 2,74 | 2,15 | 0,76 | 1,26 | 3,85 | 2,65 |
| CV (%) | 22,59 | 6,72 | 31,66 | 25,99 | 16,65 | 5,64 | 25,07 | 31,26 |
| Outubro | | | | | | | | |
| Diâmetro da maniva | | | | Diâmetro da maniva | | | | |

| Estatística | menor do que 20 mm | | | | maior do que 20 mm | | | |
|-------------|--------------------|---------|--------|-------|--------------------|---------|--------|-------|
| | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE | CM (cm) | DM (mm) | PM (g) | DPE |
| Mínimo | 2,00 | 15,17 | 3,68 | 6,00 | 2,00 | 20,00 | 6,51 | 7,00 |
| Máximo | 6,50 | 19,97 | 15,75 | 26,00 | 6,00 | 24,69 | 22,48 | 26,00 |
| Amplitude | 4,50 | 4,80 | 12,07 | 20,00 | 4,00 | 4,69 | 15,97 | 19,00 |
| Média | 4,41 | 18,31 | 9,06 | 10,90 | 4,32 | 21,85 | 13,35 | 10,90 |
| Mediana | 4,50 | 18,52 | 8,79 | 10,00 | 4,50 | 21,70 | 13,20 | 10,00 |
| DP | 0,96 | 1,16 | 2,60 | 3,33 | 0,89 | 1,23 | 3,24 | 3,37 |
| CV (%) | 21,73 | 6,34 | 28,64 | 30,54 | 20,60 | 5,61 | 24,28 | 30,90 |

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

Para o comprimento de maniva e diâmetro de maniva foram observados valores baixos para as medidas de variabilidade. Para estes caracteres, foram observados valores máximos de amplitude e desvio-padrão de 5,0 e 1,38, respectivamente. De maneira similar ao observado para o peso de maniva, verificou-se que para o comprimento de maniva e para o diâmetro de maniva também foi necessário cuidado para a interpretação do coeficiente de variação.

O diâmetro de maniva apresentou menores valores para o coeficiente de variação para manivas menores do que 20 mm (5,74 e 7,42%) e para manivas maiores do que 20 mm (5,61 a 6,21%). Para o comprimento de maniva, o coeficiente de variação oscilou de 21,21 a 22,59% e 16,11 a 20,60% para manivas menores e maiores do que 20 mm, respectivamente. Porém, o desvio-padrão foi menor para o comprimento de maniva em todos os limites de diâmetro e épocas de plantio, bem como, as médias. Deste modo, ficou evidente a influência da média sobre o coeficiente de variação e a importância das medidas de variabilidade como estatísticas complementares para a correta interpretação da precisão em experimentos. Analisando isoladamente o caractere diâmetro de maniva, ficou demonstrado que a baixa variabilidade conferiu credibilidade ao estudo e as inferências realizadas sobre as relações dos limites de diâmetro nas diferentes épocas de plantio com os demais caracteres avaliados.

222 Em todas as épocas de plantio, manivas de diâmetro maior do que 20 mm
223 apresentaram maior comprimento de maniva e peso de maniva (Tabela 3). Apesar do
224 maior peso de maniva em todas as épocas de plantio, manivas com diâmetro maior do
225 que 20 mm não diferiram estatisticamente das manivas com diâmetro menor do que 20
226 mm para o caractere dias para emergência nos plantios dos meses de julho, agosto,
227 setembro e outubro. Isso demonstra que apesar do maior peso e maior concentração de
228 água, carboidratos e minerais para a indução e emissão das brotações, possivelmente o
229 tempo em dias para emergência seja influenciado principalmente pela temperatura do ar
230 (Figura 1). Quando o plantio é realizado em condições de temperaturas menores, o
231 número de dias para a brotação de manivas de mandioca é maior (Alves, 2006).
232

233 **Tabela 3:** Comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva
 234 (PM), dias para emergência (DPE), percentual de sobrevivência (S %) e índice de
 235 brotação (IB %) de manivas de mandioca com diâmetro inferior (< 20 mm) e superior a
 236 20 mm (> 20 mm) plantadas em junho, julho, agosto, setembro e outubro.

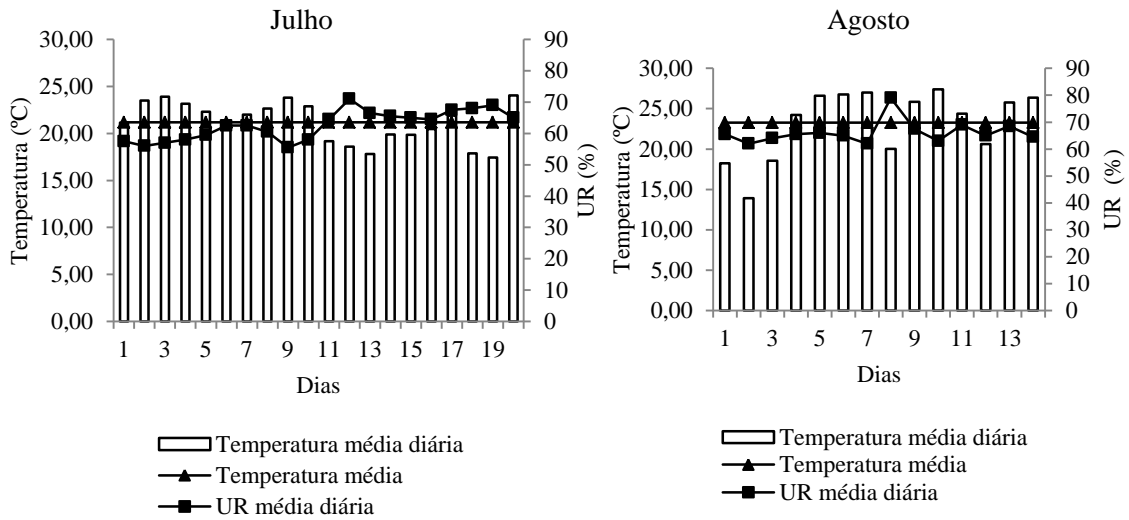
| Caracteres | | | | | | |
|------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | CM (cm) | | DM (mm) | | PM (g) | |
| Época | < 20 mm | > 20 mm | < 20 mm | > 20 mm | < 20 mm | > 20 mm |
| Junho | 4,03* cB | 4,22 bA | 17,96 bB | 22,56 aA | 11,03 aB | 18,91 aA |
| Julho | 4,32 bA | 4,26 bA | 17,84 bB | 22,01 bA | 10,64 aB | 16,89 bA |
| Agosto | 5,54 aA | 4,42 aA | 18,39 aB | 22,23 aA | 10,45 aB | 15,77 cA |
| Setembro | 4,29 bB | 4,54 aA | 17,93 bB | 22,38 aA | 8,66 bB | 15,34 cA |
| Outubro | 4,41 aA | 4,43 bA | 18,31 aB | 21,85 bA | 9,06 bB | 13,25 dA |
| CV (%) | 6,20 | | 2,00 | | 8,24 | |

| Caracteres | | | | | | |
|------------|----------|----------|----------|----------|---------|-----------------|
| | DPE | | S (%) | | IB (%) | |
| Época | < 20 mm | > 20 mm | < 20 mm | > 20 mm | Época | Diâmetro |
| Junho | 17,28 bA | 11,95 cB | 83,74 aA | 61,15 cB | 15,66 e | < 20 mm > 20 mm |
| Julho | 19,98 aA | 20,97 aA | 87,51 aA | 89,01 aA | 43,08 d | 46,60 A 41,37 B |
| Agosto | 14,36 cA | 13,84 bA | 70,93 bA | 80,25 bA | 53,33 b | |
| Setembro | 8,41 eA | 8,55 dA | 63,63 bB | 92,92 aA | 60,00 a | |
| Outubro | 10,82 dA | 11,14 cA | 72,03 bA | 78,95 bA | 48,83 c | |
| CV (%) | 20,59 | | 24,94 | | 25,54 | |

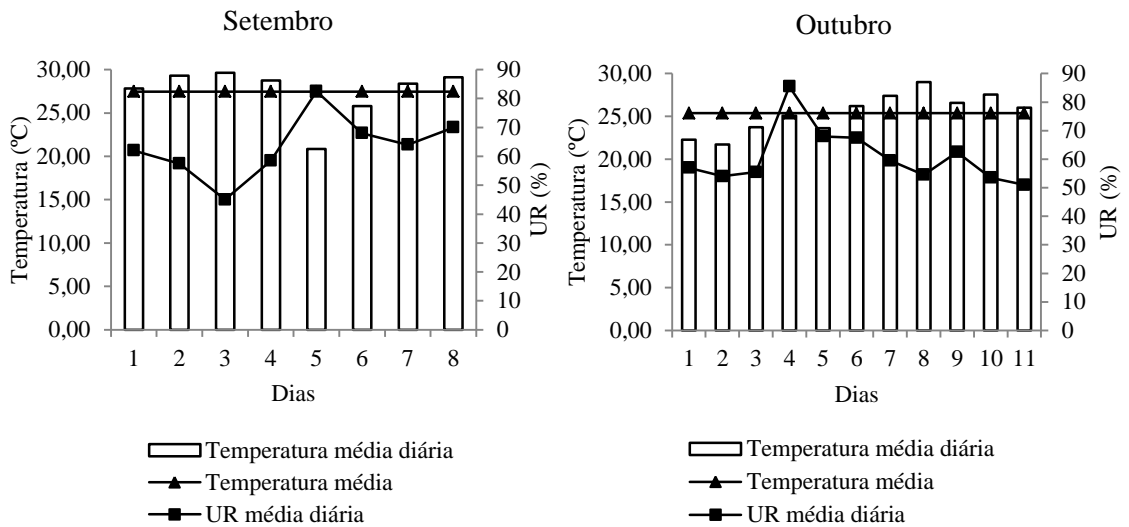
237 *Médias não seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, em cada caractere,
 238 diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade.

239

240



241



242

243 **Figura 1:** Temperatura média diária do ar e umidade relativa (UR %) durante o período

244 de emergência de brotações em manivas de mandioca plantadas em julho, agosto,

245 setembro e outubro.

246

247 Ao avançar nas épocas de plantio, observou-se decréscimo do peso de maniva

248 em ambos os intervalos de diâmetro de manivas avaliados, o que não influenciou

249 negativamente os caracteres relacionados à emergência (DPE) e sobrevivência das

250 brotações (S %). Em locais onde há ausência de geadas, logo após a colheita das ramas

251 de mandioca pode ser realizado o plantio. No Rio Grande do Sul é necessário o

252 armazenamento das ramas para que se mantenham viáveis para o plantio em condições
253 onde o risco de geada é mínimo ou nulo. Apesar disso, de acordo com Santos et al.
254 (2009), após 90 dias de armazenamento a qualidade do material propagativo da
255 mandioca é reduzida drasticamente. Já o IITA (2014) recomenda que o armazenamento
256 não deva ultrapassar os 56 dias para evitar a desidratação dos tecidos e perda de vigor
257 das ramas de mandioca.

258 O armazenamento das ramas para o presente estudo foi realizado à sombra de
259 árvores, em que houve incidência solar no início da manhã, conforme recomendado pelo
260 IITA (2014). Durante o armazenamento, quando ocorreu o aumento da temperatura
261 média do ar iniciou a brotação das ramas, o que foi observado inicialmente no mês de
262 setembro e com maior intensidade no mês de outubro. Este fato pode ser o responsável
263 pela redução do conteúdo de água e substâncias de reserva utilizado pelas brotações e
264 ocasionou a redução do peso de maniva com o aumento do tempo de armazenamento.

265 O plantio realizado no mês de setembro apresentou menores valores de dias para
266 emergência e maior índice de brotação, que foi de 60%. Durante o período da
267 emergência das brotações a temperatura média foi de 27,46°C, a maior entre as épocas
268 de plantio avaliadas e, além disso, observou-se que nesta época de plantio o valor
269 máximo de dias para emergência foi o menor entre as épocas, que foi de 22 dias para
270 manivas menores do que 20 mm e 26 dias para manivas maiores do que 20 mm de
271 diâmetro. Este resultado confirma que o mês de setembro, na ausência de previsões de
272 geadas tardias é o marco inicial do período adequado para o plantio de mandioca em
273 campo pelo método tradicional de plantio. De acordo com a portaria 130/2011 do
274 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do dia 2 de maio de 2011, foi
275 aprovado o zoneamento de risco climático para a cultura da mandioca no estado do Rio

276 Grande do Sul e estabeleceu-se que o plantio no município de Cruz Alta deve ocorrer
277 entre os dias 11 de setembro e 30 de novembro (MAPA, 2011). Como para o método de
278 multiplicação rápida o plantio das manivas é realizado predominantemente em ambiente
279 protegido, o mês de setembro demonstrou ser adequado para o plantio de manivas.

280 De maneira geral, nas épocas de plantio, as manivas de diâmetro inferior a 20
281 mm apresentaram maior índice de brotação (46,60%) em relação à manivas com
282 diâmetro superior a 20 mm (41,37%). Este fato serve como indicativo de que
283 possivelmente manivas com maior diâmetro apresentam maior grau de lignificação, o
284 que reduziu o índice de brotação. Ao realizar o corte da maniva pode-se observar que na
285 porção central localiza-se a medula, que é uma região rica em água. A medula é envolta
286 por uma região com maior concentração de reservas, denominada de córtex e a maniva
287 apresenta condições fisiológicas adequadas para o plantio quando apresenta
288 menos da metade da área interna ocupada pela medula (Bezerra, 2012). A observação
289 da proporção entre a medula e o córtex pode servir para produtores rurais como
290 característica de seleção de manivas para o plantio. Apesar disso, Remison et al. (2015)
291 verificaram que a capacidade de emissão de brotações e também de crescimento
292 vegetativo foi relacionada com o número de gemas por maniva.

293 Para o percentual de sobrevivência nos limites de diâmetro avaliados, não houve
294 diferença significativa nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, exceto para
295 manivas menores do que 20 mm plantadas no mês de setembro, em que o percentual de
296 sobrevivência foi de 63,63%, enquanto que para manivas maiores do que 20 mm houve
297 92,92% de sobrevivência. Apesar da emergência das brotações ser suprida basicamente
298 pela reserva das manivas composta principalmente por carboidratos, em parte das
299 manivas não houve a emissão de raízes para suprir as necessidades do desenvolvimento

300 das brotações pela absorção de água e nutrientes. Com o armazenamento das ramas,
301 ocorre a perda de água do material propagativo o que ocasiona a diminuição do
302 enraizamento e da brotação (Bezerra, 2012). Inicialmente, deve ocorrer a emissão de
303 raízes adventícias e posteriormente a emergência de brotações para que o
304 desenvolvimento da parte aérea seja favorecido (Alves, 2006; IITA, 2014).

305 Para o percentual de sobrevivência de manivas menores do que 20 mm
306 observou-se que o plantio nos meses de junho e julho apresentaram 83,74 e 87,51% de
307 sobrevivência, respectivamente. Por outro lado, destacou-se o baixo índice de brotação
308 no mês de junho (15,66%). Assim, das 600 manivas plantadas no mês de junho, que
309 corresponderam a 1200 gemas, apenas 182 emitiram brotações e 152 sobreviveram. De
310 maneira geral nas condições climáticas do Rio Grande do Sul, o mês de junho não é
311 apropriado para o plantio da cultura da mandioca, o que explica o lento
312 desenvolvimento das brotações sobreviventes que inviabilizou a produção de mudas de
313 mandioca nesta época de plantio. Apesar da época de plantio de manivas de julho
314 apresentar índice de brotação de 43,08%, o percentual de sobrevivência foi elevado em
315 ambos os limites de diâmetro avaliados e este resultado credencia esta época como
316 alternativa para a obtenção de estacas e para a produção de mudas aptas para o
317 transplântio no início da primavera. De acordo com Zuffellato-Ribas & Rodrigues
318 (2001), o sucesso da propagação vegetativa está condicionada aos níveis de substâncias
319 naturais promotoras e inibidoras de crescimento presentes nas plantas.

320 Os coeficientes de correlação linear de Pearson variaram de -0,53 a 0,89 para
321 manivas menores do que 20 mm e maiores do que 20 mm nos plantios realizados nos
322 meses de julho, agosto, setembro e outubro (Tabela 4). Por proporcionar informações
323 sobre o sentido e magnitude da relação linear entre dois caracteres, entendeu-se que o

324 estudo das correlações entre caracteres mensurados na implantação do método de
 325 multiplicação rápida dentro dos limites de diâmetros avaliados apresenta potencial para
 326 que sejam verificadas as relações lineares existentes entre os caracteres relativos às
 327 manivas e a emissão e sobrevivência de brotações. Neste caso, há possibilidade desta
 328 análise auxiliar na melhoria do método nas diferentes épocas de plantio.

329

330 **Tabela 4:** Coeficientes de correlação linear de Pearson entre comprimento de maniva
 331 (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva (PM), dias para emergência (DPE),
 332 índice de brotação (IB %) e percentual de sobrevivência (S %) de manivas de mandioca
 333 com diâmetro inferior e superior a 20 mm plantadas em junho, julho, agosto, setembro e
 334 outubro.

| 1 | CM | DM | PM | DPE | IB | S (%) |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| CM | | -0,29 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | -0,08 ^{ns} |
| DM | -0,41 ^{ns} | | 0,58 [*] | -0,18 ^{ns} | -0,05 ^{ns} | 0,25 ^{ns} |
| PM | 0,24 ^{ns} | 0,58 [*] | | -0,17 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | -0,03 ^{ns} |
| DPE | -0,20 ^{ns} | 0,03 ^{ns} | -0,13 ^{ns} | | 0,17 ^{ns} | -0,24 ^{ns} |
| IB | -0,24 ^{ns} | -0,21 ^{ns} | -0,23 ^{ns} | 0,29 ^{ns} | | -0,05 ^{ns} |
| S (%) | -0,17 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,25 ^{ns} | 0,26 ^{ns} | |
| 2 | CM | DM | PM | DPE | IB | S (%) |
| CM | | 0,15 ^{ns} | 0,74 [*] | 0,05 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,20 ^{ns} |
| DM | 0,13 ^{ns} | | 0,66 [*] | -0,45 [*] | 0,46 [*] | 0,14 ^{ns} |
| PM | 0,62 [*] | 0,79 [*] | | -0,15 ^{ns} | 0,47 [*] | 0,12 ^{ns} |
| DPE | 0,02 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | | -0,53 [*] | 0,18 ^{ns} |
| IB | -0,05 ^{ns} | 0,18 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | -0,36 ^{ns} | | 0,09 ^{ns} |
| S (%) | 0,31 ^{ns} | 0,55 [*] | 0,58 [*] | 0,16 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | |
| 3 | CM | DM | PM | DPE | IB | S (%) |
| CM | | 0,43 ^{ns} | 0,89 [*] | -0,38 ^{ns} | 0,26 ^{ns} | 0,12 ^{ns} |
| DM | 0,10 ^{ns} | | 0,65 [*] | -0,04 ^{ns} | 0,20 ^{ns} | 0,32 ^{ns} |
| PM | 0,68 [*] | 0,74 [*] | | -0,37 ^{ns} | 0,17 ^{ns} | 0,17 ^{ns} |
| DPE | -0,01 ^{ns} | 0,17 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | | -0,02 ^{ns} | 0,28 ^{ns} |
| IB | 0,16 ^{ns} | -0,51 [*] | -0,23 ^{ns} | -0,30 ^{ns} | | 0,41 ^{ns} |
| S (%) | 0,30 ^{ns} | -0,44 [*] | -0,09 ^{ns} | -0,25 ^{ns} | 0,56 [*] | |
| 4 | CM | DM | PM | DPE | IB | S (%) |

| | | | | | | |
|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| CM | | 0,49 [*] | 0,65 [*] | 0,18 ^{ns} | 0,20 ^{ns} | 0,30 ^{ns} |
| DM | -0,27 ^{ns} | | 0,73 [*] | -0,01 ^{ns} | 0,55 [*] | 0,13 ^{ns} |
| PM | 0,46 [*] | 0,63 [*] | | 0,15 ^{ns} | 0,28 ^{ns} | 0,31 ^{ns} |
| DPE | -0,37 ^{ns} | 0,51 [*] | 0,14 ^{ns} | | -0,18 ^{ns} | 0,50 [*] |
| IB | 0,40 ^{ns} | -0,34 ^{ns} | -0,10 ^{ns} | -0,29 ^{ns} | | -0,29 ^{ns} |
| S (%) | 0,16 ^{ns} | 0,34 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | -0,23 ^{ns} | |

335 *Coeficientes com valores iguais ou superiores 0,58, 0,45, 0,44 e 0,50, para as épocas de plantio de
336 manivas de julho, agosto, setembro e outubro, respectivamente, foram significativos pelo teste t em 0,05
337 de probabilidade.

338 ^{ns} Não significativo.

339 1: Diagonal superior manivas com diâmetro menor do que 20 mm e diagonal inferior manivas com
340 diâmetro maior do que 20 mm plantadas em julho.

341 2: Diagonal superior manivas com diâmetro menor do que 20 mm e diagonal inferior manivas com
342 diâmetro maior do que 20 mm plantadas em agosto.

343 3: Diagonal superior manivas com diâmetro menor do que 20 mm e diagonal inferior manivas com
344 diâmetro maior do que 20 mm plantadas em setembro.

345 4: Diagonal superior manivas com diâmetro menor do que 20 mm e diagonal inferior manivas com
346 diâmetro maior do que 20 mm plantadas em outubro.

347 n= 20.

348

349 Nas épocas de plantio dos meses de julho, agosto, setembro e outubro houve
350 correlação linear significativa entre diâmetro de maniva e peso de maniva para manivas
351 menores do que 20 mm e para manivas maiores do que 20 mm de diâmetro. Entre os
352 limites de diâmetro estudados, à medida que o diâmetro aumenta ocorreu o aumento do
353 peso de maniva. Nas épocas de plantio dos meses de agosto, setembro e outubro para
354 manivas de diâmetro menor e maior do que 20 mm houve correlação do comprimento
355 de maniva com o peso de maniva, indicando que manivas com maior comprimento
356 apresentaram maior peso.

357 No mês de agosto, para manivas com diâmetro inferior a 20 mm, observou-se
358 que com o aumento do diâmetro de maniva ocorreu à redução dos dias para emergência,
359 ou seja, manivas de maior diâmetro atingiram a emergência de brotações em menos
360 tempo e quanto maior o diâmetro de maniva maior foi o índice de brotação devido ao
361 maior acúmulo de água e reservas. Como para o mês de agosto a temperatura média do
362 ar foi menor do que nos meses de setembro e outubro (Figura 1), presume-se que não é
363 recomendável o plantio de manivas de menor diâmetro, ou seja, diâmetro mais próximo

364 aos 15 mm, por ser necessário mais dias para emergência e pelo índice de brotação ser
365 menor. Corroborando com este resultado, verificou-se que o índice de brotação foi
366 maior com o aumento do peso de maniva e quanto maior o índice de brotação menos
367 dias foram necessários para a emergência, ou seja, o plantio de manivas de maior peso
368 proporcionou o maior índice de brotação e quando o índice de brotação foi maior,
369 menos tempo foi necessário para a emergência de brotações.

370 Para manivas com diâmetro maior do que 20 mm, caracteres como o peso de
371 maniva e diâmetro de maniva exerceram influência sobre o percentual de sobrevivência.
372 Verificou-se que quanto maiores o diâmetro e peso de maniva maior foi o percentual de
373 sobrevivência. De maneira geral, dentro dos limites de diâmetro avaliados, em plantio
374 realizado no mês de agosto foi vantajoso o uso de manivas de maior diâmetro e
375 conseqüentemente com maior peso por favorecer a emissão e a sobrevivência das
376 brotações de mandioca. O maior acúmulo de substâncias de reserva ocasiona maiores
377 percentuais de sobrevivência e enraizamento em estacas de espécies vegetais
378 (Fachinello et al., 2005).

379 Em setembro para as manivas maiores do que 20 mm o diâmetro de maniva
380 apresentou correlação linear negativa significativa com o índice de brotação e o
381 percentual de sobrevivência. Nesta época, que teve a maior temperatura média do ar
382 (27,46°C), este resultado indicou que manivas de diâmetro próximo a 25 mm
383 apresentaram menor índice de brotação e também menor percentual de sobrevivência. A
384 correlação entre índice de brotação e percentual de sobrevivência corroborou com este
385 resultado, ou seja, quanto maior o índice de brotação maior foi o percentual de
386 sobrevivência e nesta época de plantio não foi vantajoso o plantio de manivas com

387 diâmetro próximo a 25 mm. A emissão de brotações é suprida pelos fotoassimilados
388 acumulados na parte aérea, principalmente os açúcares solúveis (Dias et al., 2011).

389 No plantio do mês de outubro, em manivas menores do que 20 mm foram
390 observadas correlações significativas do diâmetro de maniva com o comprimento de
391 maniva e com o índice de brotação. Também houve correlação dos dias para emergência
392 com percentual de sobrevivência. Este resultado ressaltou que com o plantio de manivas
393 com diâmetro próximo a 20 mm houve aumento do índice de brotação e que manivas
394 que demoraram mais para atingir a emergência apresentaram maior sobrevivência de
395 brotações. Apesar de necessitar mais dias para emergência no mês de outubro, manivas
396 de maior diâmetro apresentaram maior sobrevivência. Devido ao maior tempo de
397 armazenamento, possivelmente as manivas de menor diâmetro perderam maior
398 quantidade de água e reservas importantes para a sobrevivência das brotações. Em
399 manivas maiores do que 20 mm, quanto maior o diâmetro, mais dias foram necessários
400 para a emergência pelo maior grau de lignificação das manivas. Manivas de maior
401 diâmetro e com aspecto lenhoso podem apresentar menor índice de brotação e,
402 inclusive, gemas inviáveis (Mattos & Cardoso, 2003). Em tese, entre os caracteres
403 mensurados nas manivas no momento do plantio, o diâmetro demonstrou sua
404 importância e suas relações com caracteres importantes no estudo da adaptação do
405 método de multiplicação rápida.

406 De acordo com a Figura 1, as temperaturas médias do ar para a fase do plantio
407 da maniva até a emergência das brotações (PLM-EM) nos plantios de julho, agosto,
408 setembro e outubro foram, respectivamente: 21,18, 23,27, 27,46 e 25,37°C. As
409 temperaturas mínimas foram: 17,43, 13,92, 20,85 e 21,70 e as máximas: 24,05, 27,38,
410 29,65 e 29,00°C. Para esta fase, houve variação na soma térmica acumulada entre as

411 épocas de plantio, porém a duração da fase não diferiu entre os métodos de estimação da
412 soma térmica acumulada. Isso deu-se pelo fato de que durante a fase de plantio da
413 maniva até a emergência das brotações a temperatura média diária do ar não superou a
414 temperatura ótima para a cultura da mandioca, que foi de 30°C.

415 Quando o plantio foi realizado no mês de julho, houve o maior período em dias
416 para completar a fase do plantio da maniva até a emergência (20 dias) e também o maior
417 valor observado para a soma térmica acumulada (143,53°C dia). Por outro lado, a época
418 de plantio de setembro teve a menor duração em dias (8 dias) para a fase e a menor
419 soma térmica acumulada (107,65°C dia). As épocas de plantio de agosto e outubro
420 foram similares, visto que o plantio em agosto necessitou de 14 dias para completar a
421 fase do plantio da maniva até a emergência enquanto que o mês de outubro a completou
422 em 11 dias. Na soma térmica acumulada nos plantios de agosto e outubro, observou-se
423 diferença de 4,65°C dia (Tabela 5). Para a cultivar Maus 10 plantada na profundidade de
424 10 cm em incubadoras e considerando como temperatura base 13°C, foram necessários
425 em torno de 210 graus dia para emergência de 50% das brotações (Keating & Evenson,
426 1979).

427

428 **Tabela 5:** Duração da fase do plantio da maniva até a emergência de brotações (PLM-
 429 EM) em dias e em soma térmica acumulada (STa), temperatura do substrato na fase
 430 plantio da maniva até a emergência (Temp. substrato (°C) PLM-EM) nas épocas de
 431 plantio de julho, agosto, setembro e outubro e coeficientes de correlação linear de
 432 Pearson entre a fase plantio de maniva até a emergência (PLM-EM), temperatura do
 433 substrato para emergência (T°C Substrato) e soma térmica acumulada para emergência
 434 (STa (°C dia)).

| Época de plantio | PLM - EM (dias) | PLM - EM (STa) | Temp. substrato (°C) PLM-EM |
|------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| Julho | 20 | 143,53 | 18,89 |
| Agosto | 14 | 129,73 | 20,75 |
| Setembro | 8 | 107,65 | 24,75 |
| Outubro | 11 | 125,08 | 22,52 |
| | PLM-EM | T°C Substrato | STa (°C dia) |
| | PLM-EM | -0,97* | 0,96* |
| | T°C Substrato | | -0,99* |
| | STa (°C dia) | | |

435 * Significativo em 0,05 de probabilidade, pelo teste t.

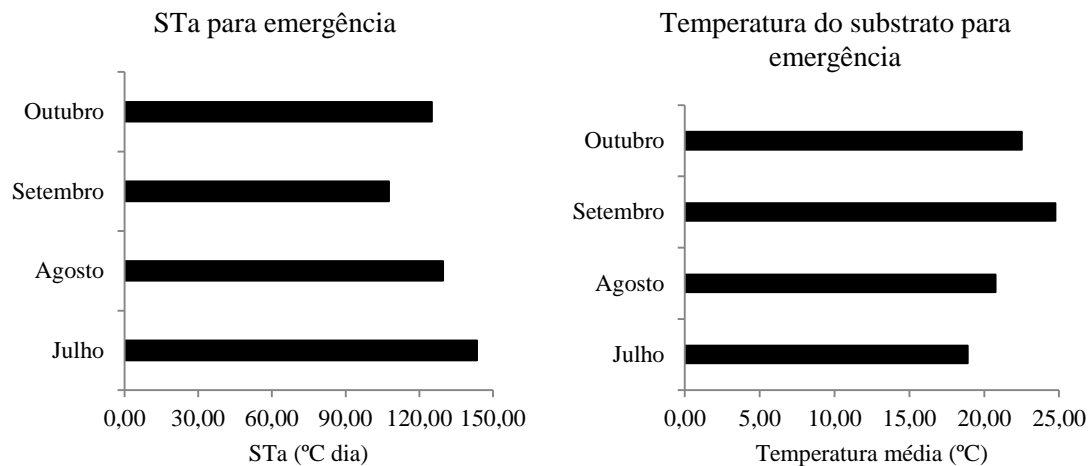
436 n= 4.

437

438 No plantio do mês de julho, quando houve maior necessidade de acúmulo de
 439 soma térmica acumulada foi verificada a menor temperatura média no substrato
 440 (18,89°C). No mês de setembro quando foi necessário o menor acúmulo de soma
 441 térmica acumulada para a emergência de brotações foi verificada a maior temperatura
 442 média no substrato (24,75°C), ou seja, houve relação entre a soma térmica acumulada
 443 necessária para a emergência de brotações e a temperatura média no substrato (Figura
 444 2). Deste modo, quando a temperatura média no substrato foi menor, houve necessidade
 445 de maior soma térmica acumulada e pode-se inferir que a temperatura no substrato
 446 exerceu efeito direto sobre a emergência de brotações de mandioca. De acordo com

447 Keating & Evenson (1979), temperaturas do solo inferiores à 17°C diminuem a
 448 velocidade de emissão de brotações e em temperaturas próximas à 30°C a emissão de
 449 brotações é acelerada.

450



451

452 **Figura 2:** Soma térmica acumulada (STa (°C dia)) e temperatura média (°C) do
 453 substrato para emergência de brotações em manivas de mandioca plantadas em julho,
 454 agosto, setembro e outubro.

455

456 A relação existente entre a soma térmica acumulada e a temperatura média no
 457 substrato foi confirmada pelos coeficientes da correlação linear de Pearson (Tabela 5).
 458 Pôde-se observar que houve correlação linear negativa significativa entre a fase do
 459 plantio da maniva até a emergência e a temperatura do substrato ($T^{\circ}\text{C}$ substrato) (-0,97),
 460 ou seja, com o aumento da temperatura no substrato ocorreu a diminuição da fase.
 461 Houve correlação linear positiva da fase do plantio da maniva até a emergência com a
 462 soma térmica acumulada (STa) (0,96), indicando que quando a fase foi maior houve
 463 maior acúmulo de soma térmica. Observou-se correlação negativa entre a soma térmica
 464 acumulada e a temperatura no substrato (-0,99). Esta correlação negativa confirmou a

465 relação inversamente proporcional existente entre a soma térmica acumulada e a
466 temperatura do substrato para a emergência de brotações de mandioca.

467

468 **CONCLUSÃO**

469 O plantio de manivas com diâmetro entre 20 e 25 mm no mês de setembro é o
470 mais indicado para a obtenção de estacas pelo método de multiplicação rápida.

471

472 **AGRADECIMENTOS**

473 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
474 pela concessão da bolsa de estudos para André Schoffel.

475

476 **REFERÊNCIAS**

477 Alves AAC (2006) Fisiologia da mandioca. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura
478 Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas,
479 Embrapa. Cap. 7, p.138-169.

480 Aguiar JLP, Sousa TC & Lôbo CF (2013) Aspectos econômicos e de mercado do
481 cultivo de mandioca. In: Fialho JF & Vieira EA (Ed.). Mandioca no Cerrado:
482 orientações técnicas. 2ª ed. Planaltina, Embrapa. Cap. 9, p.161-203.

483 Arnold CY (1960) Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat
484 units. Journal of the American Society for Horticultural Sciences, 76: 682-692.

485 Bezerra VS (2012) Maniva-semente: como selecionar e conservar. Comunicado Técnico
486 125. Embrapa Amapá. 5p.

487 Brasil (2009) O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Brasília:
488 MDA. 96p.

- 489 Ceballos H, Kawuki RS, Gracen VE, Yencho GC & Hershey CH (2015) Conventional
490 breeding, marker-assisted selection, genomic selection and inbreeding in clonally
491 propagated crops: a case study for cassava. *Theoretical and Applied Genetics*, 128:
492 1647-1667.
- 493 Ceballos H, Ramirez J, Bellotti AC, Jarvis A & Alvarez E (2011) Adaptation of cassava
494 to changing climates. In: Yadav SS, Redden RJ, Hatfield JL, Lotze-Campen H & Hall
495 AE (Eds), *Crop adaptation to climate change*, Wiley-Blackwell, Oxford. p.411-425.
- 496 Dias JPT, Ono EO & Rodrigues JD (2011) IBA e carboidratos no enraizamento de
497 brotações procedentes de estacas radiciais de *Rubus* Spp. *Revista Brasileira Fruticultura*,
498 33: 666-671.
- 499 El-Sharkawy MA (2012) Stress-tolerant cassava: the role of integrative ecophysiology-
500 breeding research in crop improvement. *Open Journal of Soil Science*, 2: 162-186.
- 501 Equipe Estatcamp (2014) *Software Action*. Estatcamp - Consultoria em estatística e
502 qualidade, São Carlos - SP, Brasil. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>.
- 503 Fachinello JC, Hoffmann A & Nachtigal JC (2005) *Propagação de plantas frutíferas*.
504 Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica. 221p.
- 505 Ferreira DF (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência &*
506 *Agrotecnologia*, 35: 1039-1042.
- 507 Gilmore Jr EC & Rogers JS (1958) Heat units as a method of measuring maturity in
508 corn. *Agronomy Journal*, 50: 611-615.
- 509 IBGE (2019) *Indicadores IBGE: Estatísticas da Produção Agrícola*. CEPAGRO:
510 Comissão Especial de Planejamento, Controle e Avaliação das Estatísticas
511 Agropecuárias. 92p.

- 512 Ishida AKN, Cardoso SVD, Almeida CA, Noronha ACS & Cunha EFM (2016)
513 Incidência da Bacteriose da Mandioca (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) no
514 Estado do Pará. Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento
515 105. 22p.
- 516 IITA (2014) Rapid Multiplication of Cassava Stems. IYA Cassava Value Chain
517 Members. 9p.
- 518 Keating BA & Evenson JB (1979) Effect of soil temperature on sprouting and sprout
519 elongation of stem cuttings of cassava. Field Crops Research, 2: 241–252.
- 520 Koefender J, Golle DP, Manfio CE, Horn RC, Camera JN & Dambróz APB (2015)
521 Boletim técnico cultura da mandioca. Boletim técnico n. 1, Cruz Alta: Unicruz. 26p.
- 522 Matthews RB & Hunt LA (1994) GUMCAS: a model describing the growth of cassava
523 (*Manihot esculenta* L. Crantz). Field Crops Research, 36: 69-84.
- 524 Mattos PLP & Cardoso EMR (2003) Cultivo da mandioca para o Estado do Pará.
525 Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de Produção 13, 2003. Disponível em:
526 https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/s
527 [ementes.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/s). Acessado em: 16 de abril de 2018.
- 528 MAPA (2011) Portaria 130/2011. Secretaria de política agrícola. Departamento de
529 gestão de risco rural. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
530 11p.
- 531 Moraes MS, Medeiros EV, Moreira KA, Cavalcanti MS & Oliveira NT (2014)
532 Epidemiologia das doenças da parte aérea da mandioca no Município de Alagoa Nova,
533 Paraíba. Summa Phytopathologica, 40: 264-269.

- 534 Piza IMT & Pinho RS (2002) Protocolo de micropropagação da mandioca. In: Cereda,
535 M. P. (Ed.) Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação
536 Cargill, v. 2. P 179-186.
- 537 Remison SU, Omorodion E & Eifedyi EK (2015) A re-examination of the effects of
538 length of stem cuttings on the growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz).
539 Nigerian Annals of Natural Science, 15: 9-13.
- 540 Santos VS, Souza AS, Viana AES, Ferreira Filho JR, Souza KAS & Menezes MC
541 (2009) Multiplicação Rápida, Método Simples e de Baixo Custo na Produção de
542 Material Propagativo de Mandioca. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44.
543 Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 24p.
- 544 Schons A, Streck NA, Kraulich B, Pinheiro DG & Zanon AJ (2007) Emissão de folhas
545 e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função
546 da época de plantio. Ciência Rural, 37: 1586-1592.
- 547 Shiji R, George J, Sunitha S & Muthuraj R (2014) Micropropagation for Rapid
548 Multiplication of Planting Material in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of
549 Root Crops, 40: 1-8.
- 550 Zuffellato-Ribas CK & Rodrigues DJ (2001) Estaquia: uma abordagem dos principais
551 aspectos fisiológicos. Embrapa Florestas. Curitiba: Imprensa Universitária da
552 Universidade Federal do Paraná. 39p.

4 CAPÍTULO 2

ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MULTIPLICAÇÃO RÁPIDA: SELEÇÃO DE ESTACAS PELO NÚMERO DE FOLHAS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANDIOCA

RESUMO

Com o objetivo de verificar a capacidade de enraizamento e o percentual de sobrevivência de mudas de mandioca da cultivar Apronta Mesa provenientes de estacas selecionadas com base no caractere número de folhas, conduziu-se uma pesquisa em quatro épocas de plantio. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 5 repetições, em fatorial (4x2x2). Os tratamentos foram compostos pela combinação das épocas de plantio (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), origem das estacas: manivas menores do que 20 mm (15 a 19,99 mm) e manivas maiores do que 20 mm (20 a 25 mm) e do número de folhas das estacas: número de folhas (3 a 5 folhas e de 6 a 8 folhas). Foram mensurados a altura de planta no plantio, número de folhas no plantio e número de folhas 7 dias após o plantio. Após a aclimatização, foram mensurados o número de folhas final, altura de planta final, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e a massa seca total. Para a produção de mudas de mandioca pela adaptação do método de multiplicação rápida deve ser priorizada a utilização de manivas com diâmetro entre 20 e 25 mm. As estacas devem ser coletadas com 6 a 8 folhas visíveis e o plantio realizado no final do mês de setembro.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, propagação vegetativa, idade fisiológica, desenvolvimento.

ABSTRACT

A research was conducted at four growing seasons aiming to verify the rooting capacity and percentage of survival of cassava seedlings of cultivar Apronta Mesa from selected cuttings based on the trait number of leaves. The experimental design was a randomized block design with five replications in a factorial scheme (4x2x2). Treatments consisted of the combination of growing

seasons (September 22, October 7 and 19, and November 25), stem cuttings smaller (15 to 19.99 mm) and larger (20 to 25 mm) than 20 mm in diameter, and number of leaves of cuttings (3 to 5 and 6 to 8 leaves). Plant height at planting, number of leaves at planting, and number of leaves at 7 days after planting were measured. The final number of leaves, final plant height, shoot dry matter, root dry matter, and total dry matter were measured after acclimatization. The use of stem cuttings between 20 and 25 mm in diameter should be prioritized for producing cassava seedlings by adapting the rapid multiplication method. Cuttings should be collected with 6 to 8 visible leaves and planted at the end of September.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, vegetative propagation, physiological age, development.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família *Euphorbiaceae*. É cultivada em vários países do mundo e contribui para a segurança alimentar pela produção de raízes tuberosas que apresentam maior interesse comercial (Rangel et al. 2018). Por ser uma importante fonte energética e nutricional com boa palatabilidade, é bem aceita por diversos rebanhos como o bovino e, inclusive, a casca de mandioca é alternativa para compor a alimentação de ovinos (Faria et al. 2011). Além disso, apresenta amplo potencial para a produção de etanol (Salla e Cabello 2010).

Principalmente em regiões tropicais, a mandioca apresenta importância devido à elevada rusticidade, fácil propagação, reduzida exigência em fertilidade do solo e tolerância ao estresse hídrico, o que a credencia como uma cultura de alta importância socioeconômica (Ferreira Filho et al. 2013). Por ser cultivada predominantemente em áreas com baixa qualidade edáfica, a produtividade média em propriedades familiares brasileiras é de aproximadamente 5.770 kg ha⁻¹ (Brasil 2009). A qualidade do material propagativo e os métodos de plantio e de manejo têm contribuído para a baixa produtividade (Silva et al. 2013) e em virtude disso, o aprimoramento de métodos alternativos é uma forma eficaz e de baixo custo para incrementar a produtividade.

O método tradicional de plantio é o meio propagativo mais utilizado e consiste do plantio de manivas com aproximadamente 6 gemas em sulcos não adubados e em espaçamentos que variam de acordo com a cultivar e nível tecnológico. Este método possui baixa taxa de multiplicação por planta em um ano, com valores que ficam aproximadamente em 1:10 (Santos et al. 2009). Isso se caracteriza como um limitante para a taxa de utilização de materiais propagativos de elevada qualidade e conforme Ceballos et al. (2011), a aplicação de técnicas de multiplicação rápida são importantes para aumentar a taxa de multiplicação da cultura da mandioca.

Diante disso, o método de multiplicação rápida, desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) na Colômbia, é uma alternativa ao método tradicional de plantio que possibilita o aumento da taxa de utilização de ramas com qualidade sanitária e fisiológica. Consiste do plantio de manivas com duas gemas em canteiros cobertos com filme plástico transparente para que o enraizamento seja favorecido. Quando as brotações atingem aproximadamente 15 cm de altura são cortadas na base, de 1 a 2 cm acima da superfície do solo e acondicionadas em recipientes com água para a estimulação do enraizamento adventício. Após iniciar o enraizamento, as estacas são plantadas em embalagens com substrato para o estabelecimento das mudas. De acordo com Santos et al. (2009) e Fukuda e Carvalho (2006), a utilização do método permite aumento na taxa de multiplicação de até 16 vezes em comparação ao método tradicional. De acordo com Piza e Pinho (2002), o método de multiplicação rápida demonstra sua importância principalmente em casos de incidência de doenças, ataque de pragas ou danos causados por geada, situações que reduzem drasticamente a quantidade e a qualidade de materiais propagativos. Nestes casos, com a aplicação do método de multiplicação rápida ocorre à melhoria na taxa de utilização do material propagativo disponível.

Apesar da existência de adaptações do método para as condições de cultivo no Nordeste (Santos et al. 2009), Norte (Rodrigues et al. 2008) e no Sul do Brasil (Koefender et al. 2015), independente da cultivar e da época de plantio, o caractere utilizado para a seleção de estacas é a altura. De acordo com Streck et al. (2003), o número de folhas reflete a idade fisiológica das plantas

e, deste modo, pode ser um caractere adequado para a seleção de estacas de mandioca quando utilizado o método de multiplicação rápida, independentemente da cultivar utilizada. Conhecido o potencial de enraizamento das estacas de mandioca (Rodrigues et al. 2008), a supressão da etapa de enraizamento em água e o plantio direto em substrato pode surgir como uma alternativa para a redução do período de tempo para obtenção das mudas.

Este fato demonstra importância, principalmente nos estados do Sul do Brasil onde ocorre período de repouso vegetativo durante o inverno em virtude das baixas temperaturas, que dura até o início da primavera (Fagundes et al. 2009). Neste contexto, a investigação sobre a utilização de adaptações do método de multiplicação rápida em ambiente controlado durante o inverno para a produção de mudas de mandioca merece destaque pela possibilidade de obtenção de mudas para plantio na época recomendada. O objetivo desta pesquisa foi verificar a capacidade de enraizamento e o percentual de sobrevivência de estacas de mandioca selecionadas com base no caractere número de folhas em quatro épocas de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O plantio das manivas da cultivar Apronta Mesa para a coleta das estacas (brotações) foi realizado no segundo decêndio de julho, agosto, setembro e outubro de 2017 em bandejas plásticas de 15 células de cor preta com as seguintes dimensões: 34 cm de comprimento x 21 cm de largura x 7,8 cm de altura. As células apresentam 6,2 cm na parte superior x 5,0 cm na parte inferior x 7,8 cm de altura e 5 furos com 6 mm na base para escoamento da água excedente aplicada via irrigação. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®].

O experimento foi conduzido em 2017, em quatro épocas de plantio de estacas (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), em casa de vegetação modelo Van der Hoeven, que apresenta orientação norte-sul, bem como as bancadas sobre as quais os tratamentos foram alocados. A irrigação foi automática por nebulização e a temperatura média foi de 25°C. Foram utilizados 9 turnos diários de irrigação que totalizaram aproximadamente 6 mm dia⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 5 repetições, em fatorial (4x2x2), totalizando 16 tratamentos. Os tratamentos foram compostos pela combinação das épocas de plantio de estacas (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), origem das estacas: manivas menores do que 20 mm (manivas com diâmetro entre 15 e 19,99 mm) e manivas maiores do que 20 mm (manivas com diâmetro entre 20,00 mm e 25 mm) e do número de folhas (3 a 5 folhas e 6 a 8 folhas).

As estacas utilizadas foram coletadas com auxílio de um estilete desinfestado com álcool 70% (v/v), de modo que o corte foi realizado um centímetro acima da superfície do substrato. Após coletada, cada estaca foi imediatamente plantada em bandejas plásticas iguais as utilizadas para o plantio das manivas. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®] previamente irrigado para evitar a desidratação dos tecidos no plantio. Foi aberto um sulco de um centímetro de profundidade e realizado o plantio de uma estaca por célula. A unidade experimental foi composta por uma bandeja de 15 plantas. O plantio foi realizado no período da manhã e a temperatura máxima no plantio foi de 25°C para minimizar o risco de desidratação dos tecidos das estacas.

No momento do plantio foi realizada a medição da altura de planta no plantio (APP) medida da base até a última folha visível e contagem do número de folhas no plantio (NFP). A folha foi considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha não se tocavam (Schons et al. 2007). Aos 7 dias após o plantio (DAP) foi realizada novamente a contagem do número de folhas visíveis (NF 7 DAP). As medições foram realizadas com régua milimetrada e os valores apresentados em cm.

Aos 30 DAP, as mudas foram retiradas da casa de vegetação e levadas para a estufa agrícola para aclimatização mínima de 5 dias, exceto para a época de plantio de 25/11, em que as mudas foram para a aclimatização aos 23 DAP. Em cada época de plantio (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), aos 48, 47, 44 e 31 DAP, respectivamente, foi realizada a contagem do número de folhas final (NFF), a medição da altura de planta final (APF) e foi realizada a avaliação destrutiva, que constou da

separação da parte aérea e sistema radicular e posterior lavagem das raízes para a determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSR). As amostras foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e levadas à estufa de secagem com ventilação forçada de ar, à temperatura média de 45°C, até obter massa constante. A massa seca total (MST) foi obtida pela soma da massa seca da parte aérea e de raízes. Todas as pesagens foram realizadas em balança digital de precisão com resolução de 0,01 grama. Para os caracteres mensurados na avaliação destrutiva, foram avaliadas duas plantas de cada unidade experimental e os valores foram expressos em mg planta⁻¹. Para o percentual de sobrevivência final (SF %), foram consideradas todas as plantas de cada unidade experimental e foi calculado pela divisão do número de plantas sobreviventes até o término da aclimatização pelo total de plantas, com resultado multiplicado por 100.

Antecedendo a análise de variância, foi verificado o atendimento aos pressupostos do modelo matemático: homogeneidade das variâncias de tratamentos e normalidade dos erros, por meio da aplicação dos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente, em 0,05 de probabilidade de erro. Quando os pressupostos não foram atendidos, foi utilizado o procedimento Box-Cox para verificar a transformação adequada aos dados obtidos com o auxílio do software Action (Equipe Estatcamp 2014). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade, com auxílio do pacote estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para nenhum dos nove caracteres avaliados foi observada interação tripla significativa. Houve interação dupla significativa entre os fatores apenas para a altura de planta no plantio (APP) e para o número de folhas no plantio (NFP). Para estes caracteres, foi realizado o desdobramento da interação entre épocas de plantio e diâmetro e entre épocas de plantio e número de folhas, respectivamente. Para o número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta

final (APF), número de folhas final (NFF) e percentual de sobrevivência final (SF %) foi realizado o estudo dos efeitos principais dos fatores que foram significativos.

Por não atender aos pressupostos do modelo matemático, foi aplicado o procedimento Box-Cox para a verificação da transformação adequada para os dados dos caracteres mensurados na avaliação destrutiva: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa seca total (MST). Para a massa seca de raízes houve interação significativa entre épocas de plantio e número de folhas. Para a massa seca da parte aérea e massa seca total foi realizada análise dos efeitos principais dos fatores que foram significativos.

Em todas as épocas de plantio, para o número de folhas no plantio, o nível do fator número de folhas de mudas com 6 a 8 folhas apresentou valores superiores aos observados para as mudas com 3 a 5 folhas (Tabela 1). Este resultado confirmou a diferença entre os dois níveis do fator número de folhas. Para mudas com 3 a 5 folhas e com 6 a 8 folhas, o plantio de estacas em 22/9 apresentou o maior número de folhas no plantio com 4,21 e 6,44 folhas, respectivamente.

Para a altura de planta no plantio, manivas com diâmetro superior a 20 mm proporcionaram a obtenção de estacas maiores em todas as épocas de plantio. Entre as épocas, no plantio de 22/9 em ambos os intervalos de diâmetro a altura de planta no plantio foi superior, porém, não diferindo significativamente do plantio em 7/10 para manivas maiores do que 20 mm. De maneira geral, com o avanço das épocas de plantio, observou-se redução da altura de planta no plantio em ambos os intervalos de diâmetro avaliados. Possivelmente, a redução do peso de maniva e do acúmulo de substâncias de reserva com o aumento do tempo de armazenamento tenham afetado o crescimento das estacas e conseqüentemente a altura de planta no plantio. De acordo com Alves (2006) o crescimento da parte aérea e sistema radicular são influenciados maioritariamente pelas reservas nutricionais das manivas até aproximadamente 30 dias após o plantio.

Em todas as épocas de plantio, a massa seca de raízes foi maior em mudas provenientes de estacas com 6 a 8 folhas, não diferindo significativamente de mudas originadas de estacas com 3 a 5 folhas no plantio de 22/9. No plantio de 25/11, a massa seca de raízes para mudas originadas de

estacas com 3 a 5 folhas foi de 94 mg planta⁻¹, enquanto que para mudas provenientes de estacas com 6 a 8 folhas a massa seca de raízes foi de 237,50 mg planta⁻¹. As manivas menores do que 20 mm plantadas no mês de outubro que originaram as estacas plantadas em 25/11 apresentaram menor peso de maniva e conseqüentemente o menor aporte de carboidratos que influenciou negativamente a capacidade de enraizamento das mudas nesta época de plantio, já que no período do enraizamento há uma grande demanda nutricional para a manutenção dos processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento (Neves et al. 2018). A síntese de carboidratos e auxinas acontece nas folhas e a sua presença em estacas vegetais favorece a sobrevivência e o enraizamento (Pacheco e Franco 2008), além de que o vigor e os aspectos nutricionais da planta matriz exercem influência sobre o enraizamento de estacas em espécies vegetais (Fachinello et al. 1995, Hartmann et al. 2002).

Mudas produzidas com estacas com 6 a 8 folhas apresentaram os melhores resultados para: número de folhas aos 7 dias após o plantio, número de folhas final, altura de planta final, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total. Este resultado serve com indicativo de que estacas com 6 a 8 folhas originaram mudas de mandioca com melhor crescimento e desenvolvimento da parte aérea e de sistema radicular (Tabela 2). A capacidade de diferenciação de raízes é influenciada por fatores endógenos das espécies e fatores exógenos que são relativos às condições apresentadas pelo meio de enraizamento, como: temperatura, luz e umidade. Nos fatores endógenos, destacam-se as substâncias que são sintetizadas pelas folhas e transportadas por vasos vasculares, como: carboidratos, hormônios vegetais, compostos nitrogenados e vitaminas (Barbosa e Lopes 2007).

Dentre os hormônios vegetais, a citocinina é responsável pela multiplicação celular no meristema apical da parte aérea e, por outro lado, em altos níveis, atua na diminuição do tamanho do meristema apical radicular (Taiz e Zeiger 2013). A auxina é responsável pela divisão celular no meristema apical da raiz. Apesar do ápice da parte aérea ser a principal fonte de auxina para toda a planta, o transporte polar basípeto contribuí para a chegada da auxina até as raízes. Quando há maior concentração de auxina endógena do que de citocininas ocorre a formação de raízes

adventícias e o crescimento radicular é favorecido (Moubayidin et al. 2010, Taiz e Zeiger 2013). Por outro lado, maiores níveis de citocininas em relação a auxinas favorecem a brotação adventícia (Hartmann et al. 2002). Como a síntese de auxina ocorre em meristemas e tecidos jovens em divisão, principalmente no ápice caulinar, possivelmente o número de folhas superior favoreceu a síntese de auxinas e conseqüentemente a rizogênese adventícia em mudas provenientes de estacas com 6 a 8 folhas.

O diâmetro de maniva maior do que 20 mm proporcionou mudas com maior número de folhas aos 7 dias após o plantio, número de folhas final, percentual de sobrevivência final, massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total. Porém, para a massa seca da parte aérea e massa seca de raízes não houve diferença significativa com manivas de diâmetro inferior a 20 mm. Apesar da ausência de diferença significativa, destaca-se que a massa seca total foi superior em mudas provenientes de manivas com diâmetro maior do que 20 mm, além de proporcionar maior percentual de sobrevivência final (92,83%). Este resultado indicou que o diâmetro de manivas superior a 20 mm proporcionou maior quantidade de mudas e com qualidade superior para o transplântio para campos de produção. De acordo com Silva et al. (2001), manivas de menor diâmetro, provenientes de hastes herbáceas, possuem alto teor de água e reduzido acúmulo de substâncias de reserva, dando origem a plantas menos resistentes às adversidades climáticas. O desenvolvimento vigoroso da parte aérea é importante para a produção e acúmulo de reservas utilizadas no início do crescimento das plantas e a seleção de manivas de qualidade demonstra importância para o aumento da produtividade de mandioca (Yomeni et al. 2012).

O número de folhas aos 7 dias após o plantio foi maior para o plantio realizado em 25/11. O plantio em 7/10 apresentou o pior resultado para este caractere. Este fato pode ter sido influenciado pela queda de folhas inferiores nas mudas plantadas nesta época, o que foi observado em menor intensidade nas outras épocas de plantio (Tabela 3).

Para o número de folhas final os melhores resultados foram observados nos plantios de 22/9 e 25/11. Apesar da diferença significativa para este caractere, o número de folhas entre as épocas de

plântio variou de 8,07 a 9,05 folhas planta⁻¹, ou seja, pode-se assumir que para a cultivar Apronta Mesa entre as épocas de plântio avaliadas (22/9 a 25/11) o número de folhas final das mudas variou de 8 a 9 folhas planta⁻¹, o que indicou que o desenvolvimento das mudas de mandioca foi favorecido quando o plântio das mudas de mandioca é realizado neste intervalo. Possivelmente após o transplantio para o campo de produção, dificilmente essa diferença estatística ocasionará efeito positivo ou negativo sobre as mudas do ponto de vista biológico, já que a amplitude observada foi de apenas uma folha e condições do transplantio como: temperatura do ar e do solo, umidade e características físico-químicas do solo podem ser preponderantes para a sobrevivência, para o crescimento e para o desenvolvimento das mudas.

A maior altura de planta final foi verificada no plântio de 22/9. Apesar de apresentar maior duração da fase do plântio de estacas até o final da aclimatização, com 48 dias (Figura 1), possivelmente este resultado não esteja condicionado apenas a este fato. O plântio das estacas nesta época favoreceu o crescimento das plantas de mandioca também pelas condições climáticas, podendo-se assumir que plântios no início da época preferencial para a cultura favorecem o crescimento das mudas de mandioca no método de multiplicação rápida. A temperatura exerce efeito principal sobre a velocidade de brotação e, conseqüentemente, sobre o crescimento de brotações (Keating e Evenson 1979).

Para o percentual de sobrevivência final de mudas, estacas provenientes dos plântios de manivas dos meses de julho e agosto proporcionaram os melhores resultados. Possivelmente a sobrevivência esteja relacionada ao suprimento nutricional proveniente das manivas, que foi menor no plântio de manivas dos meses de setembro e outubro e que influenciou o vigor e a sobrevivência das estacas após o plântio. Ribeiro et al. (2016) observaram percentual de mortalidade de 3,09% em mudas de mandioca da variedade Platinão propagadas pelo método de multiplicação rápida com a ausência de ácido indol-3-butírico (AIB). Este resultado é condizente com o observado no presente estudo para os plântios de estacas de 22/9 e 7/10 para o percentual de sobrevivência.

Para a massa seca da parte aérea, massa seca de raízes e massa seca total o plantio de estacas em 22/9 proporcionou os melhores resultados, porém, não diferindo significativamente do plantio de 25/11 e 19/10 para massa seca da parte aérea e massa seca de raízes, respectivamente. Ribeiro et al. (2016) observaram 0,41 g para a massa seca da parte aérea de mudas de mandioca provenientes de estacas com 10 à 12 cm de altura, plantadas em bandejas plásticas de 32 células e avaliadas 90 dias após o plantio no estado da Bahia. Este resultado está dentro dos limites observados para a massa seca da parte aérea nas épocas de plantio, limites de diâmetro e característica observada para a coleta das estacas (número de folhas) de mudas com avaliação destrutiva em até 48 dias após o plantio. Inclusive, o maior valor observado para a massa seca da parte aérea foi superior em 60,73% e a menor observação foi 15,12% inferior em comparação ao estudo citado. Este resultado serve como indicativo de que a determinação do momento do corte das estacas baseado no número de folhas ao invés da altura da estaca foi adequada e contribuiu com o crescimento e desenvolvimento da parte aérea de mudas de mandioca, resultando em mudas com maior precocidade e com vigor elevado.

A queda de folhas e o lento estabelecimento inicial das mudas no plantio de 7/10 realizado com estacas provenientes do plantio de manivas no mês de agosto podem ter prejudicado os resultados observados para os caracteres mensurados na avaliação destrutiva, principalmente para a massa seca de raízes que reflete a qualidade de mudas propagadas vegetativamente. A presença de folhas demonstra ser importante para o processo de enraizamento em estacas vegetais (Dias et al. 2012, Vignolo et al. 2014). Apesar do resultado superior para a massa seca da parte aérea, a massa seca de raízes no plantio de 25/11 foi de 165,75 mg planta⁻¹ e indicou que a capacidade de enraizamento de mudas de mandioca foi prejudicada com o atraso da época de plantio.

Além das 300 mudas plantadas de acordo com o descrito na metodologia, foram plantadas as estacas excedentes provenientes da adaptação do método de multiplicação rápida (Tabela 4). Em todas as épocas de plantio, exceto a de 25/11, foi possível o plantio de mudas extras. Observou-se que a época de plantio de 19/10, com estacas provenientes da época de plantio de manivas do mês

de setembro possibilitou o maior número de mudas plantadas (390) e também de mudas sobreviventes (344). Por outro lado, o plantio de 25/11 proporcionou os menores valores para mudas plantadas (300) e sobreviventes (253).

Do total das mudas plantadas em cada época de plantio, observou-se os percentuais de sobrevivência: 94,92%, 97,46%, 88,20% e 84,33% para as épocas de 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11, respectivamente. Possivelmente a maior sobrevivência de mudas nos plantios de 22/9 e 7/10 esteja relacionada à maior reserva nutricional de maniva nos plantios dos meses de julho e agosto. Neves et al. (2018) obtiveram mudas de mandioca através da técnica de micropropagação *in vitro* com o uso de gemas foliares e obtiveram aumento da taxa de multiplicação de cinco vezes quando comparado com o método tradicional. Apesar disso, a implantação da técnica de micropropagação apresenta limitações como a necessidade de mão de obra qualificada, laboratório e maior dispêndio de investimento financeiro para produção das mudas (Ogero et al. 2010).

CONCLUSÃO

Para a produção de mudas de mandioca pela adaptação do método de multiplicação rápida deve ser priorizada a utilização de manivas com diâmetro entre 20 e 25 mm. As estacas (brotações) devem ser coletadas com 6 a 8 folhas visíveis e o plantio realizado no final do mês de setembro.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos para André Schoffel.

REFERÊNCIAS

ALVES AAC. 2006. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cap. 7, Cruz das Almas, BR, Embrapa, p.138-169.

- BARBOSA JG AND LOPES LC. 2007. Propagação de plantas ornamentais. Viçosa: Editora UFV, 183 p.
- BRASIL. 2009. O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Brasília: MDA, 96 p.
- CEBALLOS H, RAMIREZ J, BELLOTTI AC, JARVIS A AND ALVAREZ E. 2011. Adaptation of cassava to changing climates. In: Yadav SS, Redden RJ, Hatfield JL, Lotze-Campen H and Hall AE (Eds), Crop adaptation to climate change, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, p. 411-425.
- DIAS JPT, TAKAHASHI K, DUARTE FILHO J AND ONO EO. 2012. Bioestimulante na brotação da brotação em estacas de raiz de amoreira-preta. Rev Bras Frut 34: 1-7.
- EQUIPE ESTATCAMP. 2014. Software Action. Estatcamp – Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos, BR. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>.
- FACHINELLO JC, HOFFMANN A, NACHTIGAL JC, KERSTEN E AND FORTES GRL. 1995. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. 2a ed. Pelotas: UFPEL, 178 p.
- FAGUNDES LK, STRECK NA, LOPES SJ, ROSA HT, WALTER L AND ZANON AJ. 2009. Desenvolvimento vegetativo em diferentes hastes da planta de mandioca em função da época de plantio. Cienc Rural 39: 657-663.
- FARIA PB, SILVA JN, RODRIGUES AQ, TEIXEIRA PD, MELO LQ, COSTA SF, ROCHA MFM AND PEREIRA AA. 2011. Processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia ruminal e eficiência econômica. Rev Bras Zootec 40: 2929-2937.
- FERREIRA DF. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. Cienc Agrotec 35: 1039-1042.
- FERREIRA FILHO JR, SILVEIRA HF, MACEDO JJG, LIMA MB AND CARDOSO CEL. 2013. Cultivo, processamento e uso da mandioca – Instruções práticas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 34 p.
- FUKUDA WMG AND CARVALHO HWL. 2006. Propagação Rápida de Mandioca no Nordeste Brasileiro. Circular Técnica 45. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 6 p.

- HARTMANN HT, KESTER DE, DAVIES FT AND GENEVE RL. 2002. Plant propagation: principles and practices. 7a ed., New Jersey: Prentice-Hall, 880 p.
- KEATING BA AND EVENSON JB. 1979. Effect of soil temperature on sprouting and sprout elongation of stem cuttings of cassava. *Field Crops Res* 2: 241–252.
- KOEFENDER J, GOLLE DP, MANFIO CE, HORN RC, CAMERA JN AND DAMBRÓZ APB. 2015. Boletim técnico cultura da mandioca. Boletim técnico n. 1, Cruz Alta: Unicruz. 26 p.
- MOUBAYIDIN L, PERILLI S, DELLO LOIO R, DI MAMBRO R, COSTANTINO P AND SABATINI S. 2010. The rate of cell differentiation controls the arabidopsis root meristem growth phase. *Curr Biol* 20: 1138-1143.
- NEVES RJ, DINIZ RP AND OLIVEIRA EJ. 2018. Productive potential of cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) propagated by leaf buds. *An Acad Bras Cienc* 90: 1733-1747.
- OGERO K, GITONGA NM, OMBORI O AND NGUGI M. 2010. Contribution of Agricultural Sciences towards achieving the Millennium Development Goals. In: Mwangi M (Ed), Cassava production and limitation of propagation through tissue culture. FaCT Publising, Nairobi, p. 148-155.
- PACHECO JP AND FRANCO ETH. 2008. Substratos e estacas com e sem folhas no enraizamento de *Luehea divaricata* Mart. *Cienc Rural* 38: 1900-1906.
- PIZA IMT AND PINHO RS. 2002. Protocolo de micropropagação da mandioca. In: Cereda MP (Ed.) Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, v. 2, p. 179-186.
- RANGEL MAS, FEY E, NEUBERT EO AND FIDALSKI J. 2018. Plantio direto de mandioca: aspectos de manejo. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BR, 32 p.
- RIBEIRO AFF, MATSUMOTO SN, BRITO CLL, RAMOS PAS, GONÇALVES DN AND SANTOS JLD. 2016. Utilização do ácido indolbutírico em brotos de mandioca obtidos pela técnica de multiplicação rápida. *Tecnol & Cien Agropec*, 10: 16-21.

- RODRIGUES AR, ALVES JMA, UCHÔA SCP, ALBUQUERQUE JAA, RODRIGUES GS AND BARROS MM. 2008. Avaliação da Capacidade de Enraizamento, em Água, de Brotações, Ponteiros e Estacas Herbáceas de Clones de Mandioca de Mesa. *Rev Agroambiente*, 2: 37-45.
- SALLA DA AND CABELLO C. 2010. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. *Energ Agric*, 25: 32-53.
- SANTOS VS, SOUZA AS, VIANA AES, FERREIRA FILHO JR, SOUZA KAS AND MENEZES MC. 2009. Multiplicação Rápida, Método Simples e de Baixo Custo na Produção de Material Propagativo de Mandioca. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 44. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 24 p.
- SCHONS A, STRECK NA, KRAULICH B, PINHEIRO DG AND ZANON AJ. 2007. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. *Cienc Rural* 37: 1586-1592.
- SILVA CAD, MEDEIROS EV, BEZERRA CB, SILVA WM, BARROS JA AND SANTOS UJ. 2013. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. *Biosci J* 29: 1823 -1831.
- SILVA MJ, ROEL AR AND MENEZES GP. 2001. Apontamento dos cursos: Cultivo de mandioca e derivados. *Engorda de frango caipira*. Campo Grande, 100 p.
- STRECK NA, WEISS A, XUE Q AND STEPHEN BAENZIGER P. 2003. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. *Ann Bot* 92: 181-190.
- TAIZ L AND ZEIGER E. 2013. *Fisiologia vegetal*. 5a ed., Porto Alegre: Artmed, 918 p.
- VIGNOLO GK, PICOLOTTO L, GONÇALVES MA, PEREIRA IS AND ANTUNES LEC. 2014. Presença de folha no enraizamento de estacas de amoreira-preta. *Cienc Rural* 44: 467-472.
- YOMENI MO, AKORODA MO AND DIXON AGO. 2012. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) stems quality for root production effectiveness. In: *Proceedings of the 11th triennial Symposium of*

the ISTRC-AB held at Memling Hotel: Tropical roots and tuber crops and the challenges of globalization and climate changes, p. 261-269.

TABELA 1

Número de folhas no plantio (NFP), altura de planta no plantio (APP) e massa seca de raízes (MSR) de mudas de mandioca provenientes de manivas de diâmetro inferior (< 20 mm) e superior a 20 mm (> 20 mm) e de estacas com 3 a 5 folhas e com 6 a 8 folhas plantadas em quatro épocas de plantio.

| | NFP | | APP (cm) | | MSR (mg planta ⁻¹) | |
|--------|------------------|--------------|----------|---------|--------------------------------|--------------|
| | Número de folhas | | Diâmetro | | Número de folhas | |
| Época | 3 a 5 folhas | 6 a 8 folhas | < 20 mm | > 20 mm | 3 a 5 folhas | 6 a 8 folhas |
| 22/9 | 4,21* aB | 6,44 aA | 2,48 aB | 2,88 aA | 239,50 aA | 337,00 aA |
| 7/10 | 3,64 cB | 6,19 bA | 2,01 bB | 2,58 aA | 122,50 bB | 194,00 bA |
| 19/10 | 3,95 bB | 6,25 bA | 1,45 cB | 2,40 bA | 169,50 aB | 274,00 aA |
| 25/11 | 4,03 bB | 6,24 bA | 1,81 bB | 2,21 bA | 94,00 bB | 237,50 aA |
| CV (%) | 3,65 | | 15,23 | | 12,25 | |

*Médias não seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, em cada caractere, diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade.

TABELA 2

Número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), Número de folhas final (NFF), altura de plantas final (APF) em cm, massa seca da parte aérea (MSPA) em mg planta⁻¹, massa seca de raízes (MSR) em mg planta⁻¹, massa seca total (MST) em mg planta⁻¹ e percentual de sobrevivência final (SF %) de mudas de mandioca provenientes de manivas de diâmetro inferior (< 20 mm) e superior a 20 mm (> 20 mm) e de estacas com 3 a 5 folhas e com 6 a 8 folhas.

| Caractere | Número de folhas | | | Caractere | Diâmetro | | |
|-----------|------------------|--------------|--------|-----------|----------|----------|--------|
| | 3 a 5 folhas | 6 a 8 folhas | CV (%) | | < 20 mm | > 20 mm | CV (%) |
| NF 7 DAP | 3,93* b | 5,26 a | 11,56 | NF 7 DAP | 4,47 b | 4,72 a | 11,56 |
| NFF | 7,98 b | 8,98 a | 7,68 | NFF | 8,19 b | 8,78 a | 7,68 |
| APF | 6,71 b | 8,56 a | 28,67 | SF (%) | 88,00 b | 92,83 a | 10,97 |
| MSPA | 355,87 b | 606,50 a | 10,88 | MSPA | 430,62 a | 531,75 a | 10,88 |
| MSR | 156,37 b | 260,62 a | 12,25 | MSR | 191,37 a | 225,62 a | 12,25 |
| MST | 512,25 b | 867,12 a | 15,96 | MST | 622,00 b | 757,37 a | 15,96 |

*Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade.

TABELA 3

Número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), Número de folhas final (NFF), altura de plantas final (APF), percentual de sobrevivência final (SF %), massa seca da parte aérea (MSPA) em mg planta⁻¹, massa seca de raízes (MSR) em mg planta⁻¹ e massa seca total (MST) em mg planta⁻¹, de mudas de mandioca plantadas em quatro épocas de plantio.

| Época | NF 7 DAP | NFF | APF (cm) | SF (%) | MSPA | MSR | MST |
|--------|----------|--------|----------|---------|----------|----------|----------|
| 22/9 | 4,43* c | 8,68 a | 10,44 a | 94,66 a | 659,00 a | 288,25 a | 947,25 a |
| 7/10 | 3,88 d | 8,11 b | 8,15 b | 97,33 a | 348,75 b | 158,25 b | 507,00 c |
| 19/10 | 4,78 b | 8,07 b | 5,67 c | 85,33 b | 419,00 b | 221,75 a | 640,75 b |
| 25/11 | 5,29 a | 9,05 a | 6,28 c | 84,33 b | 498,00 a | 165,75 b | 663,75 b |
| CV (%) | 11,56 | 7,68 | 28,67 | 10,97 | 10,88 | 12,25 | 15,96 |

*Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade.

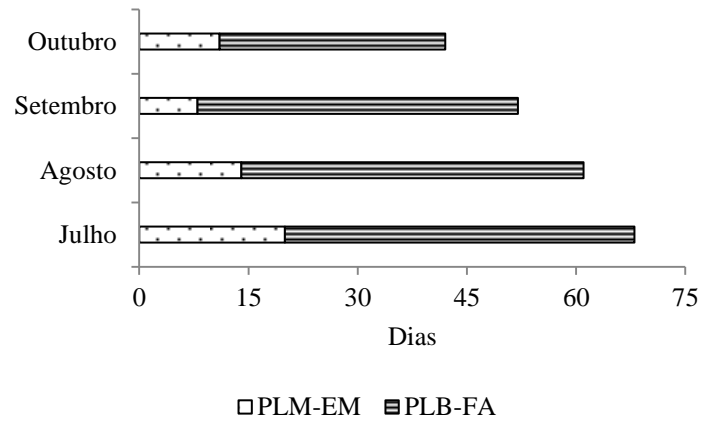


Figura 1 – Duração das fases (em dias) do plantio de maniva até a emergência de brotações (PLM-EM) e do plantio de brotações (estacas) até o final da aclimatização (PLB-FA) em quatro épocas de plantio de manivas.

TABELA 4

Mudas de mandioca provenientes da adaptação do método de multiplicação rápida: plantadas e sobreviventes em quatro épocas de plantio.

| Época de plantio | Mudas plantadas | Mudas sobreviventes | Sobrevivência (%) |
|------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| 22/9 | 315 | 299 | 94,92 |
| 07/10 | 315 | 307 | 97,46 |
| 19/10 | 390 | 344 | 88,20 |
| 25/11 | 300 | 253 | 84,33 |

1 5 CAPÍTULO 3

2 PRODUTIVIDADE DE RAMAS E RAÍZES DE MANDIOCA EM DIFERENTES 3 ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE TRANSPLANTIO DE MUDAS

4 **Resumo**

5 Objetivou-se avaliar a produtividade de ramas e raízes mandioca em diferentes espaçamentos e em
6 quatro épocas de transplântio de mudas produzidas pelo método de multiplicação rápida com
7 adaptações. O delineamento experimental foi o blocos ao acaso com 3 repetições, em fatorial (4x5)
8 arranjado em faixas. Os tratamentos foram formados pelas combinações das épocas de transplântio
9 (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12) e dos espaçamentos (0,6 x 0,6; 0,8 x 0,8; 0,8 x 0,6; 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8
10 m). Na colheita, foi mensurado o percentual de sobrevivência, altura de ramificação da haste
11 principal, número de ramificações, diâmetro da base, médio e superior, média dos diâmetros,
12 comprimento de rama, número de gemas por rama e por hectare, comprimento e diâmetro de raízes,
13 massa fresca de raízes por planta e por hectare e o número de raízes por planta. O transplântio de
14 mudas até 24/11 favoreceu a expressão de caracteres de produtividade de ramas e de raízes. O
15 espaçamento de 1,0 x 0,6 m foi o mais indicado para caracteres de produtividade de ramas.

16 **Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz; Método de multiplicação rápida; Técnicas de manejo;
17 Arranjo de plantas.

18 **Abstract**

19 This study aimed to assess cassava stem and root yield at different spacings and four transplanting
20 seasons of seedlings produced by an adaptation of the rapid multiplication method. The
21 experimental design was a randomized block design with three replications in a factorial (4x5)
22 arranged in strip plots. Treatments consisted of the combinations of growing seasons (November 9
23 and 24 and December 3 and 26) and spacings (0.6 x 0.6, 0.8 x 0.8, 0.8 x 0.6, 1.0 x 0.6, and 1.0 x 0.8
24 m). The percentage of survival, main stem branching height, number of branches, base, middle, and
25 upper diameter, mean diameter, stem length, number of buds per stem and hectare, root length and
26 diameter, root fresh matter per plant and hectare, and number of roots per plant were measured at

27 harvest. Seedling transplanting up to November 24 favored the expression of stem and root yield
28 traits. The spacing of 1.0 x 0.6 m was the most suitable for stem yield traits.

29 **Keywords:** *Manihot esculenta* Crantz; Rapid multiplication method; Management techniques;
30 Plants arrangement.

31 **1. Introdução**

32 A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família *Euphorbiaceae* e
33 destaca-se pelas raízes tuberosas ricas em amido, um importante alimento energético que é fonte de
34 subsistência para alimentação humana e animal, principalmente em propriedades familiares (Schons
35 et al., 2009). Cultivada em várias regiões do mundo, contribui para o aumento da segurança
36 alimentar por ser uma fonte acessível de carboidratos, principalmente de comunidades interioranas
37 (Salvador et al., 2014). Apesar do alto potencial produtivo de raízes, de maneira geral, a
38 produtividade média da mandioca é baixa, principalmente em propriedades familiares que são
39 responsáveis por 87% da produção nacional e tem produtividade média inferior a 6.000 kg ha⁻¹
40 (Brasil, 2009).

41 Apesar da elevada rusticidade, tolerância à seca e baixa exigência em fertilidade do solo
42 (Adeniji et al., 2011), diversos fatores limitam a produtividade da cultura e dentre eles, destacam-se:
43 as condições químicas e físicas do solo, a incidência de doenças e técnicas de manejo inadequadas.
44 Na maioria dos casos, a mandioca é cultivada em áreas com baixos níveis de fertilidade e condições
45 físicas limitantes para o crescimento e desenvolvimento de raízes (Delaquis et al., 2018),
46 principalmente em pequenas propriedades (Pypers et al., 2012), que utilizam áreas mais férteis para
47 o cultivo de culturas produtoras de grãos ou hortícolas. Pelo cultivo sucessivo da mandioca na
48 mesma área, a ocorrência da bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) é favorecida em
49 virtude da doença ser disseminada por material propagativo infectado e sobreviver nos restos
50 culturais e no solo, o que limita drasticamente a produtividade e apresenta a necessidade de descarte
51 do material propagativo infectado (Ishida et al., 2016).

52 A cultura da mandioca é propagada vegetativamente com o plantio de manivas. O método de
53 plantio predominante é o tradicional, que consiste do plantio de manivas com 4 a 6 gemas em sulcos
54 não adubados e em populações e espaçamentos variados, determinados pelas características da
55 cultivar, tamanho da área e nível tecnológico. Neste tipo de método, plantios realizados no início da
56 época recomendada aceleram o acúmulo de amido e, em contrapartida, o atraso tem como
57 consequência a redução da produtividade de ramas, apesar de não influenciar significativamente na
58 produtividade de raízes (Fagundes et al., 2010). Um dos grandes limitadores da produtividade da
59 mandioca é a qualidade do material propagativo. Em casos de escassez de material propagativo, o
60 método de plantio tradicional torna-se um grave limitador, pela baixa taxa de multiplicação e de
61 utilização das ramas de elevada qualidade (Ceballos et al., 2015).

62 Devido às temperaturas baixas durante o inverno na região Sul do Brasil, há necessidade do
63 armazenamento de ramas para que o plantio seja realizado no início da primavera, quando as gemas
64 dormentes iniciam a brotação. Em casos de armazenamento inadequado e ocorrência de geadas,
65 ocorre elevado percentual de mortalidade de ramas, o que limita drasticamente a disponibilidade de
66 material propagativo para o plantio no método tradicional. Nestes casos, o método de multiplicação
67 rápida desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) é alternativa por
68 aumentar a taxa de multiplicação em até 17 vezes quando comparado ao método tradicional de
69 plantio (Santos et al., 2009). Apesar disso, o estudo de adaptações ao método e de técnicas de
70 manejo que contribuam para a maximização da sobrevivência de mudas e da produtividade de
71 raízes e de ramas para o cultivo seguinte são importantes.

72 O método de multiplicação rápida consiste do plantio de manivas com duas gemas em
73 canteiros ou câmaras de enraizamento cobertos com filme plástico transparente para estimular o
74 enraizamento. Após alcançar altura aproximada de 15 cm, as estacas são coletadas e acondicionadas
75 em embalagens com água para impulsionar o enraizamento adventício e, na sequência, as estacas
76 são plantadas em recipientes com substrato para a produção das mudas, que após período de
77 aclimatização, estão aptas ao transplante em áreas de produção. Este método foi adaptado para as

78 condições de cultivo do Nordeste do Brasil (Fukuda e Carvalho, 2006) e para as condições de
79 cultivo na Nigéria (Abass et al., 2014), porém adaptações durante a produção de mudas e
80 informações de técnicas de manejo após o transplântio para campos de produção são escassos,
81 principalmente para as condições de cultivo do Sul do Brasil.

82 Isso evidencia a necessidade de definição de estratégias de manejo para o cultivo da
83 mandioca propagada pela adaptação do método de multiplicação rápida para produção de raízes e
84 ramas. De acordo com Santos et al. (2009), o método apresenta limitações no enraizamento das
85 estacas para a produção de mudas, além de que no primeiro ano a produção é incipiente, com raízes
86 apresentando formato diferenciado e em menor quantidade quando comparado com o método
87 tradicional. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produtividade de raízes e ramas de mandioca em
88 diferentes espaçamentos e em quatro épocas de transplântio de mudas produzidas por uma
89 adaptação do método de multiplicação rápida.

90 **2. Material e Métodos**

91 A área experimental pertencente ao Laboratório de Multiplicação Vegetal do Polo de
92 Inovação Tecnológica do Alto Jacuí localizado no campus da Universidade de Cruz Alta (Unicruz),
93 município de Cruz Alta, localizado sob as coordenadas 28° 38' 19'' S, 53° 36' 23'' W e altitude
94 média de 452 m. O clima da região é subtropical, tipo Cfa segundo a classificação de Köppen. A
95 temperatura média do ar é 18,7°C, com mínima média de 9,2°C em julho, média máxima de 30,8°C
96 em janeiro (PES et al., 2011) e o solo é classificado como Typic Hapludox (Soil Survey Staff,
97 2010).

98 O plantio das manivas com duas gemas da cultivar Apronta Mesa para o corte das estacas
99 (brotações) foi realizado no segundo decêndio de julho, agosto, setembro e outubro em bandejas
100 plásticas de 15 células de cor preta com as seguintes dimensões: 34 cm de comprimento x 21 cm de
101 largura x 7,8 cm de altura. As células apresentam 6,2 cm na parte superior x 5,0 cm na parte inferior
102 x 7,8 cm de altura e 5 furos com 6 mm na base para escoamento da água excedente aplicada via
103 irrigação. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®].

104 As mudas foram produzidas em casa de vegetação modelo Van der Hoeven com sistema de
105 irrigação automático por nebulização e temperatura média de 25°C. Após coletada, cada estaca foi
106 imediatamente plantada em bandejas plásticas de 15 células preenchidas com substrato comercial
107 Mec Plant[®] previamente irrigado para evitar a desidratação dos tecidos no plantio. Foi aberto um
108 sulco de um centímetro de profundidade e realizado o plantio de uma estaca por célula. O plantio
109 foi realizado no período da manhã e a temperatura máxima admitida foi de 25°C para minimizar o
110 risco de desidratação dos tecidos das estacas. Aos 30 DAP as mudas foram retiradas da casa de
111 vegetação e levadas para a estufa agrícola para aclimatização mínima de 5 dias, exceto para a última
112 época, em que as mudas foram para a aclimatização aos 23 DAP. Foram selecionadas para o
113 transplântio mudas de mandioca que apresentavam mais de 3 folhas visíveis. A folha foi
114 considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha não se tocavam (Schons et al.,
115 2007).

116 O experimento foi conduzido na safra 2017/2018 em quatro épocas de transplântio de mudas
117 (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12). Para caracterizar a fertilidade do solo da área experimental, foi retirada
118 uma amostra na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A análise revelou os seguintes valores: pH
119 em água = 5,5; argila = 50%; matéria orgânica do solo = 3,3%; fósforo = 26,2 mg dm⁻³; potássio =
120 96 mg dm⁻³; cálcio = 5,9 cmolc dm⁻³; magnésio = 2,4 cmolc dm⁻³; alumínio = 0,0 cmolc dm⁻³ e
121 saturação de bases = 68,7%.

122 A adubação foi baseada na recomendação da Comissão de química e fertilidade do solo
123 (2016) para a cultura da mandioca no método tradicional de plantio. No transplântio, foi realizada a
124 aplicação de 334 kg ha⁻¹ de adubo mineral fórmula (5-20-20) distribuído na superfície do solo. A
125 adubação nitrogenada na forma de ureia (46-00-00) foi parcelada em duas aplicações de 70 kg ha⁻¹
126 aos 15 dias após o transplântio (DAT) e no início do acúmulo de amido (IAA), que para a cultura da
127 mandioca, de acordo com Schons et al. (2007) ocorre quando a planta apresenta 21 folhas visíveis
128 na haste principal. Os dados referentes à precipitação, temperatura máxima e mínima do ar,

129 umidade relativa máxima e mínima foram obtidos na estação meteorológica automática localizada
130 aproximadamente a 200 m da área experimental.

131 O delineamento experimental foi blocos ao acaso com 3 repetições, em fatorial (4x5)
132 arranjado em faixas, totalizando 20 tratamentos. Os tratamentos foram formados pelas combinações
133 das épocas de transplântio (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12) e dos espaçamentos (0,6 x 0,6; 0,8 x 0,8; 0,8
134 x 0,6; 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8 m) que correspondem, respectivamente, as seguintes densidades de
135 transplântio: 27.778 plantas ha⁻¹, 15.625 plantas ha⁻¹, 20.833 plantas ha⁻¹, 16.667 plantas ha⁻¹ e
136 12.500 plantas ha⁻¹.

137 As unidades experimentais foram compostas de 4 linhas com 4 plantas por linha e constaram
138 de áreas de: 4,32; 5,76; 5,76; 7,2 e 7,2 m² para os espaçamentos 0,6 x 0,6; 0,8 x 0,8; 0,8 x 0,6; 1,0 x
139 0,6 e 1,0 x 0,8 m, respectivamente. Antecedendo o preparo da área experimental, foi realizada a
140 dessecação do cultivo de inverno formado pela consorciação de plantas de cobertura
141 (*Avena strigosa* Schreb. + *Raphanus sativus* L.) utilizando o herbicida Glifosato (3 litros ha⁻¹). O
142 preparo do solo foi realizado do modo convencional, constando de uma aração e uma gradagem.

143 O transplântio das mudas ocorreu de acordo com cada época, em sulcos não adubados com
144 15 cm de profundidade. O controle de plantas daninhas foi realizado semanalmente por capinas
145 manuais até o fechamento completo das entrelinhas de cultivo, período este que se estendeu em até
146 três meses após o transplântio das mudas e que se caracteriza como o período em que a cultura está
147 sujeita a competição com as plantas daninhas (Oliveira Júnior et al., 2005). Após o transplântio,
148 para todas as épocas, quando houve ausência de precipitação foi realizada diariamente a irrigação
149 por aspersão até o 15º dia após o transplântio. O manejo da irrigação foi adotado pelo fato de que
150 após o transplântio, o suprimento hídrico é importante para o estabelecimento das mudas de
151 mandioca produzidas pelo método de multiplicação rápida (Santos et al., 2009).

152 Na colheita, foi mensurado o percentual de sobrevivência (S %) e os caracteres referentes às
153 ramas: altura de ramificação da haste principal (ARHP) em cm, número de ramificações (NRAM),
154 diâmetro da base (DBR) em mm, diâmetro médio (DMR) em mm, diâmetro superior (DSR) em

155 mm, média dos diâmetros (MD) em mm, comprimento de rama (CRAMA) em cm, número de
 156 gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA). Também foram mensurados os
 157 caracteres radiculares: comprimento de raízes (CRAIZ) em cm, diâmetro de raízes (DRAIZ) em
 158 mm, massa fresca de raízes por planta (MFR (planta)) em g planta⁻¹, massa fresca de raízes por
 159 hectare (MFR (kg ha⁻¹)) e número de raízes por planta (NR (planta)). As medições de diâmetro
 160 foram realizadas com paquímetro digital, sendo a medida de diâmetro de raízes efetuada no terço
 161 superior das raízes. A colheita ocorreu em 30 de maio e a duração do ciclo para as épocas de
 162 transplântio de 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12, foi respectivamente: 203, 188, 179 e 156 dias.

163 A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada por três métodos (Gilmore Jr e Rogers,
 164 1958; Arnold, 1960), em que:

165 Método 1: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$, se $T_{med} < T_b$ então $T_{med} = T_b$ (1);

166 Método 2: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$, se $T_{med} < T_b$ então $T_{med} = T_b$ e se $T_{med} > T_{tot}$ então $T_{med} =$
 167 T_{tot} (2);

168 Método 3: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ quando $T_b < T_{med} \leq T_{tot}$ e $STd = (T_{tot} - T_b) \cdot (T_{max} - T_{med}) /$
 169 $(T_{max} - T_{tot})$ quando $T_{tot} < T_{med} \leq T_{max}$ (3), em que: T_{med} é a temperatura média diária do ar,
 170 T_b é a temperatura base, T_{tot} é a temperatura ótima e T_{max} é a temperatura máxima para o
 171 desenvolvimento da cultura da mandioca. A temperatura base utilizada foi de 14°C definida para a
 172 cultivar Fepagro RS 13 (Schons et al., 2007), temperatura ótima 30°C e temperatura máxima de
 173 42°C (Matthews e Hunt, 1994). A soma térmica acumulada (STa, °C dia) nas fases (Transplântio-
 174 IAA; IAA-Colheita; Transplântio-Colheita) foi calculada pela soma dos valores de STd.

175 Antecedendo a análise de variância, foi verificado o atendimento aos pressupostos do
 176 modelo matemático: homogeneidade das variâncias de tratamentos e normalidade dos erros, pela
 177 aplicação dos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, em 0,05 de probabilidade de erro. Quando os
 178 pressupostos não foram atendidos, foi utilizado o procedimento Box-Cox para verificar a
 179 transformação adequada aos dados obtidos com o auxílio do software Action (Equipe Estatcamp,
 180 2014). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo

181 teste de Scott-Knott, em 0,05 de probabilidade, através do pacote estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira,
182 2011).

183 **3. Resultados e Discussão**

184 Por não atender aos pressupostos de normalidade dos erros (percentual de sobrevivência) e
185 homogeneidade de variâncias (número de ramificações, número de gemas por planta e número de
186 gemas por hectare) foi necessária a transformação dos dados para atender aos pressupostos. Para os
187 caracteres mensurados nas ramas, não foi observada interação significativa entre os fatores (épocas
188 e espaçamentos) e por isso foi realizado o estudo do efeito principal de cada fator. Apenas para o
189 percentual de sobrevivência, altura de ramificação da haste principal e comprimento de rama não
190 foram observados efeitos significativos. Para o número de ramificações, diâmetro da base, diâmetro
191 médio, diâmetro superior, média dos diâmetros, número de gemas por rama e número de gemas por
192 hectare foi observado efeito significativo do fator épocas de transplântio. Para diâmetro da base,
193 diâmetro médio, diâmetro superior, média dos diâmetros e números de gemas por hectare houve
194 efeito significativo do fator espaçamentos.

195 Para os caracteres radiculares, não houve interação significativa. Para a massa fresca de
196 raízes por planta houve a necessidade de transformação dos dados pelo não atendimento aos
197 pressupostos. Para o número de raízes por planta foi verificado efeito significativo dos fatores
198 épocas e espaçamentos. Para massa fresca de raízes por planta e por hectare, comprimento de raízes
199 e diâmetro de raízes houve efeito significativo apenas do fator épocas de transplântio.

200 Após o transplântio para o campo de produção, em todas as épocas, observou-se percentual
201 de sobrevivência de plantas superior a 90% e não houve diferença significativa entre as épocas de
202 transplântio (Tabela 1). O percentual de sobrevivência entre as épocas variou de 91% no
203 transplântio de 26/12 a 98,40% em 3/12. Com o atraso da época de transplântio, a restrição no
204 crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular das mudas em pré-transplântio
205 possivelmente influenciou o percentual de sobrevivência em campo de produção. Este resultado do
206 percentual de sobrevivência refletiu a qualidade fisiológica e sanitária das mudas produzidas, além

207 de que o método de multiplicação rápida oferece a possibilidade de descarte de mudas com suspeita
208 de incidência de doenças antes do transplântio para o campo de produção.

209 Apesar da ausência de diferença significativa, no transplântio realizado em 9/11, o
210 percentual de sobrevivência de 91,87% deu-se em virtude do tombamento fisiológico. Este distúrbio
211 foi causado pela elevada temperatura da superfície do solo que ocasionou a desestruturação das
212 membranas das células, desidratação e necrose dos tecidos do colo que inviabilizou o transporte de
213 água e nutrientes das raízes para a parte aérea, resultando na morte de plantas. Este tipo de dano é
214 identificado pelo tombamento da parte aérea e por lesões de estrangulamento na região do colo das
215 plantas e pode afetar diferentes culturas após a emergência (Neumaier et al., 2000) ou como foi
216 observado nesta pesquisa, após o transplântio de mudas de mandioca.

217 Como a cultivar Apronta Mesa apresenta hábito de ramificação tricotômico (Koefender et
218 al., 2015), foi observado que nas três primeiras épocas de transplântio o número médio de
219 ramificações na haste principal foi de três e diferiram significativamente da última época. Apesar de
220 ser governado principalmente por fatores genéticos intrínsecos à cultivar, na época de 26/12, o
221 número médio de ramificações foi de 2,67 e constatou-se a influência das condições ambientais
222 sobre o caractere. Este resultado foi ocasionado pelo atraso da época de transplântio que, inclusive,
223 está fora do período recomendado pelo Zoneamento de Risco climático para o cultivo da mandioca
224 em Cruz Alta. O plantio pelo método tradicional no município de Cruz Alta deve ocorrer entre os
225 dias 11 de setembro e 30 de novembro (MAPA, 2011), por ser uma época que oferece condições
226 climáticas adequadas para o crescimento e desenvolvimento da cultura.

227 Para a altura da ramificação da haste principal e comprimento de rama não houve diferença
228 significativa entre as épocas de transplântio. Pela relação existente entre os caracteres este resultado
229 pode ser considerado normal. Porém, infere que para a produção de ramos que serão utilizadas para
230 a implantação da safra seguinte, o transplântio de mudas produzidas tardiamente pode ser realizado
231 até o terceiro decêndio do mês de dezembro e o comprimento das ramos não será reduzido.

232 O diâmetro de rama apresentou médias inferiores na última época de transplante de mudas
233 (26/12). Para o diâmetro basal e diâmetro médio, as melhores médias foram observadas nos
234 transplantes das épocas de 9/11, 24/11 e 3/12, em que o diâmetro variou de 22,73 a 24,13 mm e
235 20,67 a 22,20 mm, respectivamente, para diâmetro basal e médio. Para o diâmetro superior as
236 melhores médias foram verificadas nas épocas de 9/11 e 24/11, com valores de 18,40 e 18,47,
237 respectivamente. Manivas provenientes do terço superior da rama apresentam restrições para o
238 plantio de mandioca pelo método tradicional, devido à reduzida capacidade de sobrevivência após a
239 emergência. Porém, em situação de escassez de material propagativo, sua utilização pode ser a
240 alternativa, principalmente para a produção de mudas através da implantação do método de
241 multiplicação rápida em ambiente controlado.

242 Na média dos diâmetros, a época de 26/12 apresentou o pior resultado (15,93 mm). Isso
243 demonstrou que apesar de não influenciar negativamente no comprimento de rama, o diâmetro de
244 rama foi menor e tem como consequência a redução do aporte de substâncias de reserva e de água
245 nas ramas que são importantes para a sobrevivência e para assegurar a viabilidade durante o
246 armazenamento. Os produtos da fotossíntese, principalmente os carboidratos são armazenados nas
247 ramas, conferindo a qualidade fisiológica do material propagativo (Alves, 2006). Em situação de
248 plantio tardio no Sul do Brasil, as ramas ficam armazenadas por períodos prolongados. No início da
249 primavera, com o aumento da temperatura do ar, a rama inicia a brotação e este fato desencadeia a
250 degradação e o consumo de substâncias de reserva, processo que é atenuado com o atraso da época
251 de plantio. Como resultado, a utilização das ramas para o plantio e para a implantação do método de
252 multiplicação rápida é comprometida, principalmente para as manivas do terço superior das ramas.
253 De acordo com a FAO (2013), a baixa qualidade do material propagativo é uma das principais
254 causas da baixa produtividade de raízes da cultura da mandioca.

255 Para o número de gemas por rama e número de gemas por hectare as melhores médias foram
256 verificadas nas três primeiras épocas de transplante, em que o número de gemas por hectare variou
257 de 706.088,20 a 728.647,73 e representou aproximadamente 38 a 39 gemas por rama. Na última

258 época, o número médio de gemas por rama foi de 28,27 e representou 521.961,27 gemas por
259 hectare. Apesar de não afetar negativamente o comprimento de rama, o atraso da época de
260 transplântio de mudas constituiu um fator limitante ao número de gemas produzidas por unidade de
261 área. Fagundes et al. (2010) verificaram que a produtividade de ramos da cultivar Fepagro RS 13 foi
262 reduzida em épocas de plantio no mês de novembro consideradas como tardias, quando comparadas
263 com épocas de plantio em setembro e outubro utilizando o método tradicional de plantio. A redução
264 do crescimento e do desenvolvimento da parte aérea ocorre de maneira gradual com o atraso da
265 época de plantio, que diminui a emissão de folhas, produção de fotoassimilados e acúmulo de massa
266 seca nos drenos (ramas e raízes).

267 Não foi verificada diferença significativa dos espaçamentos sobre o percentual de
268 sobrevivência, altura de ramificação da haste principal, número de ramificações, comprimento de
269 rama e número de gemas por rama (Tabela 2). Estes caracteres demonstraram ser influenciados
270 principalmente por fatores genéticos e por efeitos ambientais. O crescimento de plantas e as
271 influências de fatores internos e externos são controlados pela genética e o suprimento de água,
272 oxigênio, gás carbônico, nutrientes, radiação solar e temperatura são importantes. Para ocorrer o
273 crescimento é necessária a turgescência celular e por isso o suprimento de água é essencial para o
274 crescimento e desenvolvimento das plantas (Floss, 2011). Em pesquisa de Silva et al. (2013), que a
275 densidade de plantio variou de 5.000 a 21.000 plantas ha⁻¹ em intervalos de 2.000 plantas, os autores
276 verificaram que o aumento da densidade de plantio ocasionou o aumento da altura de ramificação
277 da haste principal. Este resultado pode estar relacionado com a competição entre plantas em
278 maiores densidades e com a necessidade da busca por elementos essenciais para o desenvolvimento,
279 principalmente, neste caso, a radiação solar.

280 Por outro lado, houve diferença significativa para o diâmetro e para o número de gemas por
281 hectare, corroborando com o observado por Rojas et al. (2007) para o diâmetro de rama. Esse
282 resultado demonstrou que o conteúdo de substâncias de reserva, de água e a produtividade de gemas
283 são influenciados pelos espaçamentos. A definição desta técnica de manejo é importante para a

284 obtenção de ramas com qualidade adequada e com viabilidade para utilização na safra seguinte.
285 Apesar da importância econômica e social, pesquisas para o aprimoramento de técnicas de manejo
286 para atingir aumento da produtividade da mandioca têm sido pouco abordadas (Silveira et al.,
287 2012).

288 De maneira geral, em espaçamentos maiores, ou seja, em menores densidades de plantas, as
289 medições de diâmetro de rama apresentaram os melhores resultados. Para os diâmetros da base,
290 médio e superior os espaçamentos de 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8 m apresentaram as melhores médias,
291 exceto para o diâmetro superior em que o espaçamento 1,0 x 0,6 m apresentou o melhor resultado,
292 bem como o observado para a média dos diâmetros. Este resultado demonstra que a competição
293 intraespecífica é atenuada em espaçamentos menores e maiores populações de plantas influenciam
294 negativamente a capacidade de absorção e o acúmulo de reservas nos tecidos das ramas, que
295 ocasionou a redução do diâmetro.

296 Apesar do número de gemas por rama não apresentar diferença significativa nos diferentes
297 espaçamentos, o número de gemas por hectare foi superior no menor espaçamento avaliado, em
298 virtude da maior população de plantas. Este resultado merece cuidado na interpretação, visto que
299 apesar de apresentar maior número de gemas por unidade de área, as avaliações de diâmetro que são
300 mais informativas sobre a qualidade das ramas foram menores, ou seja, houve menor acúmulo de
301 água e constituintes de reserva, principalmente para manivas dos terços mediano e basal que são as
302 mais utilizadas. Esta informação é importante devido ao recente aumento do comércio de ramas,
303 surgindo com alternativa de diversificação e rentabilidade para os agricultores (Edet et al., 2015).

304 A massa fresca de raízes por planta e por unidade de área foram superiores quando o
305 transplântio das mudas foi realizado nas épocas do mês de novembro. Pode-se observar ainda que a
306 produtividade decresceu com o atraso da época de transplântio (Tabela 3). Quando o transplântio
307 foi realizado em 9/11 a massa fresca de raízes foi de 21.755,07 kg ha⁻¹ enquanto que no transplântio
308 de 26/12 a produtividade foi de 8708,07 kg ha⁻¹, que representa uma redução de aproximadamente
309 60% em relação à primeira época de transplântio. Este resultado concorda com o observado por

310 Fagundes et al. (2010), que trabalhando em quatro épocas de plantio de mandioca pelo método
311 tradicional, observaram que o atraso na época de plantio até o dia 28/11 não resultou na redução da
312 produtividade de raízes. Este resultado serve como indicativo de que para alcançar maior
313 produtividade de raízes de mandioca utilizando a adaptação do método de multiplicação rápida o
314 transplântio de mudas deve ser realizado até o final do mês de novembro.

315 A produtividade máxima de massa fresca de raízes foi inferior à observada por Silva et al.
316 (2016). Os autores obtiveram produtividade média de aproximadamente 30 t ha^{-1} , em pesquisa
317 conduzida com o método tradicional de plantio e a consorciação da mandioca com espécies de
318 produção de grãos em Diamantina, Minas Gerais. Em cultivo solteiro e com controle de plantas
319 daninhas, os autores obtiveram produtividade de $40,75$ e $42,25 \text{ t ha}^{-1}$, para as cultivares Cacau-UFV
320 e IAC-2, respectivamente. Por outro lado, a produtividade no transplântio de 9/11 está dentro do
321 intervalo produtivo de cultivares de mandioca no método tradicional de plantio no município de
322 Santa Maria, Rio Grande do Sul (Tironi et al., 2015).

323 Para a comercialização, o comprimento e o diâmetro de raízes são características
324 importantes e utilizadas como parâmetro para a compra. O comprimento e o diâmetro de raízes
325 foram favorecidos quando o transplântio foi realizado em 9/11 e 24/11. O crescimento das raízes
326 iniciou após o transplântio e de acordo com Figueiredo et al. (2014), ocorre até o momento em que
327 inicia o aumento do diâmetro das raízes. Neste contexto, o crescimento e o desenvolvimento da
328 parte aérea são importantes e serviram para a sintetização e translocação de fotoassimilados para
329 armazenamento nas raízes de reserva. Após o estabelecimento da parte aérea, ocorre alta taxa de
330 fotossíntese líquida e aumento expressivo do diâmetro de raízes (Figueiredo et al., 2014).

331 Com o atraso da época de transplântio, foi verificado maior duração da fase do
332 estabelecimento das mudas, ou seja, até o início do acúmulo de amido (Tabela 5). Por outro lado,
333 houve redução da fase do transplântio até a colheita, marcada principalmente pela redução gradual
334 da fase do início do acúmulo de amido até a colheita. Esta fase é importante para o crescimento,

335 desenvolvimento e produção de fotoassimilados pela parte aérea, e a redução da fase foi
336 responsável pela menor translocação e acúmulo de massa fresca de raízes.

337 O número de raízes foi superior nas três primeiras épocas de transplântio, variando de 8,26
338 até 8,53 raízes planta⁻¹. O resultado para o número de raízes foi superior ao verificado por Aguiar et
339 al. (2011) no método tradicional de plantio. Em pesquisa com épocas de poda, os autores não
340 observaram diferença significativa em relação à testemunha (sem poda) para o caractere número de
341 raízes, que variou de 5,40 a 7,58 raízes planta⁻¹. Para o transplântio de mudas realizado em 26/12, o
342 número de raízes foi de 5,20 raízes planta⁻¹. Este resultado, associado ao comprimento e diâmetro
343 de raízes contribuiu para a baixa produtividade, considerando que estes caracteres são importantes
344 componentes da produtividade e influenciam diretamente a massa fresca de raízes (Figueiredo et al.,
345 2014). Apesar disso, a produtividade de raízes foi superior à média nacional em propriedades
346 familiares de 5.770 kg ha⁻¹ (Brasil, 2009), indicando que a adaptação do método de multiplicação
347 rápida é uma alternativa para o aumento da produtividade nacional de mandioca, além de contribuir
348 para a subsistência e sustentação financeira das propriedades familiares, bem como, com a
349 segurança alimentar da população.

350 Não houve diferença significativa para os caracteres mensurados em raízes nos diferentes
351 espaçamentos (Tabela 4). Na Nigéria, Akpan e Ikeh (2018) verificaram que a produtividade de
352 mandioca variou em diferentes espaçamentos e que o espaçamento 1,0 x 0,8 m proporcionou os
353 melhores resultados para as cultivares TMS 30572 e TME 419. Silva et al. (2013) verificaram que a
354 densidade de plantio influenciou a massa fresca, o número e o comprimento de raízes, porém, não
355 afetou o diâmetro de raízes na cultivar Vermelhinha. Estes autores destacam que para a massa
356 fresca e número de raízes houve efeito benéfico até as densidades de 14.416 e 16.436 plantas ha⁻¹,
357 respectivamente, e a partir destas densidades os caracteres foram afetados negativamente e houve
358 redução do comprimento de raízes com o aumento da densidade de plantas. Em densidade de
359 plantas reduzida há maior disponibilidade de recursos como água e reduzida competição por
360 nutrientes e radiação solar e, conseqüentemente, a planta está exposta a melhores condições para

361 expressar o potencial produtivo de caracteres de parte aérea e raízes. Acima das densidades citadas,
362 os autores relataram que houve aumento da competição por recursos essenciais e conseqüentemente
363 houve redução nos valores dos caracteres.

364 Apesar da diferença no espaçamento e na população de plantas, a ausência de diferença
365 estatística significativa possivelmente é decorrente da reduzida competição intraespecífica e
366 interespecífica, já que o controle de plantas daninhas foi realizado semanalmente até o fechamento
367 das entrelinhas de cultivo. Isso favoreceu o estabelecimento da cultura e conseqüentemente refletiu
368 na produtividade de raízes. O rápido crescimento inicial da cultura da mandioca é importante para
369 reduzir a competição com plantas daninhas devido ao rápido sombreamento do solo na área de
370 cultivo e contribui para o manejo integrado de plantas daninhas (Rangel et al., 2018).

371 Além disso, o nitrogênio, o fósforo e o potássio são os nutrientes mais importantes para o
372 processo de tuberização das raízes (Odedina et al., 2015). A adição destes nutrientes em
373 formulações com micronutrientes pode contribuir para o aumento da produtividade (Howeler,
374 2014). Munyahali et al. (2017) verificaram que a aplicação de adubo com formulação NPK resultou
375 em aumento da produtividade de ramas e raízes de mandioca e os autores enfatizam que a aplicação
376 em áreas com nível baixo dos nutrientes é capaz de gerar retorno econômico satisfatório para os
377 produtores. Ezui et al. (2016) demonstraram que a suplementação nutricional foi capaz de
378 proporcionar aumento na produtividade de mandioca.

379 A realização da adubação de base e de cobertura, a irrigação após o transplante e as
380 condições climáticas favoreceram o crescimento e o desenvolvimento da cultura, principalmente
381 pela ausência de grandes períodos sem precipitação (Figura 1). Apesar da resistência a condições de
382 estresse ocasionado pela restrição hídrica (Egesi et al., 2007) e da alta capacidade adaptativa a
383 diferentes condições ambientais (Delaquis et al., 2018), de acordo com a FAO (2013), a cultura da
384 mandioca pode ser cultivada em regiões com precipitação pluviométrica aproximada de 400 mm
385 durante o ciclo de cultivo. Para altas produtividades, é necessário acumulado de precipitação
386 superior, preferencialmente bem distribuído nos três primeiros meses de cultivo para que não ocorra

387 redução drástica da emissão de brotações, crescimento de raízes e o posterior desenvolvimento de
388 raízes de acúmulo. A boa distribuição hídrica durante o ciclo e a consequente manutenção das
389 células túrgidas é preponderante para o crescimento e desenvolvimento vegetal, apesar de que a
390 cultura da mandioca é capaz de manter o turgor mesmo em condições de estiagem (Polthane e
391 Wongpichet, 2017).

392 Além disso, a variação de temperatura noturna e diurna em limites próximos da temperatura
393 ótima favorece o desenvolvimento (Floss, 2011). Observou-se que esta variação próxima à
394 temperatura ótima para a cultura ocorreu em boa parte do ciclo, com temperaturas diurnas
395 superiores a 30°C e noturnas inferiores. Para obtenção do máximo crescimento e produtividade, a
396 mandioca precisa de temperatura próxima aos 25°C e alta incidência de radiação solar (Cock e
397 Rosas, 1975).

398 Não houve diferença entre os métodos de estimação da soma térmica acumulada para as
399 fases do transplântio ao início do acúmulo de amido, do início do acúmulo de amido a colheita e do
400 transplântio até a colheita (Tabela 5). Isso ocorreu devido a que durante as fases a temperatura
401 média diária do ar não superou a temperatura ótima para a cultura da mandioca, que foi de 30°C
402 (Figura 1). Resultado similar foi observado por Trentin et al. (2008) em pesquisa cujo objetivo foi
403 determinar a soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da melancia por diferentes métodos.

404 De maneira geral, a duração da fase do transplântio ao início do acúmulo de amido em
405 acúmulo de soma térmica e em dias aumentou com o atraso da época de transplântio e variou de
406 355,25 a 432,40°C dia e de 43 a 49 dias, respectivamente. Por outro lado, para a duração da fase do
407 início do acúmulo de amido até a colheita e do transplântio até a colheita foi observada redução da
408 soma térmica acumulada com o atraso da época de plantio. Do início do acúmulo de amido até a
409 colheita a soma térmica acumulada variou de 714,15 a 1178,95°C dia e em dias de 107 a 159 dias,
410 referentes às épocas de transplântio 26/12 e 9/11, respectivamente. Do mesmo modo, para o ciclo
411 total do transplântio até a colheita a soma térmica acumulada variou de 1146,55 a 1534,20°C dia,
412 correspondente a 155 a 203 dias.

413 A redução da massa fresca de raízes na época de transplântio de 26/12 deu-se
414 principalmente pelo menor tempo de tuberização das raízes. Ao longo do ciclo, as raízes adventícias
415 são substituídas pelas raízes fibrosas que tem a função de romper camadas profundas do solo, além
416 de atuar na absorção de água e nutrientes. É variável o número de raízes fibrosas que se tornam
417 raízes de armazenamento e ao longo do ciclo a tuberização apresenta aumento gradativo até a fase
418 em que a partição de fotoassimilados produzidos pela parte aérea é acelerada, com o aumento da
419 translocação e acúmulo de carboidratos e sólidos solúveis nas raízes de reserva (Alves, 2006). O
420 começo deste importante período que define a produtividade de raízes é marcado pelo início do
421 acúmulo de amido nas raízes e a diminuição da fase do início do acúmulo de amido até a colheita
422 ocasionada pelo transplântio realizado em 26/12 resultou na drástica redução na produtividade de
423 raízes.

424 Estes resultados sugerem que a maior massa fresca de raízes, diâmetro e comprimento de
425 raízes verificados nas duas primeiras épocas de transplântio tem relação com a soma térmica
426 acumulada. Nestas épocas, houve maior acúmulo de unidades de calor e, conseqüentemente, o
427 crescimento e o desenvolvimento das plantas foi favorecido, principalmente na fase que define a
428 produtividade de raízes. Quanto menor foi a fase de transplântio ao início do acúmulo de amido,
429 maior foi o período do acúmulo de amido das raízes até a colheita, resultando na maior
430 produtividade e qualidade de raízes. Por outro lado, o atraso da época de transplântio demanda
431 maior período de estabelecimento das mudas e para iniciar o acúmulo de amido e,
432 conseqüentemente, houve menor período de tempo para o desenvolvimento da parte aérea e para a
433 deposição de amido nas raízes até a colheita, o que reduziu significativamente a produtividade e a
434 qualidade das raízes. O fotoperíodo também influencia o desenvolvimento da cultura e dias longos
435 favorecem o desenvolvimento da parte aérea enquanto que dias curtos promovem desenvolvimento
436 superior das raízes de reserva (Alves, 2006).

437 **4. Conclusões**

438 Transplântio de mudas realizado até 24/11 favorece a expressão de caracteres de
439 produtividade de ramas e de raízes.

440 O espaçamento de 1,0 x 0,6 m apresenta os melhores resultados para caracteres de
441 produtividade de ramas.

442 **5. Agradecimentos**

443 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela
444 concessão da bolsa de estudos para André Schoffel.

445 **6. Referências**

446 Abass, A.B., Towo, E., Mukaka, I., Okechukwu, R., Ranaivoson, R., Tarawali, G., Kanju, E., 2014.
447 Growing cassava: A training manual from production to postharvest. IITA, Ibadan, Nigeria, 36 p.

448 Adeniji, O.T., Odo, P.E., Ibrahim, B., 2011. Genetic relationship and selection indices for cassava
449 root yield in Adamawa State, Nigeria. Afr. J. Agric. Res. 6, 2931-2934.
450 <https://doi.org/10.5897/AJAR10.143>.

451 Aguiar, E.B., Bicudo, S.J., Curcelli, F., Figueiredo, P.G., Cruz, S.C.S., 2011. Épocas de poda e
452 produtividade da mandioca. Pesq. Agropec. Bras. 46, 1463-1470. [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100007)
453 [204X2011001100007](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100007).

454 Akpan, E.A., Ikeh, A.O., 2018. Growth and yield response of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)
455 varieties to different spacing in Uyo, Southeastern Nigeria. J. Agric. Crop. Res. 6, 19-27.

456 Alves, A.A.C., 2006. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura
457 Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas, BR: Embrapa.
458 Cap. 7, pp. 138-169.

459 Arnold, C.Y., 1960. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. J. Am.
460 Soc. Hortic. Sci. 76, 682-692.

461 Brasil., 2009. O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Brasília: MDA, 96 p.

- 462 Ceballos, H., Kawuki, R.S., Gracen, V.E., Yencho, G.C., Hershey, C.H., 2015. Conventional
463 breeding, marker-assisted selection, genomic selection and inbreeding in clonally propagated crops:
464 a case study for cassava. *Theor. Appl. Genet.* 128, 1647-1667. [https://doi.org/10.1007/s00122-015-](https://doi.org/10.1007/s00122-015-2555-4)
465 [2555-4](https://doi.org/10.1007/s00122-015-2555-4).
- 466 Comissão de química e fertilidade do solo., 2016. Manual de calagem e adubação para os estados
467 do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo
468 Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC. 376 p.
- 469 Cock, J.H., Rosas, S.C., 1975. *Ecophysiology of cassava*. Centro Internacional de Agricultura
470 Tropical (CIAT), Cali, CO. 14 p.
- 471 Delaquis, E., De Haan, S., Wyckhuys, K.A.G., 2018. On-farm diversity offsets environmental
472 pressures in tropical agro-ecosystems: a synthetic review for cassavabased systems. *Agric. Ecosyst.*
473 *Environ.* 251, 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.037>.
- 474 Edet, M.A., Tijani-Eniola., H., Lagoke, S.T.O., Tarawati, G., 2015. Relationship of Cassava Growth
475 Parameters with Yield, Yield Related Components and Harvest Time in Ibadan, Southwestern
476 Nigeria. *J. Nat. Sci. Res.* 5, 87-93.
- 477 Egesi, C.N., Ilona, P., Ogbe, F.O., Akoroda, M., Dixon, A., 2007. Genetic variation and genotype ×
478 environment interaction for yield and other agronomic traits in cassava in Nigeria. *Agron. J.* 99,
479 1137-1142. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0291>.
- 480 Equipe Estatcamp., 2014. Software Action. Estatcamp, Consultoria em estatística e qualidade, São
481 Carlos - BR. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>. Acessado em: 23 de maio de 2019.
- 482 Ezui, K.S., Franke, A.C., Mando, A., Ahiabor, B.D.K., Tetteh, F.M., Sogbedji, J., Janssen, B.H.,
483 Giller, K.E., 2016. Fertiliser requirements for balanced nutrition of cassava across eight locations in
484 West Africa. *Field Crops Res.* 185, 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.10.005>.
- 485 Fagundes, L.K., Streck, N.A., Rosa, H.T., Walter, L.C., Zanon, A.J., Lopes, S.J., 2010.
486 Desenvolvimento, crescimento e produtividade de mandioca em diferentes datas de plantio em

- 487 região subtropical. Ciênc. Rural. 40, 2460-2466. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103->
- 488 [84782010001200004](http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001200004).
- 489 Fao., 2013. Save and Grow: Cassava A guide to sustainable production intensification. Food and
- 490 Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 142 p.
- 491 Ferreira, D.F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciênc. Agrotec. 35, 1039-1042.
- 492 <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- 493 Figueiredo, P.G., Bicudo, S.J., Moraes-Dallaqua, M.A., Tanamati, F.Y., Aguiar, E.B., 2014.
- 494 Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo.
- 495 Bragantia. 73, 357-364. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0150>.
- 496 Floss, E.L., 2011. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê. 5 ed.
- 497 Passo Fundo, Ed. Universidade de Passo Fundo. 734 p.
- 498 Fukuda, W.M.G., Carvalho, H.W.L., 2006. Propagação Rápida de Mandioca no Nordeste
- 499 Brasileiro. Circular Técnica 45. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju. 6 p.
- 500 Gilmore Jr, E.C., Rogers, J.S., 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron.
- 501 J. 50, 611-615. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000100014x>.
- 502 Howeler, R.H., 2014. Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia: a reference
- 503 manual. CIAT Publication n. 389. Cali, CO. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- 504 280 p.
- 505 Ishida, A.K.N., Cardoso, S.V.D., Almeida, C.A., Noronha, A.C.S., Cunha, E.F.M., 2016. Incidência
- 506 da Bacteriose da Mandioca (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) no Estado do Pará. Embrapa
- 507 Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 105. 22p.
- 508 Koefender, J., Golle, D.P., Manfio, C.E., Horn, R.C., Camera, J.N., Dambróz, A.P.B., 2015.
- 509 Boletim técnico cultura da mandioca. Boletim técnico n. 1, Cruz Alta: Unicruz. 26 p.
- 510 Matthews, R.B., Hunt, L.A., 1994. GUMCAS: a model describing the growth of cassava (*Manihot*
- 511 *esculenta* L. Crantz). Field Crops Res. 36, 69-84. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(94\)90054-X](https://doi.org/10.1016/0378-4290(94)90054-X).

- 512 Mapa., 2011. Portaria 130/2011. Secretaria de política agrícola. Departamento de gestão de risco
513 rural. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. 11 p.
- 514 Munyahali, W., Pypers, P., Swennen, R., Walangululu, J., Vanlauwe, B., 2017. Responses of
515 cassava growth and yield to leaf harvesting frequency and NPK fertilizer in South Kivu,
516 Democratic Republic of Congo. *Field Crops Res.* 214, 194-201.
517 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.018>.
- 518 Neumaier, N., Nepomuceno, A.L., Farias, J.R.B., Oya, T., 2000. Estresses de ordem ecofisiológica.
519 Cap. 2. In: *Estresses em soja*. Ed. Bonato, E.R. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 254 p.
- 520 Odedina, J., Ojeniyi, S., Odedina, S., Fabunmi, T., Olowe, V., 2015. Growth and yield responses of
521 cassava to poultry manure and time of harvest in rainforest agro-ecological zone of Nigeria. *Int. J.*
522 *Agric. Sci. Nat. Resour.* 2, 67-72.
- 523 Oliveira Júnior, J.O.L., Barbosa, F.J.V., Fukuda, C., Sousa, L.S., Leite, L.F.C., Neves, A.C.,
524 Araújo, F.S., 2005. *Recomendações Técnicas de Manejo para o Cultivo da Mandioca em*
525 *Agricultura Familiar no Meio-Norte do Brasil*. Circular Técnica 41. Ministério da Agricultura
526 Pecuária e Abastecimento. Embrapa Meio-Norte. 6 p.
- 527 Pes, L.Z., Amado, T.J.C., La Scala, N., Bayer, C., Fiorin, J.E., 2011. The primary sources of carbon
528 loss during the crop-establishment period in a subtropical Oxisol under contrasting tillage systems.
529 *Soil Tillage Res.* 117, 163-171. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.002>.
- 530 Polthane, A., Wongpichet, K., 2017. Effects of Planting Methods on Root Yield and Nutrient
531 Removal of Five Cassava Cultivars Planted in Late Rainy Season in Northeastern Thailand. *Agric.*
532 *Sci.* 8, 33-45. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2017.81003>.
- 533 Pypers, P., Bimponda, W., Lodi-Lama, J.P., Lele, B., Mulumba, R., Kachaka, C., Vanlauwe, B.,
534 2012. Combining mineral fertilizer and green manure for increased, profitable cassava production.
535 *Agron. J.* 104, 178-187. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2011.0219>.
- 536 Rangel, M.A.S., Fey, E., Neubert, E.O., Fidalski, J., 2018. Plantio direto de mandioca: aspectos de
537 manejo. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BR. 32 p.

- 538 Rojas, R., Gutiérrez, W., Esparza, D., Medina, B., Villalobos, Y., Morales, L., 2007. Efecto de la
539 densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta*
540 Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. 24,
541 94-112.
- 542 Salvador, E.M., Steenkamp, V., McCrindle, C.M.E., 2014. Production, consumption, and nutritional
543 value of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) in Mozambique: An overview. J. Agric. Biotech.
544 Sustain. Dev. 6, 29-38. <http://dx.doi.org/10.5897/JABSD2014.0224>.
- 545 Santos, V.S., Souza, A.S., Viana, A.E.S., Ferreira Filho, J.R., Souza, K.A.S., Menezes, M.C., 2009.
546 Multiplicação Rápida, Método Simples e de Baixo Custo na Produção de Material Propagativo de
547 Mandioca. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
548 24 p.
- 549 Schons, A. Streck, N.A., Storck, L., Buriol, G.A., Zanon, A.J., Pinheiro, D.G., Kraulich, B., 2009.
550 Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento,
551 desenvolvimento e produtividade. Bragantia. 68, 165-177. [http://dx.doi.org/10.1590/S0006-
552 87052009000100017](http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000100017).
- 553 Schons, A., Streck, N.A., Kraulich, B., Pinheiro, D.G., Zanon, A.J., 2007. Emissão de folhas e
554 início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de
555 plantio. Ciênc. Rural. 37, 1586-1592. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600013>.
- 556 Silva, D.V., Ferreira, E.A., Oliveira, M.C., Pereira, G.A.M., Braga, R.R., Santos, J.B., Aspiazu, I.,
557 Souza, M.F., 2016. Productivity of cassava and other crops in an intercropping system. Cienc.
558 Investig. Agrar. 43, 159-166. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202016000100015>.
- 559 Silva, T.S., Silva, P.S.L., Braga, J.D., Silveira, L.M., Sousa, R.P., 2013. Planting density and yield
560 of cassava roots. Rev. Ciênc. Agron. 44, 317-324. [http://dx.doi.org/10.1590/S1806-
561 66902013000200014](http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902013000200014).

- 562 Silveira, H.M., Silva, D.V., Carvalho, F.P., Castro Neto, M.D., Silva, A.A., Sedyama, T., 2012.
563 Características fotossintéticas de cultivares de mandioca tratadas com fluazifop-p-butyl e
564 fomesafen. Rev. Agroambiente. 6, 222-227. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v6i3.820>.
- 565 Soil Survey Staff., 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11 ed. USDA - Natural Resources
566 Conservation Service, Washington, DC. 338 p.
- 567 Tironi, L.F., Uhlmann, L.O., Streck, N.A., Samboranza, F.K., Freitas, C.P.O., Silva, M.R., 2015.
568 Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. Bragantia. 74, 58-66.
569 <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0352>.
- 570 Trentin, R., Schreiber, F., Streck, N.A., Buriol, G.A., 2008. Soma térmica de subperíodos do
571 desenvolvimento da planta de melancia. Ciênc. Rural. 38, 2464-2470.
572 <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008005000016>.

573 **Tabela 1**

574 Percentual de sobrevivência (S %), altura de ramificação da haste principal (ARHP), número de
 575 ramificações (NRAM), diâmetro da base de rama (DBR), diâmetro médio de rama (DMR),
 576 diâmetro superior de rama (DSR), média dos diâmetros de rama (MD), comprimento de rama
 577 (CRAMA), número de gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA) de plantas
 578 de mandioca com transplântio em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12.

| Caracteres | Época | | | | CV (%) |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| | 9/11 | 24/11 | 3/12 | 26/12 | |
| S (%) | 91,87* a | 97,20 a | 98,40 a | 91,00 a | 24,03 |
| ARHP (cm) | 1,41 a | 1,36 a | 1,48 a | 1,19 a | 18,60 |
| NRAM (planta) | 3,00 a | 3,00 a | 3,00 a | 2,67 b | 23,53 |
| DBR (mm) | 23,33 a | 24,13 a | 22,73 a | 18,33 b | 7,21 |
| DMR (mm) | 21,60 a | 22,20 a | 20,67 a | 16,47 b | 10,05 |
| DSR (mm) | 18,40 a | 18,47 a | 16,87 b | 13,20 c | 9,80 |
| MD (mm) | 21,20 a | 21,67 a | 20,13 a | 15,93 b | 8,82 |
| CRAMA (cm) | 1,23 a | 1,19 a | 1,30 a | 1,01 a | 20,99 |
| NGR | 38,73 a | 38,93 a | 37,93 a | 28,27 b | 14,62 |
| NGHA | 721.968,60 a | 728.647,73 a | 706.088,20 a | 521.961,27 b | 12,13 |

579 *Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade (P<0,05).

580

581 **Tabela 2**

582 Percentual de sobrevivência (S %), altura de ramificação da haste principal (ARHP), número de
 583 ramificações (NRAM), diâmetro da base de rama (DBR), diâmetro médio de rama (DMR),
 584 diâmetro superior de rama (DSR), média dos diâmetros de rama (MD), comprimento de rama
 585 (CRAMA), número de gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA) de plantas
 586 de mandioca em espaçamentos de 0,6 x 0,6, 0,8 x 0,8, 0,8 x 0,6, 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8 m.

| Caracteres | Espaçamento | | | | | CV(%) |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| | 0,6 x 0,6 m | 0,8 x 0,8 m | 0,8 x 0,6 m | 1,0 x 0,6 m | 1,0 x 0,8 m | |
| S (%) | 91,75* a | 94,42 a | 95,50 a | 94,42 a | 97,00 a | 11,96 |
| ARHP (cm) | 1,41 a | 1,34 a | 1,38 a | 1,36 a | 1,32 a | 13,64 |
| NRAM (planta) | 2,92 a | 2,92 a | 2,83 a | 3,00 a | 2,92 a | 11,91 |
| DBR (mm) | 21,50 b | 21,75 b | 21,25 b | 23,42 a | 22,75 a | 5,98 |
| DMR (mm) | 19,50 b | 19,75 b | 19,50 b | 21,42 a | 21,00 a | 5,10 |
| DSR (mm) | 16,08 b | 16,42 b | 16,08 b | 18,17 a | 16,92 b | 6,41 |
| MD (mm) | 18,92 b | 19,00 b | 19,33 b | 21,17 a | 20,25 b | 6,01 |
| CRAMA (cm) | 1,22 a | 1,16 a | 1,21 a | 1,18 a | 1,15 a | 15,11 |
| NGR | 34,75 a | 35,50 a | 35,67 a | 36,83 a | 37,08 a | 17,16 |
| NGHA | 969.392,92 a | 557.611,75 c | 743.379,75 b | 613.618,50 b | 464.329,33 d | 6,85 |

587 *Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade (P<0,05).

588

589 **Tabela 3**

590 Massa fresca de raízes (MFR (g planta⁻¹)), massa fresca de raízes (MFR (kg ha⁻¹)), comprimento de
 591 raiz (CRAIZ), diâmetro de raiz (DRAIZ) e número de raízes (NR (planta)) em plantas de mandioca
 592 com transplântio em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12.

| Caracteres | Época | | | | CV (%) |
|-------------------------------|------------|------------|------------|-----------|--------|
| | 9/11 | 24/11 | 3/12 | 26/12 | |
| MFR (g planta ⁻¹) | 1206,87 a | 1210,80 a | 787,53 b | 483,60 c | 12,22 |
| MFR (kg ha ⁻¹) | 21755,07 a | 21504,20 a | 13736,40 b | 8708,07 c | 12,02 |
| CRAIZ (cm) | 22,20 a | 22,87 a | 20,13 b | 19,27 b | 8,26 |
| DRAIZ (mm) | 30,33 a | 31,00 a | 26,47 b | 26,60 b | 7,20 |
| NR (planta) | 8,53 a | 8,40 a | 8,26 a | 5,20 b | 16,61 |

593 *Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade (P<0,05).

594

595 **Tabela 4**

596 Massa fresca de raízes (MFR (g planta⁻¹)), massa fresca de raízes (MFR (kg ha⁻¹)), comprimento de
 597 raiz (CRAIZ), diâmetro de raiz (DRAIZ) e número de raízes (NR (planta)) em plantas de mandioca
 598 em espaçamentos de 0,6 x 0,6, 0,8 x 0,8, 0,8 x 0,6, 1,0 x 0,6 e 1,0 x 0,8 m.

| Caracteres | Espaçamento | | | | | CV (%) |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | 0,6 x 0,6 m | 0,8 x 0,8 m | 0,8 x 0,6 m | 1,0 x 0,6 m | 1,0 x 0,8 m | |
| MFR (g planta ⁻¹) | 711,25 a | 878,42 a | 723,83 a | 1163,58 a | 1133,92 a | 24,02 |
| MFR (Kg ha ⁻¹) | 19755,33 a | 13726,25 a | 15080,67 a | 19393,42 a | 14174,00 a | 22,77 |
| CRAIZ (cm) | 19,92 a | 20,33 a | 20,75 a | 21,58 a | 23,00 a | 10,50 |
| DRAIZ (mm) | 28,08 a | 28,50 a | 27,42 a | 29,42 a | 29,58 a | 7,48 |
| NR (planta) | 6,67 a | 7,67 a | 7,00 a | 8,75 a | 7,92 a | 18,72 |

599 *Médias não seguidas por mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em 0,05 de probabilidade (P<0,05).

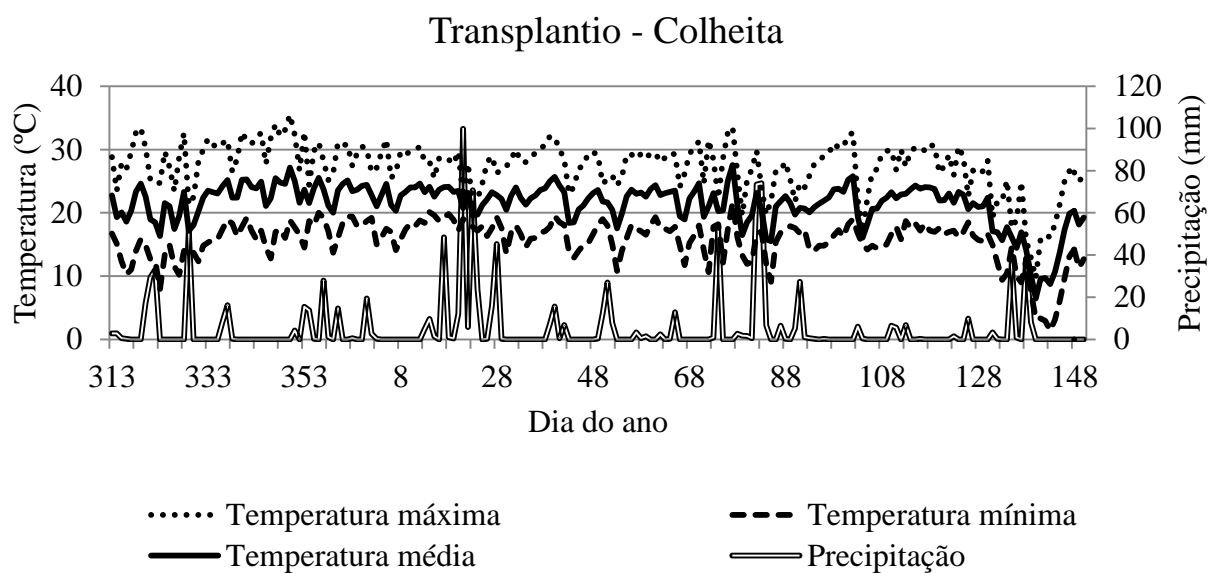
600

601 **Tabela 5**

602 Soma térmica acumulada (°C dia) e em dias das fases do transplântio ao início do acúmulo de
 603 amido (IAA), do início do acúmulo de amido (IAA) até a colheita e do transplântio a colheita de
 604 plantas de mandioca em quatro épocas de transplântio (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12).

| Transplântio – IAA | | |
|-------------------------|----------|------|
| | (°C dia) | Dias |
| 09/11 | 355,25 | 43 |
| 24/11 | 411,10 | 45 |
| 03/12 | 379,90 | 45 |
| 26/12 | 432,40 | 49 |
| IAA – Colheita | | |
| | (°C dia) | Dias |
| 09/11 | 1178,95 | 159 |
| 24/11 | 1027,70 | 142 |
| 03/12 | 987,80 | 138 |
| 26/12 | 714,15 | 107 |
| Transplântio – Colheita | | |
| | (°C dia) | Dias |
| 09/11 | 1534,20 | 203 |
| 24/11 | 1438,80 | 187 |
| 03/12 | 1367,70 | 175 |
| 26/12 | 1146,55 | 155 |

605



606

607 **Fig 1.** Temperatura mínima, média, máxima do ar e precipitação diária do transplântio das mudas

608 até a colheita de ramas e raízes.

6 CAPÍTULO 4

CORRELAÇÕES CANÔNICAS ENTRE CARACTERES DE PLANTAS DE MANDIOCA PROPAGADAS POR UMA ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE MULTIPLICAÇÃO RÁPIDA

RESUMO

Nesta pesquisa objetivou-se identificar as correlações existentes entre os caracteres dos grupos: maniva, muda, rama e raiz de mandioca da cultivar Apronta Mesa produzidas por uma adaptação do método de multiplicação rápida. Em cada época de plantio de manivas (julho, agosto, setembro e outubro de 2017) foram mensurados o comprimento, diâmetro e o peso de maniva (Grupo 1). Após a brotação das manivas, foram coletadas 300 estacas que foram plantadas nas épocas de 22/09, 7/10, 19/10 e 25/11. Foi realizada a mensuração da altura e do número de folhas no plantio e o número de folhas aos 7 dias após o plantio. Após a aclimatização, foi verificada a altura e o número de folhas no transplantio (Grupo 2). O transplantio das mudas ocorreu em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12 e na colheita foram mensurados caracteres de produtividade de ramos (Grupo 3) e raízes (Grupo 4). Foram correlacionados: grupo 1 com 2, 2 com 3, 2 com 4 e 3 com 4. Manivas com maior diâmetro e peso devem ser utilizadas para a produção de estacas. A altura e o número de folhas no plantio e no transplantio exercem maior influência sobre o número de gemas e o diâmetro de rama. Maiores alturas de planta no plantio e no transplantio favorecem caracteres de produtividade de raízes. A altura de ramificação da haste principal e o diâmetro de rama podem ser utilizados para a seleção de plantas com indicativo de melhor qualidade e produtividade de raízes.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, propagação de plantas, análise multivariada, relação entre caracteres.

ABSTRACT

This study aimed to identify the correlations between traits of the groups stem cutting, seedling, stem, and root of cassava produced by an adaptation of the rapid multiplication method. Length, diameter, and weight of stem cutting (Group 1) were measured at each growing season (July, August, September, and October 2017). A total of 300 cuttings were collected after sprouting and planted at seasons of September 22, October 7 and 19, and November 25. Plant height at planting, number of leaves at planting, and number of leaves at 7 days after planting were measured. The number of leaves at transplanting and plant height at transplanting were determined after acclimation (Group 2). Seedling transplanting was carried out on November 9 and 24 and December 3 and 26, and the traits stem (Group 3) and root (Group 4) yield were measured at harvest. Correlations were observed between groups 1 and 2, 2 and 3, 2 and 4, and 3 and 4. Stem cuttings with larger diameter and weight should be used to produce cuttings. The height and number of leaves at planting and transplanting had the strongest effect on the number of buds and the diameter of the stems. Larger plant heights at planting and transplanting favored root yields trait. Main stem branching height and stem diameter can be used for selecting plants with an indication of the best quality and yield of root traits.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, plant propagation, multivariate analysis, relationship between traits.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada mundialmente e exerce função importante para o aumento da segurança alimentar (Jarvis et al. 2012). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de mandioca (Fao, 2017) e aproximadamente 87% da

produção nacional é proveniente da agricultura familiar. Apesar disso, a produtividade média neste tipo de propriedade é de 5.770 kg ha⁻¹ (Brasil, 2009) e a baixa qualidade do material propagativo é uma das principais causas das baixas produtividades (Silva et al. 2013).

O aperfeiçoamento de técnicas de manejo se caracteriza como uma alternativa de baixo custo e de fácil execução para alcançar o aumento da produtividade de espécies alimentícias, já que o ciclo longo e a predominância da propagação assexuada dificulta a implantação de programas de melhoramento genético para a cultura da mandioca (Bredeson et al. 2016). Entre anos de cultivo, ocorre variação qualitativa e quantitativa da produção de material propagativo. O método de multiplicação rápida para a cultura da mandioca, desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical tem potencial para aumentar a taxa de multiplicação de materiais propagativos de alta qualidade, principalmente em safras com restrição de disponibilidade de ramas.

Apesar da existência de adaptações do método para condições de cultivo no Brasil (Santos et al. 2009), são escassas as informações sobre quais caracteres de manivas que exercem maior influência para a produção de mudas de qualidade, bem como, de quais caracteres mensurados em mudas que contribuem para a maior produtividade de ramas e raízes. São escassos os relatos sobre a produtividade de raízes na primeira safra proveniente do transplântio de mudas produzidas através do método de multiplicação rápida. De acordo com Santos et al. (2009), no primeiro ano de cultivo com o uso de mudas produzidas pelo método de multiplicação rápida ocorre a produção de raízes pequenas e de formato desuniforme.

Estudos sobre a associação entre características de interesse agrônômico são importantes. Neste contexto, a análise de correlação canônica é um procedimento

estatístico multivariado que permite o estudo da associação de dois grupos de variáveis (Cruz e Regazzi, 1997). Apesar da importância do estudo de relações lineares entre caracteres na quantificação da intensidade e no sentido da correlação, o conhecimento da associação linear entre grupos permite a seleção de caracteres morfológicos que exercem maior influência sobre o grupo de caracteres produtivos.

Deste modo, estudos exploratórios para identificar as associações existentes entre grupos de caracteres na cultura de mandioca podem auxiliar na definição de estratégias para o aprimoramento do método de multiplicação rápida para a produção de ramas e raízes. Isso ocorre pela possibilidade de identificação de grupos de caracteres que exercem maior influência sobre a produção de mudas com qualidade fisiológica com potencial de proporcionar maior produtividade de ramas e raízes com qualidade elevada. O objetivo desta pesquisa foi identificar as correlações existentes entre os caracteres dos grupos: maniva, muda, rama e raiz de mandioca produzidas por uma adaptação do método de multiplicação rápida.

MATERIAL E MÉTODOS

Em cada época de plantio de manivas da cultivar Apronta Mesa (julho, agosto, setembro e outubro de 2017), foram plantadas 600 manivas com duas gemas em bandejas plásticas de cor preta com 15 células e as seguintes dimensões: 34 cm de comprimento x 21 cm de largura x 7,8 cm de altura. As células apresentam 6,2 cm na parte superior x 5,0 cm na parte inferior x 7,8 cm de altura e 5 furos com 6 mm na base para escoamento da água excedente aplicada via irrigação. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®]. Em cada maniva, foram mensurados o comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM) e o peso de maniva (PM)

(Grupo 1) e após o plantio, as manivas foram mantidas em estufa agrícola modelo Van der Hoeven com irrigação por aspersão.

Após a brotação das manivas, em cada época de plantio, foram coletadas 300 estacas quando apresentavam ao menos 3 folhas visíveis. A folha foi considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha não se tocavam (Schons et al. 2007). Após a coleta, as estacas foram plantadas em bandejas plásticas de 15 células idênticas as utilizadas no plantio das manivas. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®] previamente irrigado para evitar a desidratação dos tecidos ao plantio. Foi aberto um sulco de um centímetro de profundidade e realizado o plantio de uma estaca por célula. O plantio foi realizado no período da manhã e a temperatura máxima admitida para o plantio foi de 25°C para minimizar o risco de desidratação dos tecidos das estacas. Após o plantio em cada época (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), as bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação modelo Van der Hoeven com sistema de irrigação automático por nebulização com 6 mm dia⁻¹ e temperatura média de 25°C.

No ato do plantio foi realizada a medição da altura de planta no plantio (APP) medida da base até a última folha visível e contagem do número de folhas no plantio (NFP). Aos 7 dias após o plantio (DAP) foi realizada novamente a contagem do número de folhas visíveis (NF 7 DAP). Aos 30 DAP as mudas foram retiradas da casa de vegetação e levadas para a estufa agrícola para aclimatização mínima de 5 dias, exceto para a época de plantio de 25/11, em que as mudas foram para a aclimatização aos 23 DAP. Em cada época de plantio, aos 48, 47, 44 e 31 DAP, respectivamente, foi realizada a contagem do número de folhas no transplantio (NFT) e a medição da altura de planta no transplantio (APT) (Grupo 2).

No preparo da área para o transplântio das mudas, foi realizada a dessecação do cultivo de inverno formado pelo consórcio de plantas de cobertura (*Avena strigosa* Schreb. + *Raphanus sativus* L.) utilizando o herbicida Glifosato (3 litros ha⁻¹). O preparo do solo foi realizado do modo convencional, constando de uma aração e uma gradagem e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa (Embrapa, 2013). Para caracterizar a fertilidade do solo da área experimental, foi retirada uma amostra na camada de 0 a 20 cm de profundidade que revelou os seguintes valores: pH em água = 5,5; argila = 50%; matéria orgânica do solo = 3,3%; fósforo = 26,2 mg dm⁻³; potássio = 96 mg dm⁻³; cálcio = 5,9 cmolc dm⁻³; magnésio = 2,4 cmolc dm⁻³; alumínio = 0,0 cmolc dm⁻³ e saturação de bases = 68,7%.

A adubação foi baseada na recomendação da Comissão de química e fertilidade do solo (2016) para a cultura da mandioca. No transplântio, foi realizada a aplicação de 334 kg ha⁻¹ de adubo mineral fórmula (5-20-20). A adubação nitrogenada na forma de ureia (46-00-00) foi parcelada em duas aplicações de 70 kg ha⁻¹ aos 15 dias após o transplântio (DAT) e no início do acúmulo de amido (IAA), que para a cultura da mandioca, de acordo com Schons et al. (2007) ocorre quando a planta apresenta 21 folhas visíveis na haste principal.

O transplântio das mudas ocorreu de acordo com cada época em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12, em sulcos não adubados com 15 cm de profundidade e população média de plantas de 18.681 plantas ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi realizado semanalmente através de capinas manuais até o fechamento completo das entrelinhas de cultivo, período que se estendeu em até três meses após o transplântio. Após o transplântio, para todas as épocas, quando houve ausência de precipitação foi realizada diariamente a irrigação por aspersão até o 15º dia após o transplântio. O suprimento

hídrico é importante para o estabelecimento das mudas de mandioca produzidas pelo método de multiplicação rápida (Santos et al. 2009).

Na colheita em 30 de maio de 2018, foram mensurados a altura de ramificação da haste principal (ARHP) em cm, número de ramificações (N RAM), número de brotações laterais (NBL), número de gemas por rama (NGR), comprimento de rama (C RAMA) em cm, diâmetro de rama (D RAMA) em mm (Grupo 3), massa fresca de raízes (MFR) em g planta⁻¹, comprimento de raízes (C RAIZ) em cm, diâmetro de raízes (D RAIZ) em mm e número de raízes (NR) (Grupo 4). As medições de diâmetro foram realizadas com paquímetro digital, sendo o diâmetro de rama representado pela média do diâmetro basal, médio e superior e a medição do diâmetro de raízes efetuada no terço superior das raízes. A massa fresca de raízes foi obtida pela pesagem em balança de precisão com resolução de 0,01 g.

Os caracteres mensurados formaram os grupos de variáveis da correlação canônica. As plantas avaliadas foram numeradas de forma contínua, em cada época, de modo que foram avaliadas individualmente nas fases maniva (Grupo 1), muda (Grupo 2), rama (Grupo 3) e raiz (Grupo 4).

Em cada um dos grupos de variáveis foram testadas as pressuposições para a realização da análise de correlação canônica, na seguinte ordem: normalidade multivariada, homocedasticidade dos desvios, multicolinearidade e linearidade. A normalidade multivariada foi verificada no programa R, com o uso dos pacotes MASS e mvShapiroTest (Villasenor Alva e Estrada, 2009). A homocedasticidade dos desvios foi verificada através de diagramas de dispersão e plantas que assumiram valores de desvio padronizado maiores do que 4 ou menores do que -4 foram consideradas discrepantes e foram removidas da análise (Hair et al. 2009).

A multicolinearidade foi classificada conforme estabelecido por Montgomery e Peck (1982) através do número de condição (NC) e do valor de inflação da variância (VIF). Quando o número de condição foi menor do que 100 considerou-se a multicolinearidade como fraca e não foi necessária a exclusão de variáveis. Se o número de condição apresentou valores entre 100 e 1000 classificou-se a multicolinearidade como moderada a forte e quando o valor foi superior a 1000 considerou-se a multicolinearidade como severa, e nestes dois casos foi necessária a exclusão de variáveis com alto grau de correlação. Para o valor de inflação da variância foram aceitos valores menores do que 10 e serviu como indicativo da ausência da multicolinearidade. Valores superiores a 10 indicaram as variáveis que devem ser excluídas (Kutner et al. 2005).

A linearidade foi verificada pela significância do coeficiente da correlação de Pearson em 0,05 de probabilidade de erro, em que foram excluídas variáveis que não apresentaram ao menos uma correlação linear significativa com o outro grupo. Na análise de correlação canônica, foram correlacionados os grupos: grupo 1 com 2, 2 com 3, 2 com 4 e 3 com 4. A verificação dos pressupostos e a análise de correlação canônica foram realizadas pelos programas Genes (Cruz, 2006), R (R Development Core Team, 2014) e Microsoft Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A linearidade dos dados foi verificada pelos coeficientes de correlação linear de Pearson e optou-se pela não exclusão de caracteres pelo fato de apresentarem ao menos uma relação linear significativa com caracteres de outro grupo. Nas quatro épocas de plantio não houve atendimento ao pressuposto da normalidade multivariada dentro dos

grupos 1, 2, 3 e 4. Apesar de a normalidade caracterizar-se como o pressuposto mais importante em análise multivariada, quando há ausência de normalidade a sua severidade pode ser dimensionada pelo tamanho da amostra. Em amostras pequenas, ou seja, em conjuntos de dados com número de observações igual ou inferior a 50, a ausência de normalidade tem potencial de impactar substancialmente os resultados por invalidar os resultados dos testes estatísticos. Para amostras grandes, como em casos com mais de 200 observações, os efeitos da ausência de normalidade podem ser suprimidos ou omitidos e a preocupação com a ausência de normalidade em trabalhos com tamanhos de amostra grandes pode ser reduzida (Hair et al. 2009). No presente estudo, foram realizadas 239, 240, 240 e 226 observações nas épocas de plantio de manivas nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, respectivamente, para os grupos 1 e 2. Para os grupos 3 e 4 foram realizadas 213, 231, 232 e 179 observações nas épocas de plantio de manivas nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, respectivamente.

Nos grupos 1 e 3 não foram encontrados valores discrepantes e apenas um valor foi observado no grupo 2. Após a padronização dos desvios, o valor de desvio padronizado maior do que 4 (discrepante) foi constatado quando o plantio de manivas foi realizado no mês de outubro para o caractere altura de planta no plantio (4,42) e a planta que o apresentou foi removida da análise. No grupo 4, foram constatados valores discrepantes nas épocas de plantio de manivas de julho, agosto e setembro, em que foram excluídas 3, 2 e 1 plantas, respectivamente. Na detecção de valores discrepantes através de diagramas de dispersão é recomendada a realização da padronização dos desvios, haja vista que a padronização facilita a comparação entre as variáveis em estudo (Hair et al. 2009).

Na verificação da multicolinearidade dentro dos grupos de caracteres 1 e 2 foi observado nas épocas de plantio de manivas dos meses de julho, agosto e setembro que o número de condição foi igual ou inferior a 59,71, o que indicou que a multicolinearidade foi classificada como fraca e não foi necessária a exclusão de caracteres. Quando o plantio de manivas foi realizado em outubro, para o grupo de caracteres mensurados em manivas (Grupo 1), o número de condição assumiu valor de 167,11 e a multicolinearidade foi caracterizada como moderada a forte. Neste caso, optou-se pela exclusão do caractere diâmetro de maniva que apresentou valor de inflação da variância de 12,93. Na mesma época de plantio, para o grupo de caracteres mensurados nas mudas de mandioca (Grupo 2), o número de condição foi de 282,03 e foi excluído o caractere altura de planta no transplante, que apresentou valor de inflação da variância de 16,79. Após a exclusão dos caracteres, o número de condição assumiu valores de 6,55 e 10,76 para os grupos 1 e 2, respectivamente.

Para o grupo 3 nas épocas de plantio de maniva de julho, agosto e setembro o número de condição foi superior a 412,50 e nestas épocas de plantio procedeu-se com a exclusão do caractere comprimento de rama, que apresentou valor de inflação da variância superior a 98,49. Após a exclusão do caractere nas épocas de plantio de maniva de julho, agosto e setembro o número de condição foi de 4,17, 3,09 e 6,53, respectivamente. Para o grupo 4, não foi necessária a exclusão de caracteres, já que o número de condição foi igual ou inferior a 40,85 nas quatro épocas de plantio. O atendimento do pressuposto da multicolinearidade é importante e exerce maior influência sobre a confiabilidade das estimativas que a normalidade multivariada (Toebe e Cargnelutti Filho, 2013).

Em todas as épocas de plantio ao menos o primeiro par canônico foi significativo e evidenciou que houve dependência linear entre os grupos 1 e 2. O primeiro coeficiente é sempre maior ou igual a qualquer coeficiente de correlação simples entre os caracteres do primeiro e do segundo grupo, por isso a interpretação deve ser realizada principalmente pelo primeiro par canônico significativo (Cruz e Regazzi, 1997). De maneira geral, as associações entre os grupos de caracteres foram estabelecidas pelo diâmetro de maniva e peso de maniva (Grupo 1) e pela altura de planta no plantio e número de folhas no plantio (Grupo 2). Os demais caracteres apresentaram menor influência e contribuição para a explicação da correlação entre os grupos.

Quando o plantio de manivas foi realizado no mês de julho, o primeiro par canônico apresentou coeficiente de correlação de 0,4444 (Tabela 1). Manivas de maior peso e menor diâmetro proporcionaram maior altura de planta no plantio. Este resultado serve como indicativo de que neste mês, o plantio de manivas de diâmetro intermediário (± 20 mm) pode ser priorizado do ponto de vista agrônomo para que sejam obtidas estacas com melhor capacidade de crescimento inicial e com maior número de folhas no transplantio. Considerando que no mês de julho não é recomendado o plantio de mandioca no Rio Grande do Sul, possivelmente o plantio de manivas com maior diâmetro (próximo a 25 mm) e menor diâmetro (próximo a 15 mm) pode reduzir a capacidade de crescimento inicial de brotações, influenciado principalmente por menores temperaturas. Em condições climáticas adversas, manivas com menor quantidade de substâncias de reserva limitam o desenvolvimento das brotações (Cardoso et al. 2004).

No plantio do mês de agosto, o primeiro par canônico apresentou coeficiente de 0,4844. Foi possível observar que manivas de maior diâmetro proporcionaram a maior altura de planta no plantio. Com o aumento da temperatura média do ar no mês de agosto, manivas com maior diâmetro favoreceram o crescimento das estacas e influenciaram positivamente a altura de planta no plantio pela maior quantidade de reservas disponibilizadas. Os demais caracteres apresentaram coeficientes de baixa magnitude e não contribuíram para a interpretação da correlação canônica entre os grupos nesta época de plantio.

No plantio de manivas do mês de setembro os dois primeiros pares canônicos foram significativos e apresentaram os coeficientes 0,6344 e 0,2459, respectivamente. Estacas provenientes de manivas com maior peso e diâmetro apresentaram maior altura de planta no plantio e menor número de folhas no plantio, ou seja, houve favorecimento do crescimento e menor desenvolvimento inicial. Manivas de maior diâmetro e menor comprimento e conseqüentemente menor peso, proporcionaram estacas com menor número de folhas no plantio. Por outro lado, o número de folhas no transplântio foi favorecido, o que indicou que apesar do desenvolvimento inicial lento, o aporte nutricional inicial fornecido por manivas de maior diâmetro ofereceu condições para favorecer o desenvolvimento e para tornar possível a produção de mudas de mandioca com maior número de folhas no transplântio. De acordo com Mattos e Cardoso (2003) para o método tradicional de plantio, o plantio de manivas com diâmetro de 25 mm deve ser priorizado.

Na época de plantio do mês de outubro o coeficiente do primeiro par canônico foi 0,3316 e observou-se que o maior peso de maniva proporcionou estacas com maior altura de planta, menor número de folhas no plantio e maior número de folhas aos 7 dias

após o plantio. Este resultado indicou que com o maior peso de maniva houve queda reduzida de folhas e o enraizamento e emissão de novas folhas foram maiores após o plantio das estacas. A maior altura de planta no plantio indicou o maior vigor das estacas e, conseqüentemente, após o plantio fatores endógenos favorecem o enraizamento adventício e a emissão de folhas (Hartmann et al. 2002). Com o aumento do tempo de armazenamento das ramas, ocorreu a redução natural do conteúdo de água e reservas devido à brotação das ramas no local de armazenamento. Com isso, manivas de maior peso foram importantes para a obtenção de estacas vigorosas, principalmente quando o plantio foi realizado em época de plantio tardia que demandou maior tempo de armazenamento do material propagativo.

De maneira geral nas épocas de plantio, ficou evidente que dentre os caracteres do grupo 1, o peso de maniva e o diâmetro de maniva exerceram maior influência e contribuição para a explicação da dependência linear entre os grupos 1 e 2. Por outro lado, o comprimento de maniva apresentou coeficientes baixos e pouco contribuiu para a explicação da dependência linear entre os grupos. Deste modo, é possível inferir que para a seleção de manivas utilizadas neste método de multiplicação é recomendável que o peso e diâmetro de maniva sejam utilizados para a seleção de material propagativo.

Quando o plantio de manivas aconteceu no mês de julho, observou-se que os dois primeiros pares canônicos foram significativos nas correlações entre os grupos 2 e 3 (0,5622 e 0,4217) e 3 e 4 (0,8314 e 0,3097) e que apenas o primeiro par canônico foi significativo na correlação entre os grupos 2 e 4 (0,3070) (Tabela 2). Nesta época de transplante de mudas, observou-se que quanto maior a altura de planta no transplante e menor o número de folhas no transplante menor foram a altura de ramificação da haste principal e o diâmetro de rama. Devido ao maior crescimento das mudas, após o

transplântio houve um estresse ocasionado pela maior transpiração e pelo maior gasto de energia para a manutenção das funções fisiológicas básicas para a sobrevivência das mudas, que resultou neste reflexo negativo sobre a altura de ramificação da haste principal e principalmente sobre o diâmetro de rama. Entre os grupos 2 e 4 observou-se que a maior altura de planta no plantio e o menor número de folhas no plantio das estacas exerceram influência positiva sobre o comprimento de raiz. Além disso, para a produção de mudas com plantio de manivas no mês de julho, a manutenção de folhas após o plantio das estacas, ou seja, o maior número de folhas 7 dias após o plantio demonstrou importância para a obtenção de mudas com maior qualidade fisiológica e com a capacidade de produzir raízes com maior comprimento.

Entre os grupos 3 e 4 no plantio de manivas de julho, quanto menor foi a altura de ramificação da haste principal e maior o diâmetro da rama maiores foram o número, o comprimento e o diâmetro de raízes. O maior diâmetro de rama possibilitou o maior aporte de reservas que foram translocadas para o sistema radicular favorecendo seu crescimento e desenvolvimento. A menor altura de ramificação da haste principal contribuiu para o desenvolvimento precoce das ramificações secundárias e conseqüentemente para a emissão de folhas, aumentando a área foliar responsável pela interceptação da radiação solar e produção de fotoassimilados direcionados e acumulados nas raízes (Tironi et al. 2015). A área foliar é importante para a reação fotoquímica e na fixação de carbono atmosférico que tem ação direta sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, sobre o acúmulo de massa seca (Phothi e Theerakarunwong, 2017). De acordo com Alves (2006), a área foliar total é dependente do padrão de ramificação, do número de folhas por ramificação e do seu tamanho e longevidade.

No plantio de manivas de agosto, o primeiro par canônico foi significativo entre os grupos 2 e 3 (0,2681), os dois primeiros pares entre os grupos 3 e 4 (0,8598 e 0,3560) e houve ausência de par canônico significativo entre os grupos 2 e 4 (Tabela 2). Entre os grupos 2 e 3, quanto maior o número de folhas no plantio e menor o número de folhas no transplântio, maiores foram o número de gemas por rama e o diâmetro de rama. Este resultado demonstrou que nesta época, o plantio de estacas com maior número de folhas é determinante para a obtenção de mudas vigorosas e que no transplântio, o menor número de folhas nas mudas foi importante para o aumento dos caracteres de produtividade de ramas: número de gemas por rama e diâmetro de rama. O principal fluxo inicial de fotoassimilados é direcionado para as ramas onde ocorre o acúmulo e posteriormente há o direcionamento para as raízes de armazenamento (Alves, 2006).

Entre os grupos 3 e 4, observou-se que as plantas com menor altura de ramificação da haste principal e maior diâmetro de rama exerceram efeito positivo sobre caracteres de produtividade de raízes, principalmente sobre o número e diâmetro de raízes, similar ao observado na época de plantio de manivas de julho. Os acúmulos da massa seca da parte aérea nas hastes e nas folhas atuaram como fonte de fotoassimilados e o acúmulo nos órgãos de armazenamento é dependente principalmente do número e da massa das raízes (Alves, 2006). No segundo par canônico, verificou-se que plantas com maior altura de ramificação da haste principal apresentaram raízes em menor número, comprimento e diâmetro. Plantas com altura excessiva e, conseqüentemente, com maior altura de ramificação da haste principal, têm maior consumo de fotoassimilados para a formação do aparato fotossintético, bem como, o custo energético com a respiração é elevado e contribui para a redução da produtividade (Floss, 2011). De acordo com estes resultados para a cultivar Apronta Mesa, a altura de ramificação da haste principal pode

servir como caractere de seleção de plantas com produção de raízes de melhor qualidade quando produzidas pela adaptação do método de multiplicação rápida.

Com o plantio de manivas em setembro, verificou-se a significância dos dois primeiros pares canônicos entre os grupos 2 e 3 (0,5997 e 0,3709) e apenas do primeiro para os grupos 2 e 4 (0,3642) e 3 e 4 (0,8664) (Tabela 2). Nesta época, observou-se que mudas com maior altura de planta no plantio e no transplântio proporcionaram plantas com maior número de gemas por rama e diâmetro de rama. De acordo com o segundo par canônico, as estacas com menor número de folhas (NFP) e maior altura (APP) originaram mudas de menor altura de planta no transplântio e proporcionaram a obtenção de plantas com maior altura de ramificação da haste principal e menor número de gemas por rama. Este resultado não é desejável considerando a importância da produtividade de ramos de qualidade, principalmente em safras com escassez de material propagativo. O cultivo de mandioca para a produção de ramos tem crescido em importância nas últimas safras, além de constituir uma alternativa de diversificação e incremento na renda de agricultores (Edet et al. 2015).

Mudas com maior altura de planta no transplântio (grupo 2) originaram plantas com maior número de raízes e massa fresca de raízes (grupo 4), indicando que o crescimento das mudas até o período de aclimatização foi importante e exerceu efeito benéfico para a produtividade de raízes na primeira safra. Durante o crescimento, os produtos da fotossíntese devem ser distribuídos para a emissão de novas folhas e hastes para construção do aparato fotossintético e posteriormente são direcionados para os drenos radiculares (Alves, 2006). A utilização de mudas com qualidade fisiológica e sanitária demonstrou ser um dos principais fatores para o sucesso na utilização da adaptação do método de multiplicação rápida.

Entre os grupos 3 e 4, observou-se que plantas com menor altura de ramificação da haste principal e maior diâmetro de rama apresentaram melhores resultados nos caracteres mensurados nas raízes de armazenamento, principalmente do número, diâmetro e comprimento de raízes. Este resultado observado nas épocas de plantio de manivas de julho, agosto e setembro pode estar relacionado com fatores genéticos e de manejo, como a proximidade da data de transplante das mudas, principalmente no que se refere às condições ambientais. A síntese de produtos da fotossíntese é importante e dependente do crescimento e o desenvolvimento da parte aérea. Com o estabelecimento da parte aérea aumenta a taxa de fotossíntese líquida e, conseqüentemente, ocorre o aumento expressivo do diâmetro de raízes com o direcionamento dos fotoassimilados para os drenos radiculares (Figueiredo et al. 2014). O balanço no desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular e também da sua relação de fonte e dreno são importantes para a obtenção de altas produtividades na cultura da mandioca (Alves, 2006).

No plantio de manivas do mês de outubro, os dois primeiros pares canônicos foram significativos entre os grupos 2 e 3 (0,5099 e 0,3040) e 3 e 4 (0,8599 e 0,3127), enquanto que entre os grupos 2 e 4 apenas o primeiro par foi significativo (0,3586) (Tabela 3). Observou-se que entre os grupos 2 e 3 a maior altura de planta no plantio das estacas e o maior número de folhas 7 dias após o plantio proporcionaram plantas com maior diâmetro de rama e menor número de gemas por rama. Por outro lado, pelo segundo par canônico verificou-se que o maior número de folhas no plantio seguido pelo menor número de folhas 7 dias após o plantio que foi ocasionado pela queda das folhas basais em mudas de menor altura de planta no plantio e, conseqüentemente,

menor altura no transplântio, resultaram em plantas com menor número de gemas por rama o que refletiu claramente o resultado do menor vigor das mudas.

Entre os grupos 2 e 4, observou-se que estacas com menor número de folhas e altura de planta no plantio, porém que mantiveram ou emitiram novas folhas logo após o plantio e que apresentaram maior crescimento até o transplântio (APT) resultaram em plantas com maior diâmetro de raízes. Por ser uma época tardia de cultivo e, inclusive, fora do Zoneamento Agrícola, esta informação é importante principalmente quando se prioriza a produção e seleção de raízes para comercialização no primeiro ano de cultivo em épocas tardias de transplântio de mudas. Além disso, o diâmetro é um caractere importante para a definição das raízes comercializáveis.

Entre os grupos 3 e 4, plantas com maior diâmetro de rama e menor altura de ramificação da haste principal proporcionaram o maior número de raízes e massa fresca de raízes. Este resultado infere que a cultura da mandioca possui alta capacidade de adaptação a diferentes condições de cultivo e que mesmo com o transplântio das mudas ocorrendo em 26/12, às plantas priorizaram o armazenamento de carboidratos e sólidos solúveis em tecidos das ramas para translocação no período de acúmulo de amido nas raízes. Apesar disso, os coeficientes observados para o diâmetro e comprimento de raízes foram baixos, o que indicou que o transplântio de mudas no terceiro decêndio de dezembro reduziu a qualidade comercial das raízes produzidas. Fagundes et al. (2010) verificaram que houve redução gradativa do crescimento e do desenvolvimento da parte aérea com o atraso da época de plantio, que resultou na diminuição da emissão de folhas, síntese de fotoassimilados e acúmulo de massa seca nas ramas e raízes.

Apesar disso, o cultivo da mandioca em épocas tardias de transplântio de mudas pode ser uma alternativa de oferta de parte aérea e raízes para a alimentação animal ou,

principalmente, para a colheita de raízes na entressafra seguinte. Neste caso, a poda deve ser realizada no mês de maio que coincide com o início do período de repouso vegetativo ocasionado pela redução da temperatura na região Sul do Brasil. De acordo com Aguiar et al. (2011) a realização da poda no período de repouso vegetativo não altera a produtividade de raízes e a antecipação da poda para o final do primeiro ciclo de cultivo ou após o início do segundo afeta negativamente a produtividade de raízes.

Em caso de estresses bióticos ou abióticos a cultura da mandioca tem a capacidade de manter-se em repouso vegetativo, retornando as condições fisiológicas normais em condições adequadas, conferindo a característica de adaptação diante de condições ambientais diversas (Ceballos et al. 2011). No início da primavera, com o aumento da temperatura do ar e com a retomada das funções metabólicas, as plantas saem do repouso vegetativo e iniciam um período de intensa brotação, emissão de folhas e construção do aparato fotossintético. Conseqüentemente, ocorre o aumento do acúmulo de amido nas raízes que podem ser colhidas nos meses de novembro e dezembro, período do ano que coincide com o período sazonal de baixa disponibilidade de raízes frescas de mandioca para comercialização no Rio Grande do Sul.

CONCLUSÃO

Manivas com maior diâmetro e peso devem ser utilizadas para a produção de estacas.

A altura e o número de folhas no plantio e no transplantio exercem maior influência sobre o número de gemas por rama e diâmetro de rama.

Maiores alturas de planta no plantio e no transplantio favorecem caracteres de produtividade de raízes.

A altura de ramificação da haste principal e o diâmetro de rama podem ser utilizados para a seleção de plantas de mandioca com indicativo de melhor qualidade e produtividade de caracteres radiculares.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos para André Schoffel.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, EB, Bicudo, SJ, Curcelli, F, Figueiredo, PG and Cruz, SCS (2011). Épocas de poda e produtividade da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 1463-1470. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100007>.
- Alves, AAC (2006). Fisiologia da mandioca. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa, (p.138-169).
- Brasil (2009). O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Brasília: MDA, 96 p.
- Bredeson, JV, Lyons, JB, Prochnik, SE, Wu, GA, Ha, CM, Edsinger-Gonzales, E, Grimwood, J, Schmutz, J, Rabbi, IY, Egesi, C, Nauluvula, P, Lebot, V, Ndunguru, J, Mkamilo, G, Bart, RS, Setter, TL, Gleadow, RM, Kulakow, P, Ferguson, ME, Rounsley, S and Rokhsar, DS (2016). Sequencing wild and cultivated cassava and related species reveals extensive interspecific hybridization and genetic diversity. *Nature Biotechnology*, 34, 562-570. <http://dx.doi.org/10.1038/nbt.3535>.
- Cardoso, ET, Silva, PRF, Argenta, G, Forsthoffer, E, Suhre, E, Teichmann, LL and Strider M (2004). Brotação e produção de raízes de mandioca em função do

comprimento da maniva, em dois ambientes. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 3, 20-24.

Ceballos, H, Ramirez, J, Bellotti, AC, Jarvis, A and Alvarez, E (2011). Adaptation of cassava to changing climates. In: Yadav, SS, Redden, RJ, Hatfield, JL, Lotze-Campen, H and Hall, AE (Eds), *Crop adaptation to climate change*, Wiley-Blackwell, Oxford, UK, (p. 411-425).

Comissão de química e fertilidade do solo (2016). *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo: RS/SC, 376 p.

Cruz, CD (2006). *Programa Genes: Análise multivariada e simulação*. Editora UFV. Viçosa, MG: UFV, 175 p.

Cruz, CD and Regazzi, AJ (1997). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG: UFV, 390 p.

Edet, MA, Tijani-Eniola, H, Lagoke, STO and Tarawati, G (2015). Relationship of Cassava Growth Parameters with Yield, Yield Related Components and Harvest Time in Ibadan, Southwestern Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*, 5, 87-93.

Embrapa (2013). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo*. 3. ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 353 p.

Fagundes, LK, Streck, NA, Rosa, HT, Walter, LC, Zanon, AJ and Lopes, SJ (2010). Desenvolvimento, crescimento e produtividade de mandioca em diferentes datas de plantio em região subtropical. *Ciência Rural*, 40, 2460-2466. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001200004>.

- Fao (2017). Food outlook. Biannual report on global food markets, 152 p.
- Figueiredo, PG, Bicudo, SJ, Moraes-Dallaqua, MA, Tanamati, FY and Aguiar, EB (2014). Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. *Bragantia*, 73, 357-364. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0150>.
- Floss, EL (2011). Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê. 5. ed. Passo Fundo, Ed. Universidade de Passo Fundo, 734 p.
- Hair, JF, Black, WC, Babin, BJ, Anderson, RE and Tatham, RL (2009). Análise multivariada de dados. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 688 p.
- Hartmann, HT, Kester, DE, Davies, FT and Geneve, RL (2002). Plant propagation: principles and practices. 7. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 880 p.
- Jarvis, A, Ramirez-Villegas, J, Campo, BVH and Navarro-Racines, C (2012). Is cassava the answer to African climate change adaptation? *Tropical Plant Biology*, 5, 9-29. <http://dx.doi.org/10.1007/s12042-012-9096-7>.
- Kutner, MH, Nachtsheim, CJ, Neter, J and Li W (2005). Applied linear statistical models. 5. ed. New York: McGraw-Hill Irwin, 1396 p.
- Mattos, PLP and Cardoso, EMR (2003). Cultivo da mandioca para o Estado do Pará. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de Produção 13. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/sistemas.htm. Acesso em: 16 abr. 2018.
- Montgomery, DC and Peck, EA (1982). Introduction to linear regression analysis. New York: J. Wiley, 504 p.
- Phothi, R and Theerakarunwong, CD (2017). Effect of chitosan on physiology, photosynthesis and biomass of rice (*Oryza sativa L.*) under elevated ozone. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 624-630. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.05.p578>.

R Development Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Áustria. 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.

Santos, VS, Souza, AS, Viana, AES, Ferreira Filho, JR, Souza, KAS and Menezes MC (2009). Multiplicação Rápida, Método Simples e de Baixo Custo na Produção de Material Propagativo de Mandioca. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 24p.

Schons, A, Streck, NA, Kraulich, B, Pinheiro, DG and Zanon, AJ (2007). Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. Ciência Rural, 37: 1586-1592. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600013>.

Silva, CAD, Medeiros, EV, Bezerra, CB, Silva, WM, Barros, JA and Santos, UJ (2013). Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. Bioscience Journal, 29, 1823-1831.

Tironi, LF, Uhlmann, LO, Streck, NA, Samboranza, FK, Freitas, CPO and Silva, MR (2015). Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. Bragantia, 74, 58-66. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0352>.

Toebe, M and Cargnelutti Filho, A (2013). Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48, 466-477. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000500002>.

Villasenor-Alva, JA and Estrada, EG (2009). Generalization of Shapiro–Wilk's Test for Multivariate Normality. Journal Communications in Statistics - Theory and Methods, 38, 1870-1883. <https://doi.org/10.1080/03610920802474465>.

Tabela 1 – Coeficientes dos pares canônicos dos caracteres dos Grupos 1 e 2 com plantio de manivas em julho, agosto, setembro e outubro.

| Julho | | | | Agosto | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Caracteres | Coeficientes dos pares canônicos | | | Caracteres | Coeficientes dos pares Canônicos | | |
| | 1° | 2° | 3° | | 1° | 2° | 3° |
| Grupo 1 | | | | Grupo 1 | | | |
| CM ¹ | -0,2222 | 0,1444 | 1,4051 | CM | 0,4758 | 0,6176 | 1,3065 |
| DM | -0,7816 | 1,9226 | 1,4185 | DM | 0,8642 | 2,0663 | 0,5731 |
| PM | 1,6706 | -1,3612 | -1,4938 | PM | 0,0368 | -2,2456 | -1,1741 |
| Grupo 2 | | | | Grupo 2 | | | |
| NFP | -0,1870 | -0,0244 | -0,0517 | NFP | -0,1763 | 0,3337 | 1,1005 |
| NF 7 DAP | -0,2736 | 0,4588 | -0,9256 | NF 7 DAP | -0,2385 | -1,1266 | -0,0049 |
| APP | 1,0986 | -0,5630 | 0,1032 | APP | 1,0858 | -0,1988 | -0,1823 |
| APT | -0,1835 | 0,1998 | -0,8495 | APT | -0,0338 | -0,3088 | -0,1425 |
| NFT | 0,4141 | 0,6916 | 1,0781 | NFT | 0,1029 | 1,1879 | 0,0265 |
| Correlação canônica (r) | 0,4444* | 0,1413 ^{ns} | 0,0561 ^{ns} | Correlação canônica (r) | 0,4844* | 0,1539 ^{ns} | 0,1407 ^{ns} |
| Significância (X ²) | <0,01 | 0,71 | 0,86 | Significância (X ²) | <0,01 | 0,24 | 0,20 |
| Graus de liberdade | 15 | 8 | 3 | Graus de liberdade | 15 | 8 | 3 |
| Setembro | | | | Outubro | | | |
| Caracteres | Coeficientes dos pares canônicos | | | Caracteres | Coeficientes dos pares canônicos | | |
| | 1° | 2° | 3° | | 1° | 2° | |
| Grupo 1 | | | | Grupo 1 | | | |
| CM | -0,0326 | -0,6505 | 1,5648 | CM | 0,3209 | 1,0423 | |
| DM | 0,4287 | 0,7590 | 2,4291 | PM | 0,8277 | -0,7101 | |
| PM | 0,6293 | -0,5858 | -2,7451 | Grupo 2 | | | |
| Grupo 2 | | | | NFP | -0,8833 | -1,6245 | |
| NFP | -0,6968 | -0,9669 | 0,1756 | NF 7 DAP | 0,7842 | 1,7262 | |
| NF 7 DAP | 0,1701 | 0,2100 | 0,1734 | APP | 1,0958 | -0,2572 | |
| APP | 1,0362 | -0,3454 | 0,2321 | NFT | -0,4790 | 0,1783 | |
| APT | 0,1041 | 0,1677 | -1,2701 | Correlação canônica (r) | 0,3316* | 0,1380 ^{ns} | |
| NFT | 0,2567 | 0,7395 | 0,8973 | Significância (X ²) | <0,01 | 0,24 | |
| Correlação canônica (r) | 0,6344* | 0,2459* | 0,1174 ^{ns} | Graus de liberdade | 8 | 3 | |
| Significância (X ²) | <0,01 | <0,05 | 0,35 | | | | |
| Graus de liberdade | 15 | 8 | 3 | | | | |

*Significativo pelo teste qui-quadrado em 0,05 de probabilidade.

¹CM (comprimento de maniva); DM (diâmetro de maniva); PM (peso de maniva); NFP (Número de folhas no plantio); NF 7 DAP (número de folhas 7 dias após o plantio); APP (altura de planta no plantio); APT (altura de planta no transplantio); NFT (número de folhas no transplantio).

Tabela 2 – Coeficientes dos pares canônicos dos caracteres dos Grupos 2 e 3, 2 e 4 e 3 e 4 com plantio de manivas de mandioca em julho, agosto e setembro.

| Caracteres | Julho | | | Agosto | | | Setembro | | |
|---------------------------------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|
| | 1° | 2° | 3° | 1° | 2° | 3° | 1° | 2° | 3° |
| Grupo 2 | | | | | | | | | |
| NFP ¹ | 0,3673 | 0,0318 | 1,1499 | 0,8250 | 0,8886 | -0,4666 | -0,2889 | -0,8995 | 1,2056 |
| NF 7 DAP | -0,4766 | 0,5126 | 0,2292 | -0,1035 | -0,0074 | 1,2570 | -0,0330 | 0,1568 | -0,6756 |
| APP | -0,4238 | 0,5563 | -0,9087 | -0,0173 | -0,6136 | 0,4007 | 0,5421 | 0,9518 | 0,4577 |
| APT | 0,9743 | 0,1969 | -0,0695 | 0,6228 | -0,5874 | -0,1692 | 0,6243 | -0,7863 | -0,5119 |
| NFT | -0,0647 | 0,0217 | -0,1987 | -0,8747 | 0,3480 | -0,6877 | 0,2570 | 0,3927 | -0,1170 |
| Grupo 3 | | | | | | | | | |
| ARHP | -0,8015 | -0,5531 | 0,5582 | -0,0398 | -0,3349 | -0,4170 | 0,1788 | 1,0901 | 0,1021 |
| NBL | -0,2695 | 0,8587 | 0,4759 | 0,0550 | -0,6357 | 0,3475 | 0,1692 | 0,0126 | 0,2829 |
| N RAM | 0,0581 | -0,2236 | 0,5088 | -0,6564 | 0,3375 | -0,5016 | -0,0576 | 0,2793 | -0,2780 |
| NGR | 0,463 | 0,2485 | 0,1132 | 0,7230 | 0,1355 | -0,6311 | 0,5184 | -0,6803 | -1,1829 |
| D RAMA | -1,0474 | -0,0348 | -0,4843 | 0,3591 | 0,5493 | 0,6167 | 0,4958 | 0,1989 | 1,1796 |
| Correlação canônica (r) | 0,5622* | 0,4217* | 0,2116 ^{ns} | 0,2681* | 0,2257 ^{ns} | 0,1825 ^{ns} | 0,5997* | 0,3709* | 0,1338 ^{ns} |
| Significância (X ²) | <0,01 | <0,01 | 0,34 | 0,02 | 0,07 | 0,16 | <0,01 | <0,01 | 0,78 |
| Grau de liberdade | 25 | 16 | 9 | 25 | 16 | 9 | 25 | 16 | 9 |
| Caracteres | | | | | | | | | |
| Grupo 2 | | | | | | | | | |
| NFP | -0,4268 | -0,3569 | 0,4065 | 0,2886 | -1,0246 | -0,4481 | 0,2619 | -1,2793 | -0,9688 |
| NF 7 DAP | 0,8885 | 0,0456 | -0,7740 | -0,2386 | -0,0119 | 0,9972 | -0,0069 | 0,7857 | 0,7086 |
| APP | 0,5667 | -0,6027 | 0,5119 | 1,0500 | 0,4286 | 0,0056 | -0,0490 | 0,9453 | -0,6635 |
| APT | -0,4805 | -0,0212 | -0,4363 | -0,3227 | 0,3326 | 0,8646 | 0,9500 | 0,0191 | 0,3906 |
| NFT | -0,0386 | 0,8828 | 0,9633 | -0,1672 | -0,2911 | -0,4815 | -0,1162 | -0,1964 | 0,2853 |
| Grupo 4 | | | | | | | | | |
| MFR | 0,0292 | 1,5130 | 1,2059 | -0,0893 | 2,3362 | 1,3576 | 0,5242 | 2,0366 | 0,3079 |
| C RAIZ | 0,9356 | -0,6697 | -1,0342 | 1,2249 | -0,9148 | -0,6956 | 0,1261 | -0,0033 | 0,4772 |
| D RAIZ | -0,1318 | 0,2306 | -0,0421 | -0,8350 | -1,0171 | 0,0886 | -0,2840 | -1,6874 | 0,3900 |
| NR | 0,3652 | -1,4334 | 0,0637 | 0,4025 | -2,1266 | -0,2143 | 0,6220 | -1,4440 | -0,4633 |
| Correlação canônica (r) | 0,3070* | 0,2545 ^{ns} | 0,1708 ^{ns} | 0,2309 ^{ns} | 0,1820 ^{ns} | 0,1234 ^{ns} | 0,3642* | 0,1870 ^{ns} | 0,1651 ^{ns} |
| Significância (X ²) | <0,01 | 0,06 | 0,39 | 0,25 | 0,49 | 0,70 | <0,01 | 0,18 | 0,23 |
| Grau de liberdade | 20 | 12 | 6 | 20 | 12 | 6 | 20 | 12 | 6 |
| Caracteres | | | | | | | | | |
| Grupo 3 | | | | | | | | | |
| ARHP | -0,4842 | 0,0007 | 1,0577 | -0,4863 | 0,5390 | 0,6069 | -0,6696 | 0,2718 | 0,8406 |
| NBL | 0,4677 | -0,6644 | 0,2027 | 0,3964 | 0,4572 | -0,2380 | 0,2613 | -0,0650 | 0,5859 |
| N RAM | 0,0514 | -0,5382 | -0,1448 | -0,0176 | -0,6082 | 0,1060 | 0,0066 | -0,2327 | -0,2798 |
| NGR | 0,2008 | -0,6709 | -0,4368 | 0,0498 | -0,5816 | 0,5362 | 0,0774 | -1,3653 | -0,3405 |
| D RAMA | 0,6694 | 0,4938 | 0,7861 | 0,6804 | 0,4615 | 0,3262 | 0,6843 | 0,8587 | 0,5997 |
| Grupo 4 | | | | | | | | | |
| MFR | -0,1663 | 1,6906 | -0,5868 | 0,2633 | 2,6162 | -0,6982 | 0,1063 | 1,6095 | 2,4575 |
| C RAIZ | 0,4979 | -0,4563 | 1,2893 | 0,1912 | -1,1491 | 1,1410 | 0,2781 | -0,9077 | -0,7008 |
| D RAIZ | 0,3599 | -0,0639 | -0,5722 | 0,4118 | -0,7983 | 0,1542 | 0,3365 | 0,1946 | -1,5904 |
| NR | 0,7570 | -1,5762 | 0,0585 | 0,5858 | -2,0929 | 0,0118 | 0,6973 | -1,4943 | -1,2525 |
| Correlação canônica (r) | 0,8314* | 0,3097* | 0,1812 ^{ns} | 0,8598* | 0,3560* | 0,1785 ^{ns} | 0,8664* | 0,2468 ^{ns} | 0,1438 ^{ns} |
| Significância (X ²) | <0,01 | <0,01 | 0,10 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | <0,01 | 0,08 | 0,52 |
| Grau de liberdade | 20 | 12 | 6 | 20 | 12 | 6 | 20 | 12 | 6 |

*Significativo pelo teste qui-quadrado em 0,05 de probabilidade.

¹NFP (Número de folhas no plantio); NF 7 DAP (número de folhas 7 dias após o plantio); APP (altura de planta no plantio); APT (altura de planta no transplante); NFT (número de folhas no transplante); ARHP (altura de ramificação da haste principal); NBL (número de brotações laterais); N RAM (número de ramificações); NGR (número de gemas por rama); D RAMA (diâmetro de rama); MFR (massa fresca de raízes); C RAIZ (comprimento de raiz); D RAIZ (diâmetro de raiz); NR (número de raízes).

Tabela 3 – Coeficientes dos pares canônicos dos caracteres dos Grupos 2 e 3, 2 e 4 e 3 e 4 com plantio de manivas de mandioca em outubro.

| Outubro | | | | Outubro | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|---------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------|----------------------|
| Caracteres | Coeficientes dos pares canônicos | | | Caracteres | Coeficientes dos pares canônicos | | |
| | 1° | 2° | 3° | | 1° | 2° | 3° |
| Grupo 2 | | | | Grupo 3 | | | |
| NFP | -0,4229 | 2,1411 | -0,0885 | ARHP | -0,3203 | 0,3138 | 0,5570 |
| NF 7 DAP | 0,6745 | -1,2782 | 1,2154 | N RAM | 0,0471 | -1,0766 | 0,1142 |
| APP | 0,5847 | -0,4938 | -0,8268 | NGR | 0,3219 | -0,0249 | -0,5375 |
| APT | 0,3484 | -0,5102 | -0,2596 | C RAMA | 0,0945 | -0,0471 | -0,9413 |
| NFT | 0,1050 | 0,2542 | -0,1063 | D RAMA | 0,8123 | 0,6905 | 0,1981 |
| Grupo 3 | | | | Grupo 4 | | | |
| ARHP | -0,1544 | 0,4997 | -1,1924 | MFR | 0,5267 | 1,6157 | 2,2417 |
| N RAM | 0,0183 | 0,0520 | -0,0738 | C RAIZ | 0,1397 | 0,0578 | -1,4607 |
| NGR | -0,6988 | -0,9802 | 0,5375 | D RAIZ | 0,1041 | -1,4128 | 0,1182 |
| C RAMA | -0,0105 | 0,7978 | 0,7805 | NR | 0,4302 | -1,1831 | -1,7344 |
| D RAMA | 0,9108 | 0,2893 | -0,1285 | Correlação canônica | 0,8599* | 0,3127* | 0,1509 ^{ns} |
| Correlação canônica | 0,5099* | 0,3040* | 0,1975 ^{ns} | Significância (X ²) | <0,01 | <0,05 | 0,60 |
| Significância (X ²) | <0,01 | <0,05 | 0,30 | Grau de liberdade | 20 | 12 | 6 |
| Grau de liberdade | 25 | 16 | 9 | | | | |

*Significativo pelo teste qui-quadrado em 0,05 de probabilidade.

¹NFP (Número de folhas no plantio); NF 7 DAP (número de folhas 7 dias após o plantio); APP (altura de planta no plantio); APT (altura de planta no transplantio); NFT (número de folhas no transplantio); ARHP (altura de ramificação da haste principal); N RAM (número de ramificações); NGR (número de gemas por rama); C RAMA (comprimento de rama); D RAMA (diâmetro de rama); MFR (massa fresca de raízes); C RAIZ (comprimento de raiz); D RAIZ (diâmetro de raiz); NR (número de raízes).

7 CAPÍTULO 5

Amostragem para estimação da média em caracteres de mudas, ramas e raízes de mandioca

Resumo

Objetivou-se determinar o tamanho de amostra, em número de plantas, para a estimação da média de caracteres agronômicos na produção de mudas, ramas e raízes de mandioca. O experimento para a produção das mudas foi conduzido em quatro épocas (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11). Foi realizada a mensuração da altura de planta no plantio, número de folhas no plantio e aos 7 dias após o plantio, número de folhas no transplantio e altura de planta no transplantio. O transplantio das mudas para o campo ocorreu em 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12. Na colheita, foram mensurados caracteres de produtividade de ramas e raízes. Foram calculadas as estatísticas: mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, variância, desvio-padrão e coeficiente de variação. O tamanho de amostra foi determinado por reamostragem com reposição, para quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual a 10, 20, 30 e 40% da estimativa da média. Para caracteres mensurados na produção de mudas e de produtividade de ramas e raízes, 63 e 153 plantas são suficientes para a estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual a 20% da estimativa da média.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz; propagação vegetativa; método de multiplicação rápida; planejamento experimental; tamanho de amostra

Abstract

This study analyzed sample sizes (number of plants) for estimating averages of agronomic traits in cassava seedlings, stems and roots. The experiment for seedlings production was conducted on four planting seasons: September 22, October 7, October 19, and November 25. The evaluated characters were plant height at planting, number of leaves at planting, number of leaves at 7 days after planting, number of leaves at transplanting, and plant height at transplanting. The seedlings were transplanted to the field on November 9, November 24, December 3, and December 26. Stems characteristics and root yield were measured at harvest. The following statistics were measured: minimum, maximum, amplitude, mean, median, variance, standard deviation, and coefficient of variation. The sample size was determined by resampling with

replacement at a 95% confidence interval of 10%, 20%, 30%, and 40% of the average estimate. For measuring seedlings production and stems and roots yield, 63 and 153 plants are sufficient to estimate the mean when the 95% confidence interval amplitude was equal to 20% of the mean estimate.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz; vegetative propagation; rapid multiplication method; experimental design; sample size

INTRODUÇÃO

A mandioca pertence à família *Euphorbiaceae* e apresenta importância pela produção de raízes ricas em amido que constituem uma importante fonte alimentícia que contribui para a segurança alimentar em vários países. Por ser uma cultura com alta adaptabilidade, a mandioca apresenta-se como a terceira fonte de energia alimentar mais importante nos trópicos (Hasibuan & Nazir, 2017). Geralmente é cultivada em áreas com deficiência química e física do solo, além de ser uma importante alternativa de produção de alimento em condições de deficiência hídrica (Egesi et al., 2007).

Aproximadamente 87% da produção brasileira de mandioca são provenientes da agricultura familiar, porém, a produtividade média neste tipo de propriedade é de 5.770 kg ha⁻¹ (Brasil, 2009). Além das limitações da área de cultivo e do baixo investimento tecnológico, geralmente são utilizados materiais propagativos de baixa qualidade fisiológica e sanitária que são multiplicados e utilizados em safras sequenciais, o que aumenta o risco de incidência de doenças que afetam drasticamente o desenvolvimento e a capacidade produtiva (Silva et al., 2013). Diante disso, é importante o aprimoramento e a implantação de técnicas de manejo e de cultivo que proporcionem a obtenção e a melhor utilização de materiais propagativos de alta qualidade.

O método de multiplicação rápida desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) consiste do plantio de manivas com 2 a 3 gemas e da colheita das estacas que são acondicionadas em recipientes com água para a indução do enraizamento e, posteriormente, para a produção de mudas de mandioca em embalagens preenchidas com substrato. Este método proporciona a melhor utilização de ramas, bem como, a obtenção e a seleção de mudas com qualidade fisiológica e sanitária, principalmente com a ausência de doenças transmitidas via material propagativo. De acordo com Yuguda et al. (2013), o restrito conhecimento sobre as técnicas de manejo é responsável pela baixa produtividade da mandioca.

Para o estabelecimento do transplântio de mudas de mandioca em áreas de produção é necessária à avaliação de caracteres relacionados ao crescimento e desenvolvimento durante o processo de produção de mudas, com um nível de precisão adequado. Também, a mensuração de caracteres relacionados ao sistema radicular é importante, principalmente em relação à capacidade de enraizamento que confere as mudas uma qualidade elevada. Além disso, são restritas as informações técnicas sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade de ramas e raízes de plantas de mandioca produzidas pelo método de multiplicação rápida. De acordo com Santos et al. (2009), o cultivo na primeira safra é alternativa para a produção de ramas, já que as raízes apresentam tamanho reduzido e formato desuniforme.

Em experimentos agrícolas, a mensuração de todas as plantas que compõe a unidade experimental é o método mais adequado para a estimação da média. Porém, com a baixa disponibilidade de tempo, recursos financeiros e de mão de obra a amostragem é a técnica utilizada para representar a população. Nestes casos, é necessária a estimação e a utilização do tamanho de amostra adequado para que a amostragem seja representativa (Storck et al., 2011). Para o estudo do tamanho de amostra, o uso de intervalos de confiança obtidos por reamostragem tem sido utilizado. Esta técnica independe da distribuição de probabilidade dos dados (Ferreira, 2009) e já foi utilizada na determinação do tamanho de amostra para estimação da média em caracteres de tremoço branco (Burin et al., 2014).

Muitas vezes, a escolha do tamanho de amostra não é feita de acordo com a variabilidade dos dados e da precisão desejada para a estimativa, o que pode comprometer a eficiência da pesquisa. Apesar da existência de adaptações na aplicação do método de multiplicação rápida (Koefender et al., 2015), são escassas na literatura pesquisas com definições importantes no planejamento experimental para a cultura da mandioca, como o tamanho de amostra. Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi determinar o tamanho de amostra, em número de plantas, para a estimação da média de caracteres agrônômicos na produção de mudas, ramas e raízes de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento para a produção das mudas de mandioca da cultivar Apronta Mesa foi conduzido em quatro épocas de plantio (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11) no ano de 2017, em casa de vegetação modelo Van der Hoeven com sistema de irrigação automático por nebulização, totalizando aproximadamente 6 mm dia⁻¹ com temperatura média de 25°C.

Em cada época de plantio foram plantadas 300 estacas (brotações) coletadas quando apresentavam de 3 até 9 folhas visíveis. A folha foi considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha não se tocavam (Schons et al., 2007). Após o corte, as estacas foram plantadas em bandejas plásticas de 15 células de cor preta com as seguintes dimensões: 34 cm de comprimento x 21 cm de largura x 7,8 cm de altura. As células apresentam 6,2 cm na parte superior x 5,0 cm na parte inferior x 7,8 cm de altura e 5 furos com 6 mm na base para escoamento da água excedente aplicada via irrigação. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®] previamente irrigado para evitar a desidratação dos tecidos no plantio. Foi aberto um sulco de um centímetro de profundidade e realizado o plantio de uma estaca por célula. O plantio foi realizado no período da manhã e a temperatura máxima foi de 25°C para minimizar o risco de desidratação dos tecidos.

No momento do plantio foi realizada a medição da altura de planta no plantio (APP) medida da base até a última folha visível e contagem do número de folhas no plantio (NFP). Aos 7 dias após o plantio (DAP) foi realizada novamente a contagem do número de folhas visíveis (NF7DAP). Aos 30 DAP as mudas foram retiradas da casa de vegetação e levadas para a estufa agrícola para aclimatização mínima de 5 dias, exceto para a época de plantio de 25/11, em que as mudas foram para a aclimatização aos 23 DAP. Em cada época de plantio (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), aos 48, 47, 44 e 31 DAP, respectivamente, foi realizada a contagem do número de folhas no transplantio (NFT) e a medição da altura de planta no transplantio (APT).

Foi realizada a dessecação do cultivo de inverno formado pela consorciação de plantas de cobertura (*Avena strigosa* Schreb. + *Raphanus sativus* L.) utilizando o herbicida Glifosato (3 litros ha⁻¹). O preparo do solo foi realizado do modo convencional, constando de uma aração e uma gradagem. O transplantio das mudas ocorreu de acordo com cada época (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12), em sulcos não adubados com 15 cm de profundidade, em que foram utilizadas 240 mudas em cada época.

Para caracterizar a fertilidade do solo da área experimental, foi retirada uma amostra na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A análise revelou os seguintes valores: pH em água = 5,5; argila = 50%; matéria orgânica do solo = 3,3%; fósforo = 26,2 mg/dm³; potássio = 96 mg/dm³; cálcio = 5,9 cmolc dm⁻³; magnésio = 2,4 cmolc dm⁻³; alumínio = 0,0 cmolc dm⁻³ e saturação de bases = 68,7%. A adubação foi baseada na recomendação da Comissão de química e fertilidade do solo (2016) para a cultura da mandioca. No transplantio, foi realizada a aplicação em cobertura de 334 kg ha⁻¹ de adubo mineral

fórmula (5-20-20). A adubação nitrogenada na forma de ureia (46-00-00) foi parcelada em duas aplicações de 70 kg ha^{-1} aos 15 dias após o transplântio (DAT) e no início do acúmulo de amido (IAA), que para a cultura da mandioca, de acordo com Schons et al. (2007) ocorre quando a planta apresenta 21 folhas visíveis na haste principal.

O controle de plantas daninhas foi realizado semanalmente com capinas manuais até o fechamento completo das entrelinhas de cultivo, período que se estendeu em até três meses após o transplântio. Quando houve ausência de precipitação, foi realizada diariamente a irrigação por aspersão até o 15º dia após o transplântio. O suprimento hídrico é importante para o estabelecimento das mudas de mandioca produzidas pelo método de multiplicação rápida (Santos et al., 2009).

A colheita ocorreu em 30 de maio e a duração do ciclo para as épocas de transplântio de 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12, foi respectivamente: 203, 188, 179 e 156 dias. Foram mensurados a altura de ramificação da haste principal (ARHP) em cm, número de ramificações (NRAM), número de gemas por rama (NGR), comprimento de rama (CRAMA) em cm, diâmetro de rama (DRAMA) em mm, massa fresca de raízes (MFR) em g planta^{-1} , comprimento de raiz (CRAIZ) em cm, diâmetro de raiz (DRAIZ) em mm e número de raízes (NR). As medições de diâmetro foram realizadas com paquímetro digital, sendo o diâmetro de rama representado pela média entre os diâmetros basal, médio e superior e a medida do diâmetro de raízes foi efetuada no terço superior das raízes. As pesagens das raízes foram realizadas em balança de precisão com resolução de 0,01 grama. Para cada um dos caracteres mensurados foram calculadas as estatísticas: mínimo, máximo, amplitude, média, mediana, variância, desvio-padrão, coeficiente de variação e as médias foram comparadas pelo teste t para amostras independentes, em 0,05 de probabilidade.

Para calcular o tamanho de amostra para o número de folhas no plantio, número de folhas aos 7 dias após o plantio, altura de planta no plantio, altura de planta no transplântio e número de folhas no transplântio foram utilizadas 264, 288, 264 e 244 plantas das épocas de plantio de 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11, respectivamente. Para a altura de ramificação da haste principal, número de ramificações, número de gemas por rama, comprimento de rama, diâmetro de rama, massa fresca de raízes, comprimento de raiz, diâmetro de raiz e número de raízes foram avaliadas 213, 231, 232 e 179 plantas nas épocas de transplântio de 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12.

A partir destes dados foram planejados 999 tamanhos de amostra para estimação da média, com o tamanho inicial composto por duas plantas e os demais obtidos com o

acréscimo de uma planta, até o tamanho máximo de 1.000 plantas. A seguir, para cada um dos tamanhos de amostra planejados, foi realizado um processo iterativo com 2.000 reamostragens, com reposição. Desta forma, foram obtidas 2.000 estimativas da média de cada caractere para cada um dos 999 tamanhos de amostras planejados para a estimação da média (Ferreira, 2009). A partir destes dados de médias, foram estimadas as estatísticas: valor mínimo, percentil 2,5%, média, percentil 97,5%, valor máximo e a amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) foi calculada pela diferença entre o percentil 97,5% e o percentil 2,5%.

O tamanho de amostra para estimação da média foi determinado pelo número de plantas a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) foi igual a 10%, 20%, 30% e 40% da estimativa da média. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R Development Core Team, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre as médias dos cinco caracteres mensurados nas quatro épocas de plantio de estacas (Tabela 1). Observou-se que o número de folhas no plantio em 7/10 foi inferior em relação às outras épocas de plantio, que não diferiram significativamente. Nesta época, foi verificada expressiva queda de folhas após o plantio das estacas, o que pode ser confirmado pela média do número de folhas 7 dias após o plantio. O maior número de folhas aos 7 dias após o plantio foi observado quando o plantio das estacas foi realizado em 25/11, possivelmente influenciado pelas condições ambientais, principalmente de temperatura, que favoreceram o desenvolvimento das mudas nesta época de plantio. Além disso, não foi verificada queda expressiva de folhas após o plantio das estacas quando o plantio foi realizado nesta época.

Tabela 1. Estatísticas descritivas do número de folhas no plantio (NFP), número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta no plantio (APP (cm)), altura de planta no transplantio (APT (cm)) e número de folhas no transplantio (NFT) de mudas de mandioca plantadas em 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11

| Estatística | 22/9 | | | | |
|---------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | NFP | NF7DAP | APP | APT | NFT |
| Mínimo | 3,00 | 1,00 | 0,40 | 3,30 | 3,00 |
| Máximo | 9,00 | 9,00 | 6,40 | 19,60 | 13,00 |
| Amplitude | 6,00 | 8,00 | 6,00 | 16,30 | 10,00 |
| Média | 5,33* a | 4,50 c | 2,68 a | 10,14 a | 8,74 b |
| Mediana | 5,50 | 4,00 | 2,60 | 9,35 | 9,00 |
| Desvio-padrão | 1,34 | 1,45 | 1,00 | 3,76 | 1,58 |
| CV (%) | 25,10 | 32,28 | 37,41 | 37,06 | 18,11 |
| | 7/10 | | | | |

| Estatística | NFP | NF7DAP | APP | APT | NFT |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mínimo | 3,00 | 1,00 | 0,40 | 2,80 | 3,00 |
| Máximo | 8,00 | 7,00 | 5,50 | 16,50 | 12,00 |
| Amplitude | 5,00 | 6,00 | 5,10 | 13,70 | 9,00 |
| Média | 4,92 b | 3,91 d | 2,30 b | 8,15 b | 8,16 c |
| Mediana | 5,50 | 4,00 | 2,20 | 7,60 | 8,00 |
| Desvio-padrão | 1,42 | 1,31 | 0,86 | 3,05 | 1,56 |
| CV (%) | 28,87 | 33,61 | 37,34 | 37,50 | 19,14 |
| 19/10 | | | | | |
| Estatística | NFP | NF7DAP | APP | APT | NFT |
| Mínimo | 3,00 | 2,00 | 0,60 | 2,40 | 4,00 |
| Máximo | 8,00 | 7,00 | 4,30 | 11,50 | 11,00 |
| Amplitude | 5,00 | 5,00 | 3,70 | 9,10 | 7,00 |
| Média | 5,17 a | 4,89 b | 1,96 c | 5,78 d | 8,15 c |
| Mediana | 6,00 | 5,00 | 1,80 | 5,40 | 8,00 |
| Desvio-padrão | 1,31 | 1,19 | 0,77 | 1,77 | 1,43 |
| CV (%) | 25,24 | 24,25 | 39,31 | 30,64 | 17,60 |
| 25/11 | | | | | |
| Estatística | NFP | NF7DAP | APP | APT | NFT |
| Mínimo | 3,00 | 2,00 | 0,90 | 3,10 | 5,00 |
| Máximo | 8,00 | 8,00 | 5,50 | 12,60 | 13,00 |
| Amplitude | 5,00 | 6,00 | 4,60 | 9,50 | 8,00 |
| Média | 5,16 a | 5,33 a | 2,03 c | 6,37 c | 9,08 a |
| Mediana | 5,50 | 6,00 | 2,00 | 6,20 | 9,00 |
| Desvio-padrão | 1,26 | 1,03 | 0,73 | 1,66 | 1,24 |
| CV (%) | 24,39 | 19,33 | 36,27 | 26,12 | 13,63 |

*Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem pelo teste t para amostras independentes em 0,05 de probabilidade

Maiores altura de planta no plantio e altura de planta no transplântio foram verificadas quando o plantio foi realizado em 22/9 (2,68 e 10,14 cm). Observou-se que as médias para estes caracteres decresceram com o atraso das épocas de plantio, o que indicou que o plantio antecipado favoreceu o crescimento das estacas plantadas em 22/9. Apesar de apresentar maior altura de planta no plantio no mês de setembro, o valor observado de 2,68 cm foi expressivamente inferior à altura recomendada para o plantio de estacas pelo método de multiplicação rápida que varia de 10 a 12 cm (Fukuda & Carvalho, 2006) e também pode apresentar variação entre cultivares.

Maior número de folhas no transplântio foi observado quando o plantio das estacas foi realizado em 25/11, inferindo que o desenvolvimento das mudas é favorecido em épocas avançadas de plantio. De maneira geral, no período que compreendeu esta época as condições ambientais favoreceram o desenvolvimento da cultura da mandioca. Estes resultados demonstraram que a altura de planta como padrão para coleta de estacas pode apresentar limitações, visto que a altura de planta no plantio variou entre épocas de plantio e possivelmente apresenta variações entre cultivares. Além disso, o número de folhas é uma medida eficaz de tempo fisiológico, ou seja, representa de maneira adequada a idade fisiológica da planta (Streck et al., 2003).

As épocas de transplântio de mudas para o campo de produção de 9/11 e 3/12 apresentaram as maiores médias para altura de ramificação da haste principal, porém, o maior comprimento de rama foi observado quando o transplântio foi realizado em 3/12 (Tabela 2). Possivelmente este resultado foi influenciado pela altura do corte no momento de colheita das ramas. No momento da colheita, buscou-se a padronização do corte na colheita das ramas dentro do limite de 15 a 20 cm acima da superfície do solo.

Tabela 2. Estatísticas descritivas de caracteres de produtividade de ramas e raízes de plantas de mandioca com transplântio de mudas em quatro épocas (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12)

| 9/11 | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|--------|---------|--------|---------|-----------|---------|---------|--------|
| Estatística | ARHP | NRAM | NGR | CRAMA | DRAMA | MFR | CRAIZ | DRAIZ | NR |
| Mínimo | 0,80 | 2,00 | 26,00 | 0,65 | 11,16 | 74,70 | 10,40 | 19,84 | 1,00 |
| Máximo | 2,12 | 4,00 | 52,00 | 1,90 | 29,31 | 3807,00 | 38,03 | 42,93 | 17,00 |
| Amplitude | 1,32 | 2,00 | 26,00 | 1,25 | 18,15 | 3732,30 | 27,63 | 23,09 | 16,00 |
| Média | 1,42* a | 2,94 b | 39,34 a | 1,24 b | 21,26 a | 1181,55 a | 22,09 a | 30,23 a | 8,53 a |
| Mediana | 1,40 | 3,00 | 39,00 | 1,22 | 21,43 | 997,10 | 21,60 | 29,67 | 9,00 |
| DP ¹ | 0,29 | 0,35 | 4,76 | 0,29 | 3,10 | 730,25 | 4,96 | 3,64 | 3,05 |
| CV (%) | 20,49 | 11,96 | 12,09 | 23,20 | 14,59 | 61,80 | 22,44 | 12,05 | 35,80 |
| 24/11 | | | | | | | | | |
| Estatística | ARHP | NRAM | NGR | CRAMA | DRAMA | MFR | CRAIZ | DRAIZ | NR |
| Mínimo | 0,89 | 2,00 | 30,00 | 0,74 | 13,36 | 13,31 | 9,83 | 21,97 | 2,00 |
| Máximo | 1,97 | 4,00 | 48,00 | 1,80 | 27,38 | 3703,60 | 39,50 | 42,99 | 18,00 |
| Amplitude | 1,08 | 2,00 | 18,00 | 1,06 | 14,02 | 3690,29 | 29,67 | 21,02 | 16,00 |
| Média | 1,36 b | 3,03 a | 39,10 a | 1,19 c | 21,67 a | 1207,70 a | 22,67 a | 31,00 a | 8,39 a |
| Mediana | 1,30 | 3,00 | 39,00 | 1,14 | 21,70 | 1084,20 | 22,18 | 30,63 | 8,00 |
| DP | 0,22 | 0,29 | 3,30 | 0,23 | 2,30 | 629,01 | 4,73 | 3,87 | 2,86 |
| CV (%) | 16,43 | 9,71 | 8,43 | 18,92 | 10,61 | 52,08 | 20,86 | 12,48 | 34,09 |
| 3/12 | | | | | | | | | |
| Estatística | ARHP | NRAM | NGR | CRAMA | DRAMA | MFR | CRAIZ | DRAIZ | NR |
| Mínimo | 1,04 | 2,00 | 30,00 | 0,83 | 12,53 | 81,60 | 10,25 | 17,44 | 1,00 |
| Máximo | 2,17 | 4,00 | 49,00 | 1,97 | 26,73 | 2546,40 | 37,00 | 36,16 | 16,00 |
| Amplitude | 1,13 | 2,00 | 19,00 | 1,14 | 14,20 | 2464,80 | 26,75 | 18,72 | 15,00 |
| Média | 1,48 a | 3,02 a | 37,94 a | 1,30 a | 20,23 b | 773,27 b | 20,06 b | 26,39 b | 8,21 a |
| Mediana | 1,51 | 3,00 | 38,00 | 1,34 | 20,49 | 693,15 | 19,59 | 26,37 | 8,00 |
| DP | 0,22 | 0,29 | 3,48 | 0,22 | 2,26 | 455,05 | 4,27 | 3,29 | 3,01 |
| CV (%) | 14,98 | 9,46 | 9,18 | 17,04 | 11,17 | 58,85 | 21,31 | 12,48 | 36,70 |
| 26/12 | | | | | | | | | |
| Estatística | ARHP | NRAM | NGR | CRAMA | DRAMA | MFR | CRAIZ | DRAIZ | NR |
| Mínimo | 0,72 | 0,00 | 16,00 | 0,09 | 7,91 | 35,80 | 8,80 | 18,10 | 1,00 |
| Máximo | 1,96 | 4,00 | 42,00 | 1,73 | 22,48 | 1540,50 | 36,80 | 36,96 | 15,00 |
| Amplitude | 1,24 | 4,00 | 26,00 | 1,64 | 14,56 | 1504,70 | 28,00 | 18,86 | 14,00 |
| Média | 1,16 c | 2,61 c | 29,08 b | 0,92 d | 16,76 c | 496,39 c | 19,35 b | 26,51 b | 5,34 b |
| Mediana | 1,10 | 3,00 | 29,00 | 0,90 | 17,42 | 430,10 | 18,88 | 26,47 | 5,00 |
| DP | 0,25 | 0,78 | 5,91 | 0,29 | 3,40 | 311,86 | 4,87 | 3,14 | 2,65 |
| CV (%) | 21,20 | 29,94 | 20,33 | 31,63 | 20,28 | 62,83 | 25,15 | 11,85 | 49,54 |

*Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem pelo teste t para amostras independentes em 0,05 de probabilidade

¹DP: desvio-padrão

ARHP: altura de ramificação da haste principal (cm); NRAM: número de ramificações; NGR: número de gemas por rama; CRAMA: comprimento de rama (cm); DRAMA: diâmetro de rama (mm); MFR: massa fresca de raízes (g planta⁻¹); CRAIZ: comprimento de raiz (cm); DRAIZ: diâmetro de raiz (mm); NR: número de raízes

A média do número de ramificações variou de 2,61 no transplântio realizado em 26/12 até 3,03 em 24/11. A cultivar Apronta Mesa possui hábito de ramificação tricotômico e por isso apresenta a emissão de 3 ramificações na haste principal

(Koefender et al., 2015). Através deste resultado observou-se que o número de ramificações foi influenciado pela época de transplântio de mudas e que o atraso do transplântio ocasionou a redução na média do caractere. Resultado similar foi observado para o número de gemas por rama, em que se verificou que na última época de transplântio o valor médio foi de 29,08 gemas rama⁻¹. Nas três primeiras épocas, o número de gemas por rama variou de 37,94 a 39,34 gemas rama⁻¹ e não diferiu significativamente, indicando que épocas de transplântio de mudas tardias prejudicam o desenvolvimento da parte aérea da cultura da mandioca. Considerando que o número de gemas por rama é um caractere importante para o método de multiplicação rápida por representar a quantidade de material propagativo colhido para utilização na safra seguinte, o transplântio de mudas realizado no terceiro decêndio de dezembro constituiu um fator limitante para a produtividade de gemas por unidade de área.

As épocas de transplântio de mudas do mês de dezembro apresentaram decréscimo para o diâmetro de rama. O maior diâmetro de rama observado nos transplântios do mês de novembro foi relacionado com a maior capacidade de desenvolvimento da área foliar para o aporte de substâncias de reserva nas ramas. Este caractere confere qualidade às ramas durante o armazenamento e na seleção do material propagativo para utilização na safra seguinte, em que o maior diâmetro de rama é resultado do maior conteúdo de reservas e de água, que são importantes no processo de brotação e início do enraizamento adventício. A medula é uma região com alta concentração de água envolta pelo córtex que apresenta maior concentração de reservas. O diâmetro de rama e a relação entre o córtex e a medula influenciam a capacidade de enraizamento e de brotação das manivas após o plantio (Bezerra, 2012).

O comprimento de raiz foi superior nas épocas de transplântio do mês de novembro e diferiu significativamente dos transplântios do mês de dezembro, com valores médios que variaram de 22,09 a 22,67 cm e com mínimo de 9,83 e máximo de 39,50 cm. Apesar disso, a amplitude nas quatro épocas variou de 26,75 a 29,67 cm, indicando que houve variabilidade no comprimento de raiz e que com o atraso do transplântio o comprimento médio foi prejudicado. Após a definição morfológica da quantidade de raízes de armazenamento ocorre o aumento expressivo do comprimento das raízes (Figueiredo et al., 2014).

Nas três primeiras épocas de transplântio, o número médio de raízes variou de 8,21 até 8,53 raízes planta⁻¹. Na última época, o número de raízes por planta foi de 5,34, indicando o menor desenvolvimento do sistema radicular e principalmente das raízes de

armazenamento em transplântio tardio de mudas. A massa fresca de raízes foi superior quando o transplântio foi realizado no mês de novembro e observou-se decréscimo da massa fresca de raízes com o atraso da época de transplântio. De acordo com Figueiredo et al. (2014), a definição dos componentes da produtividade de raízes acontece na ordem: número, comprimento, diâmetro e massa fresca de raízes. Deste modo, a redução do número de raízes apresenta potencial para afetar diretamente a massa fresca de raízes, como observado nos resultados desta pesquisa, sendo ainda este resultado atenuado com o atraso da época de transplântio de mudas. Isso credencia o caráter número de raízes como fator limitante primário da produtividade de mandioca em épocas tardias de transplântio de mudas.

Tamanhos de amostra maiores foram necessários para a estimação da média de caracteres mensurados em mudas de mandioca quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10% da estimativa da média, ou seja, quando a precisão para a estimação foi maior (Tabela 3). Para este nível de precisão, 247 plantas foram suficientes para a estimação da média dos caracteres em estudo. Por outro lado, para a estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 40% da estimativa da média (menor precisão), para todos os caracteres e épocas de plantio foram necessárias 16 plantas. A determinação do tamanho de amostra em diferentes níveis de precisão permite que o pesquisador tenha a opção de escolher qual tamanho de amostra melhor se adequa as suas necessidades para a mensuração de caracteres.

Tabela 3. Tamanho de amostra (número de plantas) quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10, 20, 30 e 40% da estimativa da média para estimação da média dos caracteres número de folhas no plantio (NFP), número de folhas 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta no plantio (APP), altura de planta no transplântio (APT) e número de folhas no transplântio (NFT) em quatro épocas de plantio de mudas de mandioca (22/9, 7/10, 19/10 e 25/11)

| 22/9 | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|--|
| | 10% | 20% | 30% | 40% | |
| NFP | 106 | 25 | 11 | 6 | |
| NF7DAP | 173 | 41 | 18 | 11 | |
| APP | 234 | 53 | 24 | 13 | |
| APT | 220 | 54 | 23 | 14 | |
| NFT | 53 | 13 | 6 | 4 | |
| 7/10 | | | | | |
| | 10% | 20% | 30% | 40% | |
| NFP | 138 | 33 | 13 | 9 | |
| NF7DAP | 182 | 45 | 19 | 11 | |
| APP | 227 | 56 | 24 | 14 | |
| APT | 220 | 54 | 24 | 15 | |
| NFT | 61 | 14 | 7 | 4 | |
| 19/10 | | | | | |
| | 10% | 20% | 30% | 40% | |
| NFP | 100 | 27 | 11 | 6 | |

| | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| NF7DAP | 94 | 22 | 11 | 6 |
| APP | 247 | 63 | 27 | 16 |
| APT | 145 | 35 | 17 | 9 |
| NFT | 47 | 12 | 6 | 4 |
| 25/11 | | | | |
| | 10% | 20% | 30% | 40% |
| NFP | 92 | 25 | 10 | 6 |
| NF7DAP | 62 | 15 | 7 | 4 |
| APP | 208 | 52 | 22 | 13 |
| APT | 112 | 27 | 13 | 7 |
| NFT | 29 | 8 | 3 | 2 |

Entre as épocas, quando o plantio foi realizado em 7/10 foi observada a necessidade de tamanhos de amostra maiores para a estimação da média dos caracteres, exceto para a altura de planta no plantio, que em 19/10 apresentou o coeficiente de variação de 39,31% e, conseqüentemente, tamanho de amostra superior nos quatro níveis de precisão: 247, 63, 27 e 16 plantas para a estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10, 20, 30 e 40% da estimativa da média. Esse resultado demonstrou a relação do tamanho de amostra com o coeficiente de variação, em que os maiores coeficientes de variação na época de plantio de 7/10 necessitaram maiores tamanhos de amostra e foram, respectivamente, 28,87%, 33,61%, 37,34%, 37,50% e 19,14% para os caracteres: número de folhas no plantio, número de folhas 7 dias após o plantio, altura de planta no plantio, altura de planta no transplântio e número de folhas no transplântio. De acordo com Cargnelutti Filho et al. (2018a), caracteres com maiores coeficientes de variação necessitam tamanhos de amostra maiores para estimação da média, bem como, os autores verificaram que ocorreu variabilidade do tamanho de amostra entre caracteres mensurados em sementes de feijão guandu anão (*Cajanus cajan* (L.) Millsp).

Tamanhos de amostra menores foram necessários para estimação da média dos caracteres na época de plantio de 25/11. Quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 30% da estimativa da média foram necessárias 10, 7, 22, 13 e 3 plantas para a estimação da média do número de folhas no plantio, número de folhas aos 7 dias após o plantio, altura de planta no plantio, altura de planta no transplântio e número de folhas no transplântio, respectivamente. Este resultado demonstrou que nesta época de plantio houve menor variabilidade entre os caracteres mensurados, o que ressaltou a maior homogeneidade entre plantas e conseqüentemente a necessidade de tamanhos de amostra menores para a estimação da média. Este resultado difere do observado por Bandeira et al. (2018a), que em pesquisa com a cultura do centeio (*Secale cereale* L.), cultivar BRS Progresso, verificaram que na primeira e na última época de cultivo a

variabilidade dos dados foi maior e conseqüentemente estas épocas necessitaram tamanhos de amostra superiores para estimação da média dos caracteres.

Entre os caracteres, em todas as épocas de plantio, foi necessário maior tamanho de amostra para a estimação da média da altura de planta no plantio e altura de planta no transplântio. Por outro lado, tamanhos de amostra menores foram necessários para estimação da média dos caracteres de contagem, principalmente do número de folhas no transplântio, que necessitou como tamanho de amostra 13, 14, 12 e 8 plantas nas épocas de 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11, respectivamente, quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 20% da estimativa da média. Storck et al. (2007) e Toebe et al. (2014) verificaram maior variabilidade em caracteres obtidos por pesagem em relação aos dados obtidos por contagem ou medição na cultura do milho. Os tamanhos de amostra para estimação da média em caracteres mensurados em mudas de mandioca apresentaram baixa variabilidade entre épocas de plantio, o que permite que o pesquisador tenha a possibilidade de escolher o tamanho de amostra para a obtenção da estimativa da média levando em consideração principalmente o conjunto de caracteres e o nível de precisão desejado.

As épocas de transplântio de mudas para o campo de 9/11 e 26/12 necessitaram tamanhos de amostra maiores em relação às épocas de 24/11 e 3/12 para a mensuração dos caracteres nos diferentes níveis de precisão (Tabela 4). Quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 30% da estimativa da média, na época de 24/11 foram necessárias de 2 a 50 plantas para a mensuração dos caracteres de parte aérea e sistema radicular, enquanto que na época de 26/12 o tamanho de amostra variou de 3 a 68 plantas. Bandeira et al. (2018b) verificaram que houve variabilidade na estimativa do tamanho de amostra entre caracteres e épocas de semeadura da cultura do centeio (*Secale cereale* L.). Além disso, os autores observaram que épocas de semeadura intermediárias necessitaram tamanhos de amostra menores, o que indicou a maior homogeneidade das plantas nestas épocas de cultivo, similar ao verificado nesta pesquisa no transplântio de mudas. Estes resultados demonstraram que houve variabilidade entre as épocas de cultivo e confirmam a importância da pesquisa com tamanhos de amostra em diferentes épocas para a estimação adequada da média dos caracteres (Bandeira et al., 2018a).

Tabela 4. Tamanho de amostra (número de plantas) quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10, 20, 30 e 40% da estimativa da média para estimação da média de caracteres de produtividade de ramos e raízes em quatro épocas de transplântio de mudas de mandioca (9/11, 24/11, 3/12 e 26/12)

| 9/11 | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| | 10% | 20% | 30% | 40% |
| ARHP | 65 | 16 | 8 | 5 |
| NRAM | 24 | 6 | 3 | 2 |
| NGR | 22 | 6 | 3 | 2 |
| CRAMA | 86 | 21 | 9 | 6 |
| DRAMA | 35 | 8 | 4 | 3 |
| MFR | 617 | 153 | 70 | 40 |
| CRAIZ | 84 | 20 | 8 | 5 |
| DRAIZ | 23 | 6 | 3 | 2 |
| NR | 206 | 50 | 24 | 13 |
| 24/11 | | | | |
| | 10% | 20% | 30% | 40% |
| ARHP | 44 | 11 | 5 | 3 |
| NRAM | 17 | 4 | 3 | 2 |
| NGR | 13 | 3 | 2 | 2 |
| CRAMA | 57 | 14 | 6 | 4 |
| DRAMA | 17 | 5 | 2 | 2 |
| MFR | 444 | 107 | 50 | 25 |
| CRAIZ | 70 | 18 | 7 | 5 |
| DRAIZ | 25 | 6 | 3 | 2 |
| NR | 186 | 46 | 20 | 12 |
| 3/12 | | | | |
| | 10% | 20% | 30% | 40% |
| ARHP | 37 | 9 | 4 | 2 |
| NRAM | 17 | 4 | 3 | 2 |
| NGR | 14 | 4 | 2 | 2 |
| CRAMA | 44 | 11 | 6 | 3 |
| DRAMA | 20 | 5 | 2 | 2 |
| MFR | 545 | 132 | 62 | 33 |
| CRAIZ | 73 | 18 | 8 | 5 |
| DRAIZ | 25 | 7 | 3 | 2 |
| NR | 219 | 51 | 24 | 14 |
| 26/12 | | | | |
| | 10% | 20% | 30% | 40% |
| ARHP | 70 | 18 | 8 | 4 |
| NRAM | 149 | 31 | 16 | 7 |
| NGR | 69 | 16 | 8 | 4 |
| CRAMA | 163 | 38 | 20 | 10 |
| DRAMA | 66 | 15 | 7 | 4 |
| MFR | 643 | 153 | 68 | 37 |
| CRAIZ | 100 | 26 | 11 | 7 |
| DRAIZ | 21 | 6 | 3 | 2 |
| NR | 402 | 103 | 42 | 23 |

ARHP: altura de ramificação da haste principal; NRAM: número de ramificações; NGR: número de gemas por rama; CRAMA: comprimento de rama; DRAMA: diâmetro de rama; MFR: massa fresca de raízes; CRAIZ: comprimento de raiz; DRAIZ: diâmetro de raiz; NR: número de raízes

Entre os caracteres de parte aérea, tamanhos de amostra maiores foram necessários para a estimação da média da altura de ramificação da haste principal e do comprimento de rama nas quatro épocas. Para o número de ramificações e número de gemas por rama foram necessários tamanhos de amostra menores, exceto para o número de ramificações na última época de transplântio que apresentou tamanho de amostra de 149 plantas, enquanto que nas épocas de 9/11, 24/11 e 3/12 os valores de tamanhos de amostra foram de 24, 17 e 17 plantas, respectivamente, quando a amplitude do intervalo de

confiança foi igual a 10% da estimativa da média. A maior variabilidade na emissão de ramificações nas plantas cultivadas na última época foi responsável pela necessidade do maior número de plantas para composição da amostragem deste caractere e pode ser observado pelo coeficiente de variação que foi de 29,94% e nas épocas anteriores variou de 9,46% até 11,96%. De acordo com Haesbaert et al. (2017) diferentes tamanhos de amostra deveriam ser utilizados em um mesmo nível de precisão de acordo com os caracteres avaliados, porém, como este método é dificultado, é recomendada a utilização do maior tamanho de amostra para estimação da média para contemplar a variabilidade existente entre caracteres.

Quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 20% da estimativa da média, foram observados os valores de tamanhos de amostra para o diâmetro de rama de 8, 5, 5 e 15 plantas nas épocas de 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12, respectivamente. Para este caractere e para os demais, de maneira geral, foi observada redução ou estabilização dos valores de tamanhos de amostra da primeira até a terceira época de transplântio. Na época de 26/12, esta tendência não foi mantida e verificou-se o aumento do número de plantas necessário para a estimação da média dos caracteres, exceto para o diâmetro de raízes, que se manteve estável nas quatro épocas dentro dos níveis de precisão avaliados. Para este caractere, quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 30% da estimativa da média o tamanho mínimo de amostra foi de 3 plantas para as quatro épocas de transplântio. Apesar disso, dentro da mesma época e do mesmo nível de precisão foi constatada variabilidade nos tamanhos de amostra entre caracteres, como observado também por Toebe et al. (2014) e Bandeira et al. (2018a).

Para a massa fresca de raízes o coeficiente de variação ficou entre 52,08% e 62,83%. Estes resultados sugerem que para um mesmo nível de precisão, a massa fresca de raízes necessita de tamanho de amostra superior. Estes resultados são similares ao observado por Cargnelutti Filho et al. (2018b), em que os autores verificaram que o coeficiente de variação para caracteres de produtividade da cultura do linho (*Linum usitatissimum* L.) ficaram entre 58,81% e 68,87%. Cargnelutti Filho et al. (2018c) também verificaram maior variabilidade em caracteres produtivos em relação aos morfológicos para o feijão de porco (*Canavalia ensiformis*). Quanto maior o coeficiente de variação apresentado por um caractere, maior será o tamanho de amostra necessário para a estimação da média (Toebe et al., 2014).

Independente da época de transplântio e do nível de precisão escolhido, a massa fresca de raízes necessitou tamanho de amostra superior para a estimação da média. De

maneira geral, os caracteres radiculares apresentaram a necessidade de tamanhos de amostra maiores, exceto o diâmetro de raiz. Este resultado está relacionado com o coeficiente de variação que variou de 11,85% a 12,48% nas quatro épocas para o diâmetro de raiz. Para caracteres morfológicos, Cargnelutti Filho et al. (2018b) verificaram que os coeficientes de variação ficaram entre 14,50% e 48,30%, similar ao observado nesta pesquisa.

Pelo alto número de plantas mensuradas e devido à variabilidade existente, pode-se assumir que o conjunto de dados forneceu credibilidade para a realização do estudo de tamanho de amostra obtido por reamostragem, conforme descrito também por Cargnelutti Filho et al. (2018c) e Bandeira et al. (2018a). De acordo com os resultados, exceto para a massa fresca de raízes que necessitou tamanhos de amostra superiores nas quatro épocas, quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 20% da estimativa da média a mensuração de 21 e 51 plantas é suficiente para a estimação da média de caracteres de parte aérea e radiculares, respectivamente. Caso seja necessária a mensuração de caracteres destes dois grupos, o pesquisador poderá optar pelo tamanho de amostra mínimo de 51 plantas em épocas de transplântio de mudas entre 9/11 e 3/12, ou seja, em um experimento com quatro repetições será necessária à amostragem de 13 plantas por repetição para a estimação da média de um tratamento. Com o transplântio em 26/12, o tamanho de amostra necessário foi de 38 e 103 plantas, para caracteres de parte aérea e raízes, respectivamente, exceto para a massa fresca de raízes, que neste nível de precisão necessitou a mensuração de 153, 107, 132 e 153 plantas nas épocas de 9/11, 24/11, 3/12 e 26/12. Evidencia-se que a escolha do nível de precisão depende do conhecimento do pesquisador em considerar a variabilidade dos dados e a precisão desejada para a estimativa da média entre caracteres morfológicos e produtivos mensurados em plantas de mandioca propagadas pelo método de multiplicação rápida.

CONCLUSÕES

Para caracteres mensurados na produção de mudas, 63 plantas são suficientes para estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual 20% da estimativa da média.

Para caracteres de produtividade de ramas e raízes, 153 plantas são suficientes para estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança de 95 % foi igual a 20% da estimativa da média.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos para André Schoffel.

LITERATURA CITADA

Bandeira, C.T.; Cargnelutti Filho, A.; Carini, F.; Schabarum, D.E.; Kleinpaul, J.A.; Pezzini, R.V. Sample Sufficiency for Estimation of the Mean of Rye Traits at Flowering Stage. *Journal of Agricultural Science*, v.10, n.3, p.178-186, 2018a. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n3p178>.

Bandeira, C.T.; Cargnelutti Filho, A.; Follmann, D.N.; Bem, C.M.; Wartha, C.A.; Thomasi, R.M. Sample size to estimate the mean of morphological traits of rye cultivars in sowing dates and evaluation times. *Semina: Ciências Agrárias*, v.39, n.2, p.521-532, 2018b. <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p521>.

Bezerra, V.S. Maniva-semente: como selecionar e conservar. Comunicado Técnico 125. Embrapa Amapá, 2012. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/956094/maniva-semente-como-selecionar-e-conservar>. 25 Mai. 2019.

Brasil. O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Brasília: MDA, 2009. 96p.

Burin, C.; Cargnelutti Filho, A.; Toebe, M.; Alves, B.M.; Fick, A.L. Dimensionamento amostral para a estimação da média e da mediana de caracteres de tremço branco (*Lupinus albus* L.). *Comunicata Scientiae*, v.5, n.2, p.205-212, 2014. <https://doi.org/10.14295/cs.v5i2.317>

Cargnelutti Filho, A.; Alves, B.M.; Follmann, D.N.; Bem, C.M.; Kleinpaul, J.A.; Pezzini, R.V.; Simões, F.M. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres de sementes de feijão guandu anão. *Revista Agrarian*, v.11, n.41, p.294-298, 2018a. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i41.4577>.

Cargnelutti Filho, A.; Alves, B.M.; Santos, G.O.; Wartha, C.A.; Kleinpaul, J.A.; Silveira, D.L. Sample size to estimate the mean and median of traits in flax. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.13, n.1, p.e5492, 2018b. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5492>.

Cargnelutti Filho, A.; Alves, B.M.; Toebe, M.; Burin, C.; Wartha, C.A. Sample size to estimate the mean of traits in jack bean. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.13, n.1, p.1-7, 2018c. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5505>.

Comissão de química e fertilidade do solo. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC, 2016. 376p.

Egesi, C.N.; Ilona, P.; Ogbe, F.O.; Akoroda, M.; Dixon, A. Genetic variation and genotype \times environment interaction for yield and other agronomic traits in cassava in Nigeria. *Agronomy Journal*, v.99, n.4, p.1137-1142, 2007. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0291>.

Ferreira, D.F. Estatística básica. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 664p.

Figueiredo, P.G.; Bicudo, S.J.; Moraes-Dallaqua, M.A.; Tanamati, F.Y.; Aguiar, E.B. Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. *Bragantia*, v.73, n.4, p.357-364, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0150>.

Fukuda, W.M.G.; Carvalho, H.W.L. Propagação Rápida de Mandioca no Nordeste Brasileiro. Circular Técnica 45. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2006. 6p.

Haesbaert, F.M.; Lopes, S.J.; Mertz, L.M.; Lucio, A.D.; Huth, C. Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. *Bragantia*, v.76, n.1, p.54-61, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.389>.

Hasibuan, S.; Nazir N. The development strategy of sustainable bioethanol industry on iconic Sumba island, Eastern Indonesia. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, v.7, n.1, p.276-283, 2017. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.7.1.1796>.

Koefender, J.; Golle, D.P.; Manfio, C.E.; Horn, R.C.; Camera, J.N.; Dambróz, A.P.B. Boletim técnico cultura da mandioca. Boletim técnico n.1, Cruz Alta: Unicruz, 2015. 26p.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Áustria, 2014. <http://www.R-project.org>. 25 Mai. 2019.

Santos, V.S.; Souza, A.S.; Viana, A.E.S.; Ferreira Filho, J.R.; Souza, K.A.S.; Menezes, M.C. Multiplicação Rápida, Método Simples e de Baixo Custo na Produção de Material Propagativo de Mandioca. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 24p.

Schons, A.; Streck, N.A.; Kraulich, B.; Pinheiro, D.G.; Zanon, A.J. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da

época de plantio. *Ciência Rural*, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600013>.

Silva, C.A.D.; Medeiros, E.V.; Bezerra, C.B.; Silva, W.M.; Barros, J.A.; Santos, U.J. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. *Bioscience Journal*, v.29, n.6, p.1823-1831, 2013.

<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21996/13420>. 25 Mai. 2019.

Storck, L.; Garcia, D.C.; Lopes, S.J.; Estefanel, V. *Experimentação Vegetal*. 3. ed. Editora UFSM. Santa Maria: UFSM, 2011. 198p.

Storck, L.; Lopes, S.J.; Cargnelutti Filho, A.; Martini, L.F.D.; Carvalho, M.P. Sample size for single, double and three-way hybrid corn ear traits. *Scientia Agricola*, v.64, n.1, p.30-35, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162007000100005>.

Streck, N.A.; Weiss, A.; Xue, Q.; Stephen Baenziger, P. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. *Annals of Botany*, v.92, n.2, p.181-190, 2003. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcg121>.

Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A.; Burin, C.; Casarotto, G.; Haesbaert, F.M. Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.11, p.860-871, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100005>.

Yuguda, R.M.; Girei, A.A.; Dire, B.; Salihu, M. Socio-economic factors and constraints influencing productivity among cassava farmers in Taraba State, Nigeria. *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*. v. 1, n. 1, p.1-15, 2013. <http://ijaast.com/publications/vol1issue1/V1I104.pdf>. 25 Mai. 2019.

1 **8 CAPÍTULO 6**

2 **Tamanho de amostra para estimação da média em caracteres de mudas de mandioca**

3

4

RESUMO

5 O método de multiplicação rápida melhora o aproveitamento do material propagativo, porém,
6 o aperfeiçoamento de técnicas de manejo e experimentais é importante para que a produção e
7 a avaliações da qualidade das mudas sejam representativas. Objetivou-se determinar o
8 tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres em mudas de mandioca
9 provenientes de manivas de diferentes diâmetros e de estacas selecionadas pelo número de
10 folhas. Foram plantadas manivas com duas gemas da cultivar Apronta Mesa em cada época
11 de plantio (julho, agosto, setembro e outubro) com diâmetro entre 15 e 19,99 mm e entre 20 e
12 25 mm. Em cada época de plantio de estacas (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), foram plantadas
13 300 estacas coletadas quando apresentavam de 3 a 5 folhas e mais de 5 folhas visíveis. Para os
14 caracteres mensurados foram calculadas as estatísticas: mínimo, máximo, amplitude, média,
15 mediana, variância, desvio-padrão e coeficiente de variação. O tamanho de amostra foi
16 determinado por reamostragem com 2.000 reamostragens, com reposição, e estabelecido pelo
17 número de plantas a partir do qual a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual a
18 10%, 15% e 20% da estimativa da média. Independente dos intervalos de diâmetro de maniva
19 e de número de folhas avaliados, 87 plantas são suficientes para a estimação da média dos
20 caracteres quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual a 20% da estimativa
21 da média.

22 **PALAVRAS-CHAVE:** *Manihot esculenta* Crantz, método de multiplicação rápida,
23 amostragem, planejamento de experimentos.

24

25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43

ABSTRACT

The rapid multiplication method improves the use of propagating material. However, improving management and experimental techniques is crucial for assessing plant production and quality. This study calculated the sample size for estimating averages of agronomic characters in cassava seedlings originating from stem cuttings different diameters and cuttings selected by number of leaves. Stem cuttings with two buds of the cultivar Apronta Mesa were planted in each planting season (July, August, September and October) with diameter between 15 and 19.99 mm and between 20 and 25 mm. On each planting season (September 22, October 7, October 19, and November 25), 300 cuttings with either three to five visible leaves and more than five visible leaves were planted. The following statistics were analyzed: minimum, maximum, amplitude, mean, median, variance, standard deviation, and coefficient of variation. The sample size was determined by resampling with 2,000 resamples, with replacement and was defined by the number of plants from which the 95% confidence interval was 10%, 15%, and 20% of the average estimate. Irrespective of the range in stem cutting diameter and leaf number, 87 plants were sufficient to estimate trait averages at a 95% confidence interval equal 20% of average estimate.

KEYWORDS: *Manihot esculenta* Crantz, rapid multiplication method, sampling, design of experiments.

44
45

INTRODUÇÃO

46
47
48
49

A cultura da mandioca é originária da região Amazônica e apresenta como característica principal a produção de raízes ricas em amido que são usadas principalmente para alimentação humana e animal, além de ser alternativa para a fabricação de biocombustíveis (Bennett 2015). Apresenta elevada rusticidade e adaptabilidade em diferentes

50 condições de cultivo (Delaquis et al. 2018), o que a credencia como a terceira fonte
51 alimentícia mais importante nos trópicos (Hasibuan & Nazir 2017). Além disso, devido a
52 época de colheita flexível e a capacidade de produção em condição de estiagem e em
53 restrições nutricionais e físicas do solo (Adeniji et al. 2011), a mandioca torna-se um cultivo
54 importante em propriedades familiares (Egesi et al. 2007).

55 A mandioca é cultivada pelo método tradicional de plantio que é realizado com o uso
56 de frações do caule, chamados de manivas. Apesar da ampla utilização, este método
57 configura-se como um dos fatores limitantes para a produção de materiais propagativos com
58 qualidade sanitária elevada (Ogero et al. 2012). Em propriedades familiares onde sua
59 utilização é predominante, a produtividade média é de 5.770 kg ha⁻¹ (Brasil 2009) e a
60 adequada aplicação de técnicas de manejo é restrita (Khanthavong et al. 2016). De acordo
61 com Albuquerque et al. (2014) a baixa produtividade da cultura pode ser atribuída a reduzida
62 aplicação de técnicas de manejo no momento adequado, como o controle de plantas daninhas,
63 pragas e doenças.

64 Apesar da importância social e por contribuir para a segurança alimentar nacional,
65 poucas pesquisas têm sido realizadas para contribuir com o aumento da produtividade
66 (Silveira et al. 2012). Neste contexto, o método de multiplicação rápida desenvolvido pelo
67 Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) tem o objetivo principal de aumentar a
68 taxa de utilização de materiais propagativos de alta qualidade fisiológica e sanitária. O
69 método consiste do plantio de manivas com 2 a 3 gemas em canteiros para o enraizamento e
70 após atingir a altura de corte, as estacas são coletadas e acondicionadas em recipientes com
71 água para o enraizamento. Após, é realizado o plantio em embalagens com substrato para
72 finalizar o processo de produção de mudas. Apesar de o método possuir a adaptação proposta
73 por Koefender et al. (2015) para utilização no Sul do Brasil, pesquisas com enfoque no
74 planejamento experimental e para a determinação do tamanho de amostra para a implantação

75 de pesquisas com adaptações do método de multiplicação rápida para a produção de mudas de
76 mandioca são escassos.

77 Para a produção de mudas de mandioca, é importante a seleção do material
78 propagativo para a obtenção de estacas vigorosas e com boa capacidade de enraizamento.
79 Para isso, é necessária a avaliação de manivas de diferentes diâmetros, que exerce influência
80 sobre a qualidade fisiológica das estacas (Bezerra 2012). Geralmente, o critério utilizado para
81 a seleção de estacas para a implantação do método de multiplicação rápida é a altura de
82 planta, que varia geralmente de 10 a 12 cm. Porém, o número de folhas é um caractere que
83 melhor representa a idade fisiológica das plantas (Streck et al. 2003) e pode ser alternativa
84 adequada para a coleta de estacas e obtenção de mudas com qualidade elevada. Para isso, é
85 importante a mensuração de caracteres para quantificar o crescimento e o desenvolvimento da
86 parte aérea durante o processo de produção de mudas, com um nível de precisão adequado.

87 Em experimentos agrícolas, a mensuração de todas as plantas que compõe a unidade
88 experimental é o método mais adequado para a estimação da média. Porém, com a baixa
89 disponibilidade de tempo, recursos financeiros e de mão de obra a amostragem é a técnica
90 utilizada para representar a população. Nestes casos, é necessária a estimação e a utilização do
91 tamanho de amostra adequado para que a amostragem seja representativa (Storck et al. 2011).
92 Para o estudo do tamanho de amostra, o uso de intervalos de confiança obtidos por
93 reamostragem têm sido utilizado. Esta técnica independe da distribuição de probabilidade dos
94 dados (Ferreira 2009) e já foi utilizada na determinação do tamanho de amostra para
95 estimação da média em caracteres da cultura do linho (Cargnelutti Filho et al. 2018a). O
96 objetivo desta pesquisa foi estimar o tamanho de amostra, em número de plantas, para a
97 estimação da média de caracteres mensurados em mudas de mandioca provenientes de
98 manivas de diferentes diâmetros e de estacas selecionadas pelo critério do número de folhas.

99

MATERIAL E MÉTODOS

100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123

Em cada época de plantio de manivas da cultivar Apronta Mesa (julho, agosto, setembro e outubro de 2017), foram plantadas 600 manivas com duas gemas, sendo 300 manivas com diâmetro entre 15 e 19,99 mm (menor do que 20 mm) e entre 20 e 25 mm (maior do que 20 mm). O plantio foi realizado em bandejas plásticas de cor preta com 15 células com as seguintes dimensões: 34 cm de comprimento x 21 cm de largura x 7,8 cm de altura. As células apresentam 6,2 cm na parte superior x 5,0 cm na parte inferior x 7,8 cm de altura e 5 furos com 6 mm na base para escoamento da água excedente aplicada via irrigação. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®]. Após o plantio, as manivas foram mantidas em estufa agrícola modelo Van der Hoeven com irrigação por aspersão.

Em cada época de plantio de estacas (brotações) (22/09, 7/10, 19/10 e 25/11), foram plantadas 75 estacas para cada combinação entre estacas que apresentavam de 3 a 5 folhas e mais de 5 folhas visíveis provenientes de manivas menores e maiores que 20 mm, totalizando o plantio de 300 estacas. A folha foi considerada visível quando as bordas de um dos lóbulos da folha não se tocavam (Schons et al. 2007). Após a coleta, as estacas foram plantadas em bandejas plásticas de 15 células preenchidas com substrato comercial Mec Plant[®] previamente irrigado para evitar a desidratação dos tecidos ao plantio. Foi aberto um sulco de um centímetro de profundidade e realizado o plantio de uma estaca por célula no período da manhã com temperatura máxima admitida de 25°C. Após o plantio de cada época, as bandejas foram mantidas em casa de vegetação modelo Van der Hoeven com sistema de irrigação automático de irrigação por nebulização, totalizando aproximadamente 6 mm dia⁻¹ com temperatura média de 25°C.

124 No ato do plantio foi realizada a medição da altura de planta no plantio (APP) medida
125 da base até a última folha visível (em cm) e a contagem do número de folhas no plantio
126 (NFP). Aos 7 dias após o plantio (DAP) foi realizada novamente a contagem do número de
127 folhas visíveis (NF7DAP). Aos 30 DAP as mudas foram retiradas da casa de vegetação e
128 levadas para a estufa agrícola para aclimatização mínima de 5 dias, exceto para a época de
129 plantio de 25/11, em que as mudas foram para a aclimatização aos 23 DAP. Em cada época,
130 aos 48, 47, 44 e 31 DAP, respectivamente, foi realizada a contagem do número de folhas final
131 (NFF) e a medição da altura de planta final (APF) em cm.

132 Para cada um dos caracteres mensurados foram calculadas as estatísticas: mínimo,
133 máximo, amplitude, média, mediana, variância, desvio-padrão e coeficiente de variação e as
134 médias foram comparadas pelo teste t para amostras independentes, em 0,05 de probabilidade.
135 Para os caracteres mensurados em mudas provenientes de manivas com diâmetro menor e
136 maior do que 20 mm e de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas nas épocas de
137 plantio de 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11 foram avaliadas 66, 72, 66 e 61 plantas, respectivamente.

138 A partir destes dados foram planejados 999 tamanhos de amostra, com o tamanho
139 inicial composto por duas plantas e os demais obtidos com o acréscimo de uma planta, até o
140 tamanho máximo de 1.000 plantas. Deste modo, os tamanhos de amostra planejados foram de
141 2, 3, 4, 5,..., até 999 plantas. A seguir, para cada um dos 999 tamanhos de amostra planejados,
142 foi realizado um processo iterativo de reamostragem com 2.000 reamostragens, com
143 reposição. Desta forma, foram obtidas 2.000 estimativas da média de cada caractere para cada
144 um dos 999 tamanhos de amostras planejados (Ferreira 2009). A partir destes dados de
145 médias, foram estimadas as estatísticas: valor mínimo, percentil 2,5%, média, percentil
146 97,5%, valor máximo e a amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) foi calculada
147 pela diferença entre o percentil 97,5% e o percentil 2,5%.

148 O tamanho de amostra foi determinado pelo número de plantas a partir do qual a
 149 amplitude do intervalo de confiança de 95% ($AIC_{95\%}$) foi igual a 10%, 15% e 20% da
 150 estimativa da média. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R
 151 Development Core Team 2014).

152

153 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

154

155 De maneira geral, nos plantios de estacas realizados em 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11
 156 foram observados maiores valores para o desvio-padrão no caractere altura de planta final,
 157 exceto para o plantio de 19/10. Nesta época de plantio, os maiores valores para o desvio-
 158 padrão foram observados nos caracteres altura de planta final e número de folhas final
 159 (Tabelas 1 e 2). Também, se observou maior amplitude para os caracteres altura de planta
 160 final e número de folhas final e estes resultados servem como indicativo da maior
 161 variabilidade existente para estes caracteres nas épocas de plantio avaliadas e refletem a
 162 necessidade da determinação do tamanho de amostra adequado para a estimação da média dos
 163 caracteres.

164

165 Tabela 1. Mínimo (mín), máximo (máx), amplitude (amp), média (méd), mediana (medi),
 166 desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) do número de folhas no plantio (NFP),
 167 número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta no plantio (APP),
 168 altura de planta final (APF) e número de folhas final (NFF) de mudas de mandioca originadas
 169 de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de manivas com diâmetro
 170 inferior e superior a 20 mm plantadas em 22/9 e 7/10.

Épocas de plantio

22/9

07/10

| 3 a 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | | | 3 a 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
| Mín | 3,00 | 1,00 | 0,40 | 3,30 | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 0,40 | 2,80 | 3,00 |
| Máx | 5,00 | 6,00 | 4,00 | 17,50 | 11,00 | 5,00 | 6,00 | 5,40 | 11,90 | 10,00 |
| Amp | 2,00 | 5,00 | 3,60 | 14,20 | 8,00 | 2,00 | 5,00 | 5,00 | 9,10 | 7,00 |
| Méd | 4,14 b | 3,92 c | 2,01 d | 9,52 b | 8,06 c | 3,50 b | 3,03 b | 1,61 d | 6,30 d | 7,11 c |
| Medi | 4,00 | 4,00 | 2,00 | 7,65 | 8,00 | 3,00 | 3,00 | 1,50 | 6,10 | 7,00 |
| DP | 0,70 | 1,04 | 0,79 | 4,57 | 1,42 | 0,63 | 0,95 | 0,72 | 1,62 | 1,53 |
| CV(%) | 16,90 | 26,56 | 39,21 | 48,00 | 17,66 | 17,94 | 31,34 | 44,86 | 25,65 | 21,57 |
| > 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | | | > 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | |
| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
| Mín | 6,00 | 2,00 | 1,10 | 3,40 | 5,00 | 6,00 | 2,00 | 1,00 | 4,20 | 5,00 |
| Máx | 9,00 | 9,00 | 6,40 | 18,40 | 12,00 | 8,00 | 6,00 | 4,50 | 15,80 | 12,00 |
| Amp | 3,00 | 7,00 | 5,30 | 15,00 | 7,00 | 2,00 | 4,00 | 3,50 | 11,60 | 7,00 |
| Méd | 6,39 a | 4,67 b | 2,97 b | 9,88 b | 8,64 b | 6,13 a | 4,72 a | 2,42 b | 8,62 b | 8,72 a |
| Medi | 6,00 | 5,00 | 2,90 | 9,40 | 9,00 | 6,00 | 5,00 | 2,50 | 7,50 | 9,00 |
| DP | 0,70 | 1,71 | 1,02 | 3,46 | 1,58 | 0,37 | 1,12 | 0,64 | 3,02 | 1,32 |
| CV(%) | 10,93 | 36,70 | 34,35 | 35,03 | 18,24 | 6,09 | 23,64 | 26,43 | 35,06 | 15,18 |
| 3 a 5 folhas / maior 20 mm diâmetro | | | | | | 3 a 5 folhas / maior 20 mm diâmetro | | | | |
| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
| Mín | 3,00 | 1,00 | 0,80 | 5,60 | 6,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 3,10 | 4,00 |
| Máx | 5,00 | 6,00 | 3,60 | 13,80 | 11,00 | 5,00 | 5,00 | 3,80 | 16,50 | 11,00 |
| Amp | 2,00 | 5,00 | 2,80 | 8,20 | 5,00 | 2,00 | 4,00 | 2,80 | 13,40 | 7,00 |
| Méd | 4,24 b | 4,05 c | 2,28 c | 8,76 c | 8,42 b | 3,78 b | 3,25 b | 2,17 c | 7,44 c | 7,72 b |
| Medi | 4,00 | 4,00 | 2,40 | 8,30 | 8,00 | 4,00 | 3,00 | 2,05 | 7,00 | 8,00 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| DP | 0,63 | 1,06 | 0,64 | 2,22 | 1,23 | 0,79 | 0,96 | 0,65 | 3,41 | 1,52 |
| CV(%) | 14,94 | 26,17 | 28,13 | 25,38 | 14,58 | 20,94 | 29,55 | 30,00 | 45,79 | 19,71 |
| > 5 folhas / maior 20 mm diâmetro | | | | | > 5 folhas / maior 20 mm diâmetro | | | | | |
| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
| Mín | 6,00 | 3,00 | 1,80 | 6,40 | 7,00 | 6,00 | 2,00 | 1,60 | 4,50 | 7,00 |
| Máx | 9,00 | 9,00 | 5,50 | 19,60 | 13,00 | 8,00 | 7,00 | 5,50 | 16,30 | 11,00 |
| Amp | 3,00 | 6,00 | 3,70 | 13,20 | 6,00 | 2,00 | 5,00 | 3,90 | 11,80 | 4,00 |
| Méd | 6,53 a | 5,35 a | 3,45 a | 12,39 a | 9,83 a | 6,28 a | 4,64 a | 2,99 a | 10,22 a | 9,07 a |
| Medi | 6,00 | 5,00 | 3,45 | 12,35 | 10,00 | 6,00 | 5,00 | 3,00 | 10,35 | 9,00 |
| DP | 0,77 | 1,44 | 0,83 | 3,43 | 1,53 | 0,54 | 1,21 | 0,79 | 2,41 | 0,98 |
| CV(%) | 11,78 | 26,94 | 23,98 | 27,71 | 15,51 | 8,55 | 26,17 | 26,45 | 23,56 | 10,84 |

171 *Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem pelo teste t para amostras independentes em 0,05 de
172 probabilidade.

173
174 Tabela 2. Mínimo (mín), máximo (máx), amplitude (amp), média (méd), mediana (medi),
175 desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV%) do número de folhas no plantio (NFP),
176 número de folhas aos 7 dias após o plantio (NF7DAP), altura de planta no plantio (APP),
177 altura de planta final (APF) e número de folhas final (NFF) de mudas de mandioca originadas
178 de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de manivas com diâmetro
179 inferior e superior a 20 mm plantadas em 19/10 e 25/11.

| Épocas de plantio | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|--------|------|------|-------------------------------------|------|--------|------|------|------|
| 19/10 | | | | | 25/11 | | | | | |
| 3 a 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | | 3 a 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | | |
| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
| Mín | 3,00 | 2,00 | 0,60 | 2,40 | 4,00 | 3,00 | 2,00 | 0,90 | 3,10 | 5,00 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Máx | 5,00 | 6,00 | 2,70 | 6,20 | 9,00 | 5,00 | 7,00 | 2,10 | 9,00 | 11,00 |
| Amp | 2,00 | 4,00 | 2,10 | 3,80 | 5,00 | 2,00 | 5,00 | 1,20 | 5,90 | 6,00 |
| Méd | 3,67 d | 3,94 d | 1,17 d | 4,33 d | 6,98 c | 3,93 d | 4,51 c | 1,38 d | 5,39 b | 8,74 c |
| Medi | 4,00 | 4,00 | 1,10 | 4,30 | 7,00 | 4,00 | 4,00 | 1,40 | 5,00 | 9,00 |
| DP | 0,67 | 1,02 | 0,37 | 0,90 | 1,22 | 0,77 | 0,94 | 0,31 | 1,55 | 1,30 |
| CV(%) | 18,35 | 25,79 | 31,33 | 20,81 | 17,49 | 19,62 | 20,90 | 22,52 | 28,78 | 14,91 |

> 5 folhas / menor 20 mm diâmetro

> 5 folhas / menor 20 mm diâmetro

| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mín | 6,00 | 2,00 | 1,00 | 3,30 | 5,00 | 6,00 | 4,00 | 1,30 | 4,50 | 7,00 |
| Máx | 7,00 | 7,00 | 2,90 | 8,80 | 10,00 | 7,00 | 7,00 | 4,30 | 12,60 | 13,00 |
| Amp | 1,00 | 5,00 | 1,90 | 5,50 | 5,00 | 1,00 | 3,00 | 3,00 | 8,10 | 6,00 |
| Méd | 6,17 b | 5,36 b | 1,72 c | 5,62 b | 8,26 b | 6,11 b | 5,92 b | 2,25 b | 7,19 a | 9,21 b |
| Medi | 6,00 | 6,00 | 1,70 | 5,30 | 8,00 | 6,00 | 6,00 | 2,10 | 6,70 | 9,00 |
| DP | 0,38 | 0,95 | 0,40 | 1,38 | 1,18 | 0,32 | 0,49 | 0,61 | 1,60 | 1,25 |
| CV(%) | 6,09 | 17,80 | 23,36 | 24,61 | 14,30 | 5,26 | 8,33 | 27,12 | 22,30 | 13,60 |

3 a 5 folhas / maior 20 mm diâmetro

3 a 5 folhas / maior 20 mm diâmetro

| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mín | 3,00 | 2,00 | 1,20 | 3,00 | 5,00 | 3,00 | 3,00 | 0,90 | 3,50 | 5,00 |
| Máx | 5,00 | 6,00 | 3,70 | 8,30 | 10,00 | 5,00 | 6,00 | 2,60 | 8,90 | 11,00 |
| Amp | 2,00 | 4,00 | 2,50 | 5,30 | 5,00 | 2,00 | 3,00 | 1,70 | 5,40 | 6,00 |
| Méd | 4,23 c | 4,27 c | 1,98 b | 5,23 c | 7,95 b | 4,21 c | 4,77 c | 1,75 c | 5,67 b | 8,82 c |
| Medi | 4,00 | 4,00 | 1,90 | 5,10 | 8,00 | 4,00 | 5,00 | 1,70 | 5,60 | 9,00 |
| DP | 0,72 | 0,89 | 0,50 | 1,22 | 1,33 | 0,69 | 0,84 | 0,39 | 1,16 | 1,22 |
| CV(%) | 17,01 | 20,75 | 25,34 | 23,39 | 16,71 | 16,28 | 17,70 | 22,16 | 20,40 | 13,81 |

> 5 folhas / maior 20 mm diâmetro

> 5 folhas / maior 20 mm diâmetro

| Estat | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF | NFP | NF7DAP | APP | APF | NFF |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mín | 6,00 | 3,00 | 1,40 | 3,80 | 6,00 | 6,00 | 4,00 | 1,40 | 5,20 | 6,00 |
| Máx | 8,00 | 7,00 | 4,30 | 11,50 | 11,00 | 8,00 | 8,00 | 5,50 | 11,30 | 11,00 |
| Amp | 2,00 | 4,00 | 2,90 | 7,70 | 5,00 | 2,00 | 4,00 | 4,10 | 6,10 | 5,00 |
| Méd | 6,35 a | 5,80 a | 2,85 a | 7,69 a | 9,20 a | 6,38 a | 6,13 a | 2,72 a | 7,25 a | 9,56 a |
| Medi | 6,00 | 6,00 | 2,85 | 7,40 | 9,00 | 6,00 | 6,00 | 2,60 | 7,10 | 10,00 |
| DP | 0,59 | 0,83 | 0,64 | 1,51 | 1,13 | 0,61 | 0,67 | 0,72 | 1,40 | 1,01 |
| CV(%) | 9,37 | 14,25 | 22,32 | 19,62 | 12,25 | 9,57 | 10,93 | 26,49 | 19,29 | 10,55 |

180 *Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem pelo teste t para amostras independentes em 0,05 de
181 probabilidade.

182

183 Foram observados menores valores para o coeficiente de variação no caractere número
184 de folhas no plantio, que variaram de 5,26 a 20,94% para mudas produzidas a partir de estacas
185 com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas originados de manivas menores e maiores do que 20
186 mm nas quatro épocas de plantio. Por outro lado, os maiores coeficientes de variação foram
187 observados nos caracteres altura de planta no plantio (22,16 a 44,86%) e altura de planta final
188 (19,29 a 48,00%). Foram verificados maiores valores para o coeficiente de variação em
189 caracteres obtidos por medição em comparação a caracteres obtidos por contagem e,
190 conseqüentemente, presume-se que para um mesmo nível de precisão é necessário maior
191 tamanho de amostra para caracteres obtidos por medição em relação aos obtidos por
192 contagem. Diferentemente do observado nesta pesquisa, na cultura do feijão de porco
193 (*Canavalia ensiformis*), a média do coeficiente de variação em caracteres morfológicos foi de
194 21,70%, exceto para o número de folhas que apresentou valor de 95,65% (Cargnelutti Filho et
195 al. 2018b).

196 Para os cinco caracteres mensurados, houve diferença significativa entre as médias das
197 combinações entre característica observada para a coleta das estacas (número de folhas) e

198 diâmetros de maniva nas quatro épocas de plantio. Mudanças produzidas a partir de estacas com
199 3 a 5 folhas originadas de manivas com diâmetro inferior a 20 mm apresentaram menores
200 médias para todos os caracteres, independente da época de plantio. Por outro lado, mudas
201 produzidas a partir de estacas com mais de 5 folhas provenientes de manivas maiores do que
202 20 mm apresentaram as melhores médias em todos os caracteres mensurados nas quatro
203 épocas de plantio. Isso demonstrou que mudas de mandioca produzidas a partir de manivas
204 com diâmetro superior a 20 mm e de estacas com mais de 5 folhas apresentaram melhor
205 crescimento e desenvolvimento. O sucesso da propagação vegetativa está condicionado à
206 quantidade de substâncias de reserva armazenada nos tecidos vegetais para que os processos
207 fisiológicos inerentes ao crescimento e desenvolvimento das plantas sejam favorecidos
208 (Neves et al. 2018).

209 O tamanho de amostra para estimação da média dos caracteres nas diferentes épocas
210 de plantio apresentou alta variabilidade para os quatro tipos de mudas produzidas (Tabela 3).
211 Quando a amplitude do intervalo de confiança foi igual a 10% da estimativa da média, para
212 mudas originadas de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de manivas
213 menores do que 20 mm de diâmetro nas quatro épocas de plantio, observou-se que o tamanho
214 de amostra variou de 35 a 361 plantas e de 2 a 215 plantas, respectivamente. Para mudas
215 originadas de estacas com 3 a 5 folhas e maiores do que 5 folhas e de manivas de diâmetro
216 superior a 20 mm o tamanho de amostra variou de 29 a 354 plantas e de 12 a 124 plantas,
217 respectivamente. A variabilidade de tamanhos de amostra também foi observada entre
218 caracteres em trabalhos com a cultura da noqueira-pecã (Cargnelutti Filho et al. 2014), aveia
219 preta (Cargnelutti Filho et al. 2015) e crotalaria (Toebe et al. 2018).

220

221 Tabela 3. Tamanho de amostra, em número de plantas, para as amplitudes do intervalo de
222 confiança de 10, 15 e 20% da estimativa da média dos caracteres altura de planta no plantio

223 (APP), número de folhas no plantio (NFP), número de folhas aos 7 dias após o plantio
 224 (NF7DAP), altura de planta final (APF) e número de folhas final (NFF) de mudas de
 225 mandioca originadas de estacas com 3 a 5 folhas e com mais de 5 folhas provenientes de
 226 manivas com diâmetro inferior e superior a 20 mm plantadas em quatro épocas de plantio.

| 3 a 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | APP | | | NFP | | | NF7DAP | | | APF | | | NFF | | |
| Época | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% |
| 22/9 | 250 | 105 | 60 | 44 | 21 | 11 | 114 | 46 | 29 | 361 | 163 | 87 | 49 | 21 | 12 |
| 07/10 | 329 | 135 | 80 | 58 | 23 | 12 | 155 | 69 | 40 | 103 | 44 | 26 | 76 | 30 | 19 |
| 19/10 | 160 | 67 | 40 | 55 | 24 | 14 | 110 | 47 | 25 | 68 | 31 | 16 | 49 | 22 | 13 |
| 25/11 | 77 | 33 | 18 | 60 | 27 | 16 | 69 | 35 | 17 | 127 | 55 | 31 | 35 | 14 | 9 |
| > 5 folhas / menor 20 mm diâmetro | | | | | | | | | | | | | | | |
| | APP | | | NFP | | | NF7DAP | | | APF | | | NFF | | |
| Época | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% |
| 22/9 | 187 | 85 | 45 | 18 | 8 | 4 | 215 | 93 | 52 | 196 | 88 | 47 | 50 | 22 | 13 |
| 07/10 | 107 | 46 | 26 | 4 | 3 | 2 | 85 | 39 | 23 | 190 | 86 | 46 | 36 | 17 | 9 |
| 19/10 | 84 | 38 | 20 | 2 | 2 | 2 | 51 | 22 | 13 | 93 | 41 | 23 | 31 | 15 | 7 |
| 25/11 | 113 | 52 | 29 | 2 | 2 | 2 | 11 | 6 | 3 | 75 | 35 | 18 | 28 | 13 | 8 |
| 3 a 5 folhas / maior 20 mm diâmetro | | | | | | | | | | | | | | | |
| | APP | | | NFP | | | NF7DAP | | | APF | | | NFF | | |
| Época | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% |
| 22/9 | 123 | 55 | 30 | 38 | 15 | 10 | 111 | 46 | 28 | 102 | 45 | 25 | 32 | 16 | 9 |
| 07/10 | 144 | 64 | 35 | 78 | 31 | 19 | 139 | 60 | 32 | 354 | 141 | 84 | 60 | 27 | 15 |
| 19/10 | 105 | 44 | 24 | 45 | 21 | 10 | 71 | 30 | 17 | 88 | 39 | 21 | 41 | 19 | 11 |
| 25/11 | 76 | 32 | 19 | 41 | 18 | 10 | 49 | 21 | 12 | 67 | 28 | 16 | 29 | 13 | 8 |

| > 5 folhas / maior 20 mm diâmetro | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | APP | | | NFP | | | NF7DAP | | | APF | | | NFF | | |
| Época | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% | 10% | 15% | 20% |
| 22/9 | 93 | 38 | 24 | 23 | 10 | 4 | 115 | 53 | 28 | 124 | 53 | 31 | 37 | 16 | 10 |
| 07/10 | 108 | 48 | 27 | 12 | 5 | 2 | 108 | 45 | 25 | 91 | 38 | 21 | 18 | 9 | 5 |
| 19/10 | 78 | 35 | 19 | 15 | 6 | 3 | 32 | 14 | 8 | 60 | 28 | 14 | 20 | 11 | 5 |
| 25/11 | 107 | 47 | 27 | 15 | 7 | 3 | 22 | 9 | 5 | 56 | 24 | 15 | 17 | 8 | 5 |

227

228 Maiores tamanhos de amostra foram necessários para a estimação da média dos
 229 caracteres no maior nível de precisão, ou seja, quando a amplitude do intervalo de confiança
 230 foi igual a 10% da estimativa da média. Geralmente, foi observada a redução do tamanho de
 231 amostra para os caracteres avaliados ao avançar as épocas de plantio, ou seja, quando o
 232 plantio das estacas foi realizado em 22/9 e 7/10 foram observados maiores valores para os
 233 tamanhos de amostra. Para o número de folhas aos 7 dias após o plantio em mudas originadas
 234 de estacas com mais de 5 folhas e de manivas com diâmetro superior a 20 mm foram obtidos
 235 os seguintes valores: 28, 25, 8 e 5 plantas quando a amplitude do intervalo de confiança foi
 236 igual a 20% da estimativa da média, para plantios em 22/9, 7/10, 19/10 e 25/11,
 237 respectivamente. Esta tendência pode ser explicada pela menor variabilidade observada nos
 238 caracteres quando o plantio das mudas foi realizado em 19/10 e 25/11 (Tabela 2).

239 Tamanhos de amostra menores foram necessários para a avaliação dos caracteres de
 240 contagem em comparação com os caracteres obtidos por medição. Considerando o caractere
 241 número de folhas final no maior nível de precisão em mudas provenientes de estacas com
 242 mais de 5 folhas e de manivas maiores do que 20 mm, obteve-se os seguintes valores de
 243 tamanhos de amostra: 37, 18, 20 e 17 plantas nas épocas de plantio de 22/9, 7/10, 19/10 e
 244 25/11, respectivamente. Por outro lado, para a altura de planta final foram necessárias 124,

245 91, 60 e 56 plantas para a mensuração do caractere nas mesmas condições que o número de
246 folhas final. Como houve variabilidade nos valores de tamanho de amostra entre os
247 caracteres, origem das mudas e épocas de plantio, o tamanho de amostra deverá ser escolhido
248 levando em consideração estes fatores e o nível de precisão fixado pelo pesquisador.
249 Variabilidade no tamanho de amostra entre caracteres morfológicos também foi observada por
250 Kleinpaul et al. (2017) na cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e por
251 Schabarum et al. (2018) em caracteres morfológicos da crotalaria (*Crotalaria juncea*).

252 Notou-se que houve relação do coeficiente de variação com o tamanho de amostra, de
253 modo que em caracteres com maiores coeficientes de variação apresentaram tamanhos de
254 amostra maiores, do mesmo modo que caracteres com menor coeficiente de variação
255 proporcionaram tamanhos de amostra menores. Os coeficientes de variação para o caractere
256 altura de planta final variam de 19,29 a 48,00% e os tamanhos de amostra para este caractere
257 e nestes coeficientes de variação, foram: 56, 24 e 15 plantas e 361, 163 e 87 para as
258 amplitudes do intervalo de confiança de 10, 15 e 20%, respectivamente. De acordo com
259 Toebe et al. (2014), caracteres com maior coeficiente de variação necessitam tamanhos de
260 amostra maiores para a estimação da média. Bandeira et al. (2016) também verificaram que o
261 aumento da variabilidade ocasionou o aumento do tamanho de amostra para caracteres
262 mensurados em frutos na cultura do maracujá-do-mato (*Passiflora caerulea*).

263 Estes resultados proporcionam ao pesquisador a possibilidade de escolha do tamanho
264 de amostra e do nível de precisão de acordo com os recursos financeiros e técnicos para a
265 coleta dos dados e também da área experimental disponível. A utilização de maiores níveis de
266 precisão gera a maior confiabilidade na estimativa da média, porém, é necessária a avaliação
267 do maior número de plantas. A estimação do tamanho de amostra em diferentes níveis de
268 precisão proporciona ao pesquisador a escolha do nível de precisão que melhor se ajusta as
269 condições da pesquisa e em casos da priorização do menor nível de precisão, é de

270 conhecimento que há redução do número de plantas amostradas e de que, conseqüentemente,
271 diminui a confiabilidade sobre a estimativa da média.

272

273

CONCLUSÕES

274

275 Independente dos intervalos de diâmetro de maniva e de número de folhas para a
276 seleção de estacas, 87 plantas são suficientes para a estimação da média dos caracteres
277 mensurados em mudas de mandioca quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi
278 igual a 20% da estimativa da média.

279

280

AGRADECIMENTOS

281

282 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela
283 concessão da bolsa de estudos para André Schoffel.

284

285

REFERÊNCIAS

286

287 ADENIJI, O. T.; ODO, P. E.; IBRAHIM, B. Genetic relationship and selection indices for
288 cassava root yield in Adamawa State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6,
289 n. 13, p. 2931-2934, 2011.

290 ALBUQUERQUE, J. A. A. et al. Occurrence of weeds in cassava savanna plantations in
291 Roraima. *Planta Daninha*, v. 32, n. 1, p. 91-98, 2014.

292 BANDEIRA, C. T. et al. Sample size for estimate the average of *Passiflora caerulea* fruits
293 traits. *Ciência Rural*, v. 46, n. 10, p. 1729-1736, 2016.

294 BENNETT, B. (2015) Guest editorial: smallholder cassava production and the cassava
295 processing sector in Africa. *Food Chain*, v. 5, p. 1-3, 2015.

- 296 BEZERRA, V. S. *Maniva-semente: como selecionar e conservar*. Embrapa Amapá, 2012.
297 (Comunicado Técnico, 125).
- 298 BRASIL. *O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil*. Brasília: MDA,
299 2009.
- 300 CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Sample size to estimate the mean and median of traits in
301 flax. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 1, p. e5492, 2018a.
- 302 CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Sample size to estimate the mean of traits in jack bean.
303 *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018b.
- 304 CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Dimensionamento amostral para avaliar caracteres
305 morfológicos e produtivos de aveia preta em épocas de avaliação. *Ciência Rural*, v. 45, n. 1,
306 p. 9-13, 2015.
- 307 CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Dimensionamento amostral para a avaliação de altura e
308 diâmetro de mudas de noqueira-pecã. *Ciência Rural*, v. 44, n. 12, p. 2151-2156, 2014.
- 309 DELAQUIS, E.; DE HAAN, S.; WYCKHUYS, K. A. G. On-farm diversity offsets
310 environmental pressures in tropical agro-ecosystems: a synthetic review for cassava based
311 systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 251, p. 226-235, 2018.
- 312 EGESI, C. N. et al. Genetic variation and genotype \times environment interaction for yield and
313 other agronomic traits in cassava in Nigeria. *Agronomy Journal*, v. 99, n. 4, p. 1137-1142,
314 2007.
- 315 FERREIRA, D. F. *Estatística básica*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009.
- 316 HASIBUAN, S.; NAZIR, N. The development strategy of sustainable bioethanol industry on
317 iconic Sumba island, Eastern Indonesia. *International Journal on Advanced Science,*
318 *Engineering and Information Technology*, v. 7, n. 1, p. 276-283, 2017.
- 319 KHANTHAVONG, P. et al. Effect of weed biomass on cassava yield related to weeding
320 times. *Advances in Plants & Agriculture Research*, v. 5, n. 5, p. 630-632, 2016.

- 321 KLEINPAUL, J. A. et al. Tamanho de amostra para estimação da média de caracteres de
322 milho em épocas de avaliação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 16, n. 2, p. 251-262,
323 2017.
- 324 KOEFENDER, J. et al. *Boletim técnico cultura da mandioca*. Boletim técnico n. 1, Cruz Alta:
325 Unicruz, 2015.
- 326 NEVES, R. J.; DINIZ, R. P.; OLIVEIRA, E. J. Productive potential of cassava plants
327 (*Manihot esculenta* Crantz) propagated by leaf buds. *Anais da Academia Brasileira de*
328 *Ciências*, v. 90, n. 2, p. 1733-1747, 2018.
- 329 OGERO, K. O. et al. In vitro Micropropagation of Cassava Through Low Cost Tissue
330 Culture. *Asian Journal of Agricultural Science*, v. 4, n. 3, p. 205-209, 2012.
- 331 R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical*
332 *computing*. Vienna, Áustria, 2014.
- 333 SCHABARUM, D. E. et al. Sample Sufficiency for Mean Estimation of Productive Traits of
334 Sunn Hemp. *Journal of Agricultural Science*, v. 10, n. 9, p. 209-216, 2018.
- 335 SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma
336 variedade de mandioca em função da época de plantio. *Ciência Rural*, v. 37, n. 6, p. 1586-
337 1592, 2007.
- 338 SILVEIRA, H. M. et al. Características fotossintéticas de cultivares de mandioca tratadas com
339 fluazifop-p-butyl e fomesafen. *Revista Agroambiente*, v. 6, n. 3, p. 222-227, 2012.
- 340 STORCK, L. et al. *Experimentação Vegetal*. 3. ed. Editora UFSM. Santa Maria: UFSM,
341 2011.
- 342 STRECK, N. A. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance
343 rate in winter wheat. *Annals of Botany*, v. 92, n. 2, p. 181-190, 2003.
- 344 TOEBE, M. et al. Sample size for estimating mean and coefficient of variation in species of
345 crotalarias. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 2, p. 1705-1715, 2018.

- 346 TOEBE, M. et al. Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação
347 em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 11, p. 860-871, 2014.

9 DISCUSSÃO

Diversos fatores têm impulsionado a busca pelo aumento da produtividade em espécies alimentícias e dentre eles destacam-se o aumento populacional e a restrição na abertura de novas fronteiras agrícolas. A mandioca é uma importante fonte alimentícia com alta produtividade potencial e foi considerada pela Organização das Nações Unidas como o alimento do século XXI. Por isso, é importante o aprimoramento de técnicas de manejo e de métodos propagativos de fácil aplicação com potencial de proporcionar incremento sobre a sua produtividade.

A mandioca geralmente é cultivada em locais que apresentam restrições físico-químicas de solo e muitas vezes, com a ausência de práticas de manejo simples que são necessárias para a proteção da produtividade, como é o caso da capina. A utilização de materiais propagativos de alta qualidade é importante para o estabelecimento das plantas, que utilizam as reservas das manivas principalmente para o enraizamento e emissão de brotações nas fases iniciais do ciclo. A seleção de materiais propagativos de qualidade muitas vezes é dificultada, principalmente na região Sul do Brasil, em que é necessário o armazenamento das ramas durante o inverno para o plantio a partir do início da primavera. Nestes casos, pode-se considerar que um dos principais problemas de qualidade fisiológica e sanitária enfrentadas pelo cultivo da mandioca é a baixa qualidade do material propagativo, que tem potencial de impactar negativamente a produtividade.

A produção de mudas através da adaptação do método de multiplicação rápida proposto é promissora nas épocas de plantio de manivas avaliadas, exceto na época de plantio do mês de junho que não possibilitou a produção de mudas. O uso de manivas com diâmetro entre 20 e 25 mm demonstrou ser o mais apropriado, bem como, a coleta de estacas com 6 a 8 folhas para a obtenção de mudas. Além da qualidade fisiológica das mudas, a adaptação do método de multiplicação rápida demonstrou ser eficiente na seleção de manivas e de estacas para o plantio e produção de mudas. Os materiais que apresentaram sintoma ou suspeita de incidência de doença foram descartados para evitar a disseminação no campo de produção, principalmente da bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), que é uma grave doença que gera a necessidade de descarte do material propagativo infectado e impossibilita o cultivo na área na safra seguinte.

Após o transplantio das mudas, em todas as épocas, foi verificado o baixo percentual de mortalidade de plantas, que foi um resultado importante e evidenciou a qualidade das mudas produzidas. O crescimento e o desenvolvimento das mudas deram-se de acordo com as condições ambientais em cada época de transplantio, o que influenciou a capacidade

produtiva de ramas e de raízes. Apesar de a literatura nacional apontar que a produção de raízes é incipiente no primeiro ano de cultivo de plantas propagadas pelo método de multiplicação rápida, os resultados desta pesquisa demonstraram que além da produção de ramas, a produção de raízes foi viabilizada com produtividade superior a 21 toneladas ha⁻¹ quando o transplântio das mudas foi realizado no mês de novembro. É importante mencionar que épocas de transplântio no mês de dezembro devem ser evitadas, devido à drástica redução na produtividade de raízes na primeira safra.

Além da adaptação do método de multiplicação rápida e do estudo das técnicas de manejo em campo de produção, os resultados gerados sobre a determinação do tamanho de amostra para caracteres mensurados durante a produção de mudas e também de produtividade de ramas e raízes são importantes para o planejamento experimental de pesquisas futuras com adaptações do método de multiplicação rápida. O estudo das relações existentes entre os grupos de caracteres através da análise de correlação canônica foi importante para a verificação de quais caracteres mensurados em mudas que exercem maior influência sobre caracteres de produtividade de ramas e raízes, bem como, das relações existentes entre caracteres de produtividade de ramas e raízes. Com isso, foi possível verificar que plantas com menor altura de ramificação da haste principal e maior diâmetro de rama exercem efeito positivo sobre caracteres radiculares. Este resultado credencia, principalmente, a altura de ramificação da haste principal para a seleção de plantas com potencial de apresentar melhores resultados para a produtividade de raízes.

Os resultados desta pesquisa contribuíram para o avanço da barreira do conhecimento sobre a temática que envolve o método de multiplicação rápida para a cultura da mandioca. Ainda, proporcionou a exposição de resultados inovadores sobre o manejo durante a produção de mudas e principalmente de técnicas de manejo em campo de produção, com produtividade de raízes já no primeiro ciclo de cultivo. Além disso, apresentou as relações existentes entre os grupos de caracteres: maniva, muda, rama e raiz e fornecerá subsídios para o planejamento experimental de pesquisas futuras através dos resultados para determinação do tamanho de amostra para estimação da média em diferentes níveis de precisão para a realização de inferências com precisão adequada.

Apesar destes importantes resultados, novas pesquisas são necessárias para o estudo da resposta de diferentes cultivares propagadas pela adaptação do método de multiplicação rápida e do uso de estacas originadas das manivas após a primeira coleta. Testar diferentes recipientes e substratos para o plantio de manivas e estacas para a produção de mudas e a

viabilidade do enraizamento em estruturas cobertas por diferentes malhas de sombrite, que tem potencial inicial de redução dos custos de produção.

Em campo de produção, verificar o uso de diferentes manejos de adubação para potencializar a produção de raízes e o desempenho das mudas no pós-transplântio em diferentes formas de preparo de solo. A pesquisa com diferentes cultivares multiplicadas através da adaptação do método de multiplicação rápida é importante para verificar a viabilidade e a produção de raízes no primeiro ciclo de cultivo. Estas são as principais pesquisas a serem realizadas sobre o transplântio de mudas de mandioca, visto que do ponto de vista fitossanitário, estacas e mudas de baixa qualidade ou com suspeita de doença são descartadas e não avançam para o transplântio em campos de produção.

10 CONCLUSÃO

Para a produção de mudas deve ser priorizada a utilização de manivas com diâmetro entre 20 e 25 mm.

As estacas devem ser coletadas com 6 a 8 folhas visíveis e o plantio realizado no final do mês de setembro.

Transplântio de mudas realizado até 24/11 favorece a expressão de caracteres de produtividade de ramas e de raízes.

O espaçamento de 1,0 x 0,6 m apresenta os melhores resultados para caracteres de produtividade de ramas.

A altura e o número de folhas no plantio e no transplântio exercem maior influência sobre o número de gemas por rama e diâmetro de rama.

Maiores alturas de planta no plantio e no transplântio favorecem caracteres de produtividade de raízes.

A altura de ramificação da haste principal e o diâmetro de rama podem ser utilizados para a seleção de plantas de mandioca com indicativo de melhor qualidade e produtividade de caracteres radiculares.

Para caracteres mensurados na produção de mudas e de produtividade de ramas e raízes: 63 e 153 plantas, respectivamente, são suficientes para estimação da média quando a amplitude do intervalo de confiança de 95% foi igual a 20% da estimativa da média.

11 REFERÊNCIAS

- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA, 2006. cap. 7, p.138-169.
- BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. São Paulo: Editora Atlas, 2004. 410 p.
- BEZERRA, V. S. **Maniva-semente: como selecionar e conservar**. Comunicado Técnico 125. Embrapa Amapá, 2012.
- BRASIL. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: MDA, 2009. 96 p.
- BRUM, B. et al. Correlações canônicas entre variáveis de semente, plântula, planta e produção de grãos em mamoneira. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 404-411, 2011.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra para a estimação da média do comprimento, diâmetro e massa de sementes de feijão de porco e mucuna cinza. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1541-1544, 2012.
- CARVALHO, I. R. et al. Correlações canônicas entre caracteres morfológicos e componentes de produção em trigo de duplo propósito. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 50, n. 8, p. 690-697, 2015.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.
- CURVELO-SANTANA, J. C.; EHRHARDT, D. D.; TAMBOURGI, E. B. Otimização da produção de álcool de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, n. 3, p. 613-617, 2010.
- FAGUNDES, L. K. et al. Desenvolvimento, crescimento e produtividade de mandioca em diferentes datas de plantio em região subtropical. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2460-2466, 2010.
- FAVARO, S. P.; MIRANDA, C. H. B. **Aproveitamento de espécies nativas e seus coprodutos no contexto de biorrefinaria**. Documentos 14. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2013. 38 p.
- FERREIRA, D.F. **Estatística básica**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2009. 664 p.
- FERREIRA FILHO, J. R. et al. **Cultivo, processamento e uso da mandioca – Instruções práticas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 34 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food outlook**. Biannual report on global food markets. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food Insecurity in the World 2011**. Rome, 2011.

FUKUDA, W. M. G.; CARVALHO, H. W. L. **Propagação Rápida de Mandioca no Nordeste Brasileiro**. Circular Técnica 45. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2006. 6 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Estatísticas da Produção Agrícola**. CEPAGRO: Comissão Especial de Planejamento, Controle e Avaliação das Estatísticas Agropecuárias, 2019. 92 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000/2060 e projeção da população das unidades da federação por sexo e idade para o período 2000/2030**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2013. 21 p.

KOEFENDER, J. et al. **Boletim técnico cultura da mandioca**. Boletim técnico n. 1, Cruz Alta: UNICRUZ, 2015. 26 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L. et al. **Recomendações Técnicas de Manejo para o Cultivo da Mandioca em Agricultura Familiar no Meio-Norte do Brasil**. Circular Técnica 41. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Embrapa Meio-Norte, 2005. 6 p.

ORLANDINI, P.; LIMA, L. R. Sinopse do gênero *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**. São Paulo, v. 41, n. 1, p. 51-60, 2014.

REMISON, S. U.; OMORODION, E.; EIFEDYI, E. K. A re-examination of the effects of length of stem cuttings on the growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Nigerian Annals of Natural Sciences**, v. 15, n. 1, p. 9-13, 2015.

RIGÃO, M. H. et al. Correlação canônica entre caracteres de tubérculos para seleção precoce de clones de batata. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2347-2353, 2009.

RODRIGUES, A. R. et al. Avaliação da Capacidade de Enraizamento, em Água, de Brotações, Ponteiros e Estacas Herbáceas de Clones de Mandioca de Mesa. **Revista Agro@mbiente On-line**. Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 37-45, 2008.

SALLA, D. A.; CABELLO, C. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. **Revista Energia na Agricultura**. São Paulo, v. 25, n. 2, p. 32-53, 2010.

SANTOS, V. S. et al. **Multiplicação Rápida, Método Simples e de Baixo Custo na Produção de Material Propagativo de Mandioca**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 24 p.

SILVA, J. W. et al. Correlações canônicas de características agroindustriais em cana-de-açúcar. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 29, n. 3, p. 345-349, 2007.

SILVA, M. N.; CERDA, M. P.; FIORINI, R. A. Multiplicação rápida de mandioca. In: CEREDA, M.P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino Americanas**. Fundação Cargil, 2002. p. 187-197.

SILVEIRA, H. M. et al. Características fotossintéticas de cultivares de mandioca tratadas com fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Revista Agro@mbiente On-line**. Boa Vista, v. 6, n. 3, p. 222-227, 2012.

STORCK, L. et al. **Experimentação Vegetal**. 3.ed. Editora UFSM. Santa Maria: UFSM, 2011. 198 p.

STRECK, N. A. et al. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**. Campinas, v. 73, n. 4, p. 407-415, 2014.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da mandioca. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v. 41, n. 4, 1998.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**. Lavras, v. 9, n. 1, p. 66-80, 2003.

VILPOUX, O. F. Competitividade da mandioca no Brasil, como matéria-prima para amido. **Informações Econômicas**. São Paulo, v. 38, n. 11, p. 27-38, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV), quadrados médios (QM), média e coeficiente de variação (CV %) do comprimento de maniva (CM), diâmetro de maniva (DM), peso de maniva (PM), dias para emergência (DPE), índice de brotação (IB %) e percentual de sobrevivência (S %) (CAPÍTULO 1).

| FV | QM | | | | | |
|------------------|-------|---------|----------|---------|-----------|----------|
| | CM | DM | PM | DPE | IB (%) | S (%) |
| Época | 0,73* | 0,92* | 86,93* | 815,22* | 11391,04* | 1482,37* |
| Diâmetro | 0,05 | 847,85* | 1847,53* | 38,76* | 1369,27* | 1195,95* |
| Época x Diâmetro | 0,30* | 1,89* | 18,56* | 64,64* | 193,00 | 3464,72* |
| Erro | 0,07 | 0,16 | 1,15 | 7,99 | 126,19 | 378,43 |
| Média | 4,33 | 20,15 | 13,01 | 13,73 | 43,98 | 78,01 |
| CV(%) | 6,20 | 2,00 | 8,24 | 20,59 | 25,54 | 24,94 |

*Significativo pelo teste F em 0,05 de probabilidade.

APÊNDICE B – Fontes de variação (FV), quadrados médios (QM), média, coeficiente de variação (CV %) da análise de variância para os caracteres: número de folhas no plantio (NFP), número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta no plantio (APP), altura de planta final (APF), número de folhas final (NFF), percentual de sobrevivência final (SF %), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de mandioca (CAPÍTULO 2).

| QM | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|--------|--------|--------|---------|
| FV | NFP | NF 7 DAP | APP | APF | NFF | SF % |
| Bloco | 0,05 | 0,89* | 0,53* | 17,12* | 1,73* | 252,77* |
| Época | 0,56* | 6,98* | 2,31* | 92,46* | 4,39* | 858,20* |
| NF | 108,04* | 35,72* | 15,07* | 67,93* | 19,69* | 347,40 |
| Diâmetro | 1,19* | 1,34* | 6,76* | 17,99 | 7,15* | 467,21* |
| Época x NF | 0,12* | 0,21 | 0,14 | 0,85 | 0,78 | 157,64 |
| Época x Diâmetro | 0,04 | 0,11 | 0,34* | 2,17 | 0,47 | 120,54 |
| NF x Diâmetro | 0,04 | 0,03 | 0,22 | 8,69 | 0,13 | 13,87 |
| Época x NF x Diâmetro | 0,04 | 0,20 | 0,04 | 5,25 | 0,26 | 129,41 |
| Erro | 0,03 | 0,28 | 0,11 | 4,79 | 0,42 | 98,40 |
| Média | 5,12 | 4,59 | 2,23 | 7,64 | 8,48 | 90,42 |
| CV (%) | 3,65 | 11,56 | 15,23 | 28,67 | 7,68 | 10,97 |

| QM | | | |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| FV | MSPA ¹ (mg) | MSR ¹ (mg) | MST ¹ (mg) |
| Bloco | 1,59* | 0,74 | 26,47* |
| Época | 4,17* | 4,62* | 112,24* |
| NF | 14,40* | 13,22* | 459,01* |
| Diâmetro | 1,60 | 1,22 | 68,91* |
| Época x NF | 0,52 | 1,16* | 14,19 |
| Época x Diâmetro | 0,92 | 0,82 | 15,52 |
| NF x Diâmetro | 0,22 | 0,62 | 7,66 |
| Época x NF x Diâmetro | 0,17 | 0,09 | 1,04 |
| Erro experimental | 0,43 | 0,40 | 8,13 |
| Erro amostral | 0,14 | 0,21 | 2,60 |
| Média | 6,01 | 5,16 | 17,87 |
| CV experimental (%) | 10,88 | 12,25 | 15,96 |
| CV amostral (%) | 6,23 | 8,90 | 9,02 |

*Significativo pelo teste F em 0,05 de probabilidade.

¹Dados transformados.

APÊNDICE C – Fontes de variação (FV) do bifatorial em faixas, quadrados médios (QM), coeficiente de variação (CV %) da análise de variância para os caracteres: percentual de sobrevivência (S %), altura de ramificação da haste principal (ARHP), número de ramificações (NRAM), diâmetro da base de rama (DBR), diâmetro médio de rama (DMR), diâmetro superior de rama (DSR), média dos diâmetros de rama (MD), comprimento de rama (CRAMA), número de gemas por rama (NGR) e número de gemas por hectare (NGHA) de plantas de mandioca (CAPÍTULO 3).

| FV | QM | | | | |
|--------------------|--------------------|---------|-------------------|------------------|-------------------|
| | S (%) ¹ | ARHP | NRAM ¹ | DBR | DMR |
| Bloco | 41583959,55 | 0,90* | 1,62 | 13,82* | 9,32 |
| Época (Ép) | 153895532,11 | 0,23 | 20,11* | 101,20* | 100,56* |
| Erro 1 | 71305487,84 | 0,06 | 1,59 | 2,55 | 4,14 |
| Espaçamento (Es) | 24609808,02 | 0,01 | 1,23 | 10,07* | 9,89* |
| Erro 2 | 17672754,97 | 0,03 | 0,41 | 1,75 | 1,07 |
| Ép*Es | 44919943,27 | 0,004 | 0,39 | 1,20 | 0,96 |
| Erro 3 | 23760499,01 | 0,004 | 0,50 | 0,82 | 1,00 |
| CV Época (%) | 24,03 | 18,60 | 23,53 | 7,21 | 10,05 |
| CV Espaçamento (%) | 11,96 | 13,64 | 11,91 | 5,98 | 5,10 |
| CV Ép*Es (%) | 13,87 | 4,41 | 13,14 | 4,09 | 4,94 |
| FV | DSR | MD | CRAMA | NGR ¹ | NGHA ¹ |
| Bloco | 1,07 | 4,12 | 0,89* | 2047564,22* | 6463,82 |
| Época (Ép) | 91,42* | 102,44* | 0,23 | 15169909,66* | 47976,98* |
| Erro 1 | 2,69 | 3,03 | 0,06 | 222789,13 | 3786,33 |
| Espaçamento (Es) | 9,10* | 11,06* | 0,01 | 392086,50 | 61075,47* |
| Erro 2 | 1,15 | 1,41 | 0,03 | 306830,80 | 1207,21 |
| Ép*Es | 0,92 | 1,07 | 0,005 | 44842,91 | 1919,30 |
| Erro 3 | 0,86 | 0,74 | 0,004 | 85381,46 | 959,08 |
| CV Época (%) | 9,80 | 8,82 | 20,99 | 14,62 | 12,13 |
| CV Espaçamento (%) | 6,41 | 6,01 | 15,11 | 17,16 | 6,85 |
| CV Ép*Es (%) | 5,53 | 4,35 | 5,54 | 9,05 | 6,11 |

*Significativo pelo teste F em 0,05 de probabilidade.

¹Dados transformados.

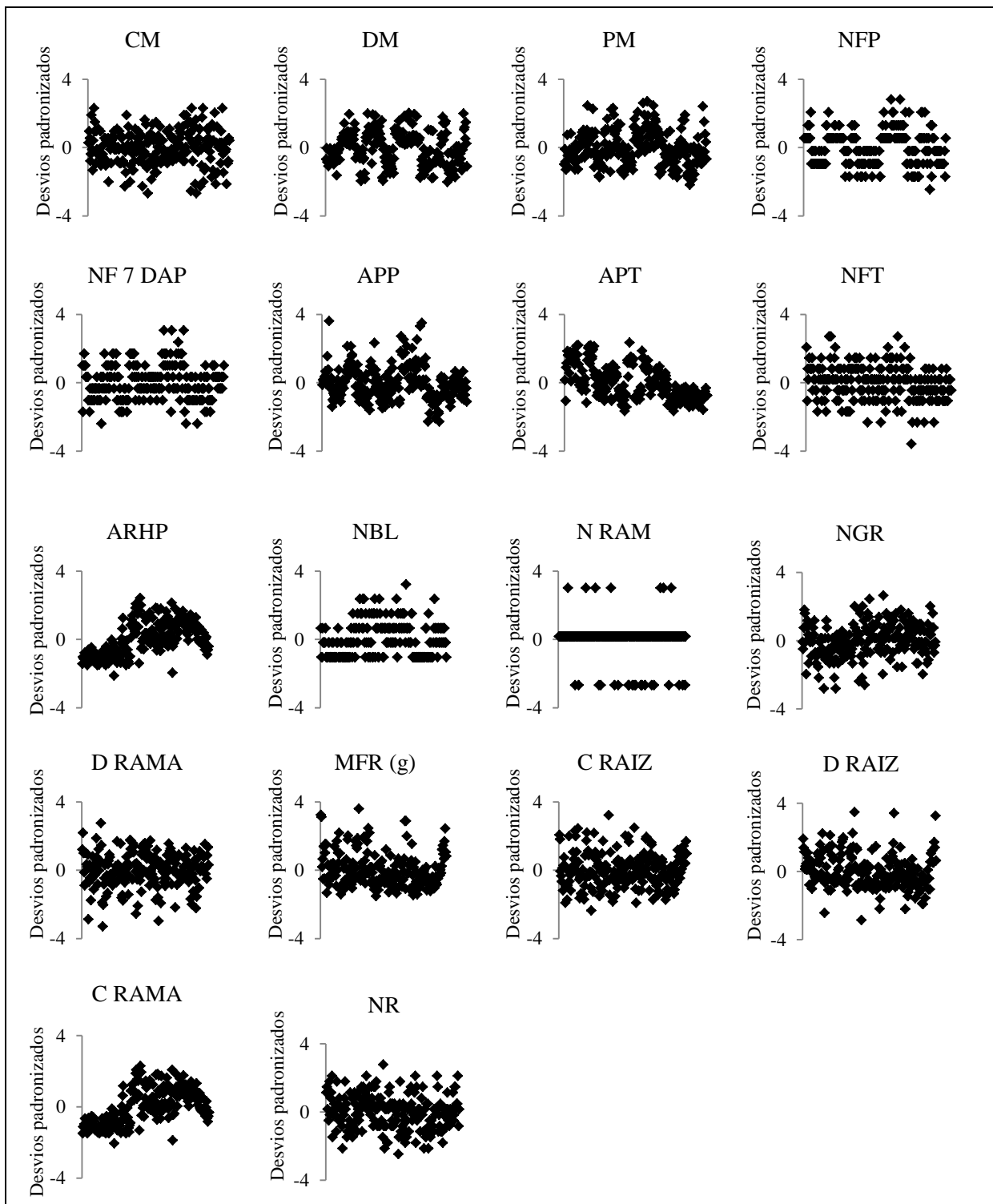
APÊNDICE D – Fontes de variação (FV) do bifatorial em faixas, quadrados médios (QM), coeficiente de variação (CV) da análise de variância para os caracteres: massa fresca de raízes por planta (MFR (planta)), massa fresca de raízes por hectare (MFR (kg ha⁻¹)), comprimento de raiz (CRAIZ), diâmetro de raiz (DRAIZ) e número de raízes por planta (NR) de plantas de mandioca (CAPÍTULO 3).

| FV | QM | | | | |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|--------|--------|-------------|
| | MFR (planta) ¹ | MFR (Kg ha ⁻¹) | CRAIZ | DRAIZ | NR (planta) |
| Bloco | 70,07* | 1332,19* | 1,07 | 7,80* | 9,15* |
| Época (Ép) | 556,20* | 9998,61* | 43,13* | 86,58* | 38,58* |
| Erro 1 | 13,01 | 225,033 | 3,04 | 1,44 | 1,59 |
| Espaçamento (Es) | 143,19 | 1457,58 | 17,86 | 9,93 | 7,97* |
| Erro 2 | 50,24 | 807,76 | 4,92 | 4,57 | 2,02 |
| Ép*Es | 8,31 | 148,32 | 3,22 | 1,08 | 1,01 |
| Erro 3 | 5,88 | 100,89 | 1,95 | 1,55 | 1,11 |
| CV Época (%) | 12,22 | 12,02 | 8,26 | 4,20 | 16,61 |
| CV Espaçamento (%) | 24,02 | 22,77 | 10,50 | 7,48 | 18,72 |
| CV Ép*Es (%) | 8,22 | 8,05 | 6,62 | 4,35 | 13,85 |

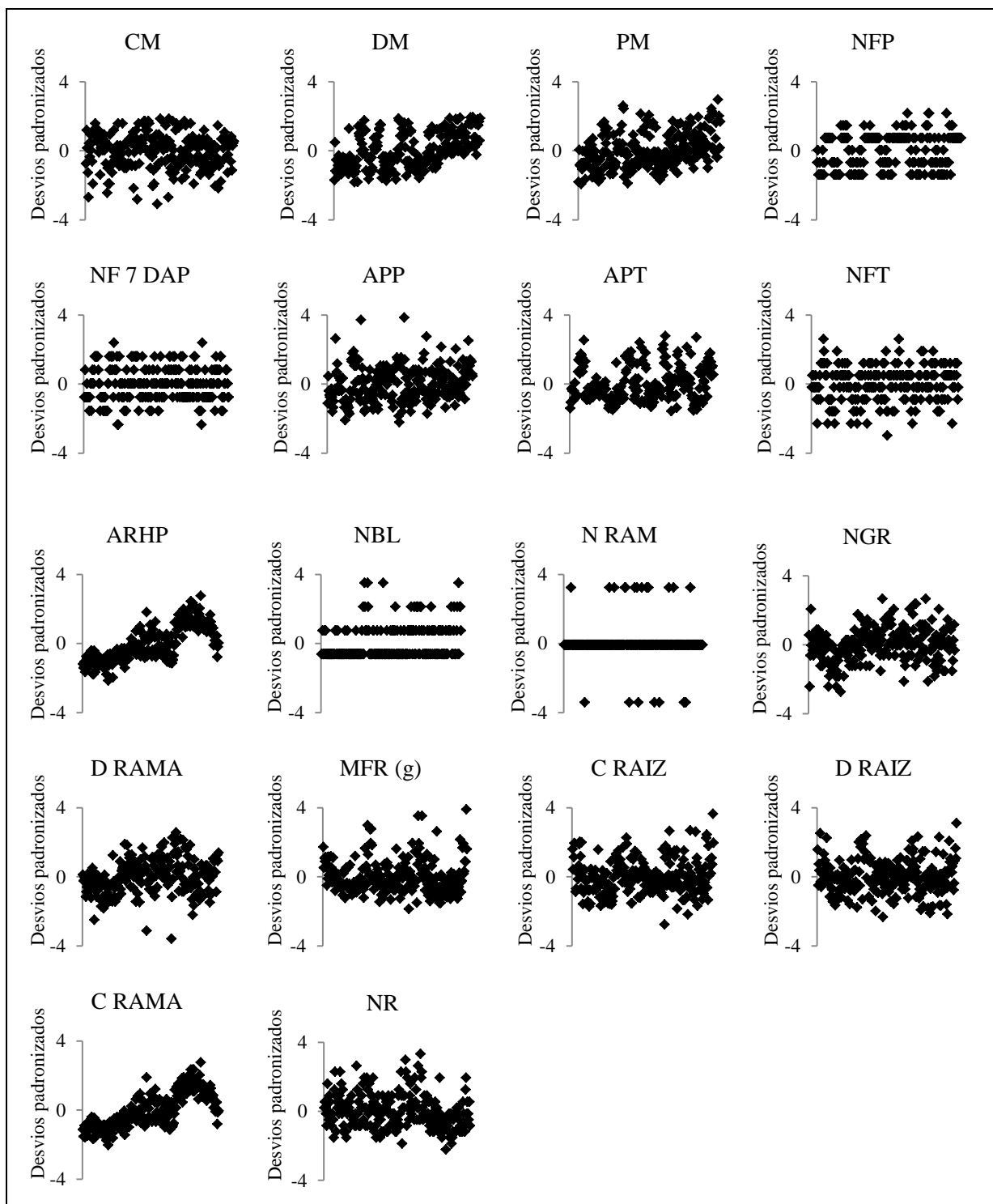
*Significativo pelo teste F em 0,05 de probabilidade.

¹Dados transformados.

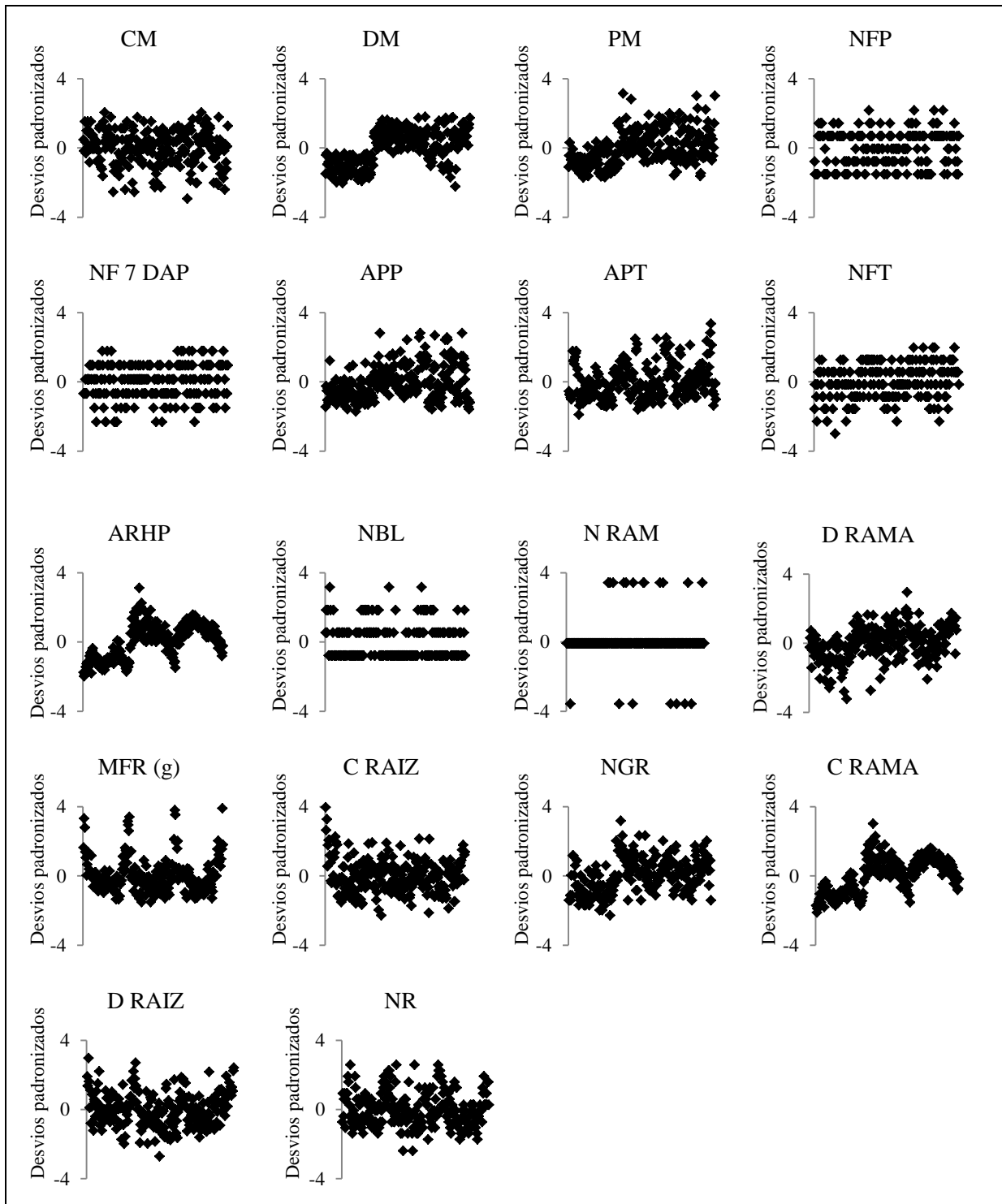
APÊNDICE E – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de julho.



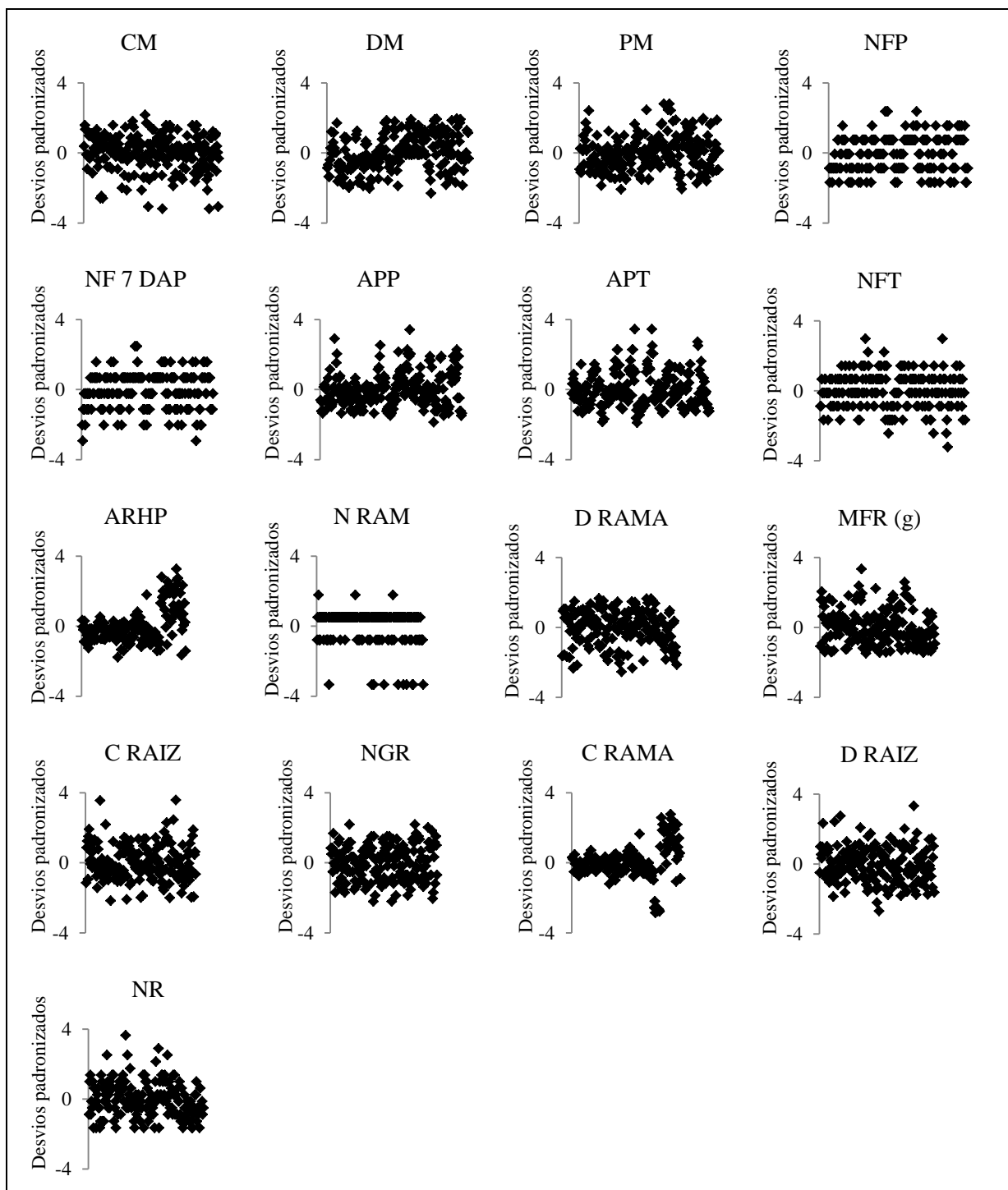
APÊNDICE F – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de agosto.



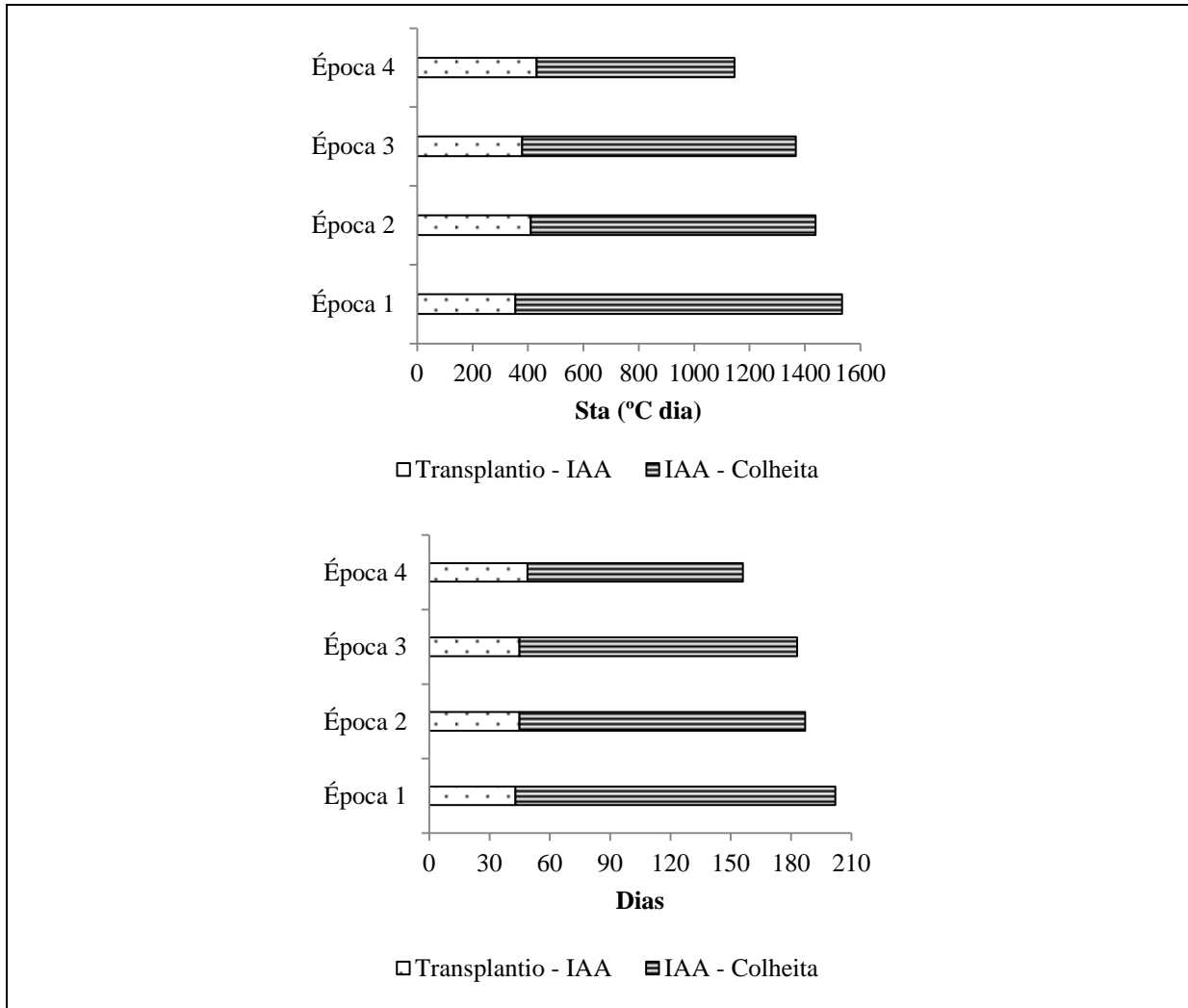
APÊNDICE G – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de setembro.



APÊNDICE H – Diagrama de dispersão para verificação da homocedasticidade dos desvios de caracteres mensurados na época de plantio de manivas de outubro.



APÊNDICE I – Duração das fases do transplântio ao início do acúmulo de amido e do início do acúmulo de amido até a colheita de plantas de mandioca cultivadas em quatro épocas de transplântio.



*Época 1 (9/11), época 2 (24/11), época 3 (3/12) e época 4 (26/12).

APÊNDICE J – Fluxograma simplificado dos experimentos 1, 2 e 3 com a sequência das principais etapas e caracteres mensurados no experimento 1: dias para emergência (DPE), índice de brotação (IB %) e percentual de sobrevivência (S %); no experimento 2: altura de planta no plantio (APP), número de folhas no plantio (NFP), número de folhas 7 dias após o plantio (NF 7 DAP), altura de planta no transplântio (APT), número de folhas no transplântio (NFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), massa seca total (MST) e percentual de sobrevivência no transplântio (ST %) e no experimento 3: avaliação de caracteres de produtividade de ramas e raízes.

