

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA  
SUBMETIDA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E  
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO  
DO CERRADO

Autor: Orlando Costa Pina Filho  
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares  
Co-orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira

RIO VERDE - GO  
Agosto - 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA  
SUBMETIDA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E  
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO EM UM LATOSSOLO VERMELHO  
DO CERRADO

Autor: Orlando Costa Pina Filho

Orientador: Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração em produção vegetal sustentável no cerrado.

RIO VERDE - GO

Agosto de 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

- P645d Pina Filho, Orlando Costa  
Desenvolvimento e produtividade de mandioca submetida a diferentes frequências de irrigação e espaçamentos de plantio em um Latossolo vermelho do cerrado / Orlando Costa Pina Filho; orientador Frederico Antonio Loureiro Soares; co-orientador Marconi Batista Teixeira. -- Rio Verde, 2018.  
81 p.
- Tese (Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2018.
1. Manihot esculenta. 2. Raiz. 3. Latossolo. 4. Irrigação. 5. Gotejamento. I. Loureiro Soares, Frederico Antonio, orient. II. Batista Teixeira, Marconi, co-orient. III. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA  
SUBMETIDA A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE  
IRRIGAÇÃO E ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO EM UM  
LATOSSOLO VERMELHO DO CERRADO**

Autor: Orlando Costa Pina Filho  
Orientador: Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares

TITULAÇÃO: Doutor(a) em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 15 de agosto de 2018.

Prof. Dr. José Weselli de Sá Andrade  
*Avaliador externo*  
IF Goiano – Rio Verde/GO

Prof. Dr. Charles Barbosa Santos  
*Avaliador externo*  
UniRV – Rio Verde/GO

Dr. Wilker Alves Morais  
*Avaliador interno*  
IF Goiano – Rio Verde/GO

Dr. Edson Cabral da Silva  
*Avaliador interno*  
IF Goiano – Rio Verde/GO

Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares  
*Presidente da banca*  
IF Goiano – Rio Verde/GO

## DEDICO

A Deus pela vida.

Aos meus pais, Orlando Costa Pina e Antônia dos Santos Ferreira (*in memoriam*), pelos ensinamentos e educação a mim concedidos. Aos meus irmãos que apesar de distantes estão sempre presentes.

## OFEREÇO

À minha esposa, Marilene dos Santos Pina; e às minhas filhas, Layssa dos Santos Pina e Kamyli dos Santos Pina, pelo apoio e estímulo nas horas difíceis.

A todos os professores e amigos do IF Goiano Campus Rio Verde, pela amizade e incentivos prestados.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Doutor Frederico Antônio Loureiro Soares pela orientação e conclusão deste trabalho, pelos ensinamentos, paciência, confiança, estímulo e amizade. Pela dedicação a minha formação e acima de tudo pela compreensão e presteza em atender as minhas solicitações. Obrigado pela confiança, pela paciência, por ter acreditado e apostado em mim ao longo dessa jornada.

Ao meu amigo e coorientador professor Doutor Marconi Batista Teixeira, agradeço pelos atos de presteza e companheirismo, pelos ensinamentos, por ser uma pessoa simples, um conselheiro apoiando e incentivando a minha formação, muito obrigado.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do IF Goiano - Campus Rio Verde, pelos ensinamentos, contribuições e auxílio para a realização deste trabalho, em especial a pessoa da Vanilda, secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, por seus conselhos, apoio e gentileza ao longo de toda minha jornada da pós-graduação, desde o início no mestrado até a conclusão do doutorado.

A todos os funcionários do Departamento de Extensão do IF Goiano - Campus Rio Verde, Prof. José Weselli de Sá Andrade, Prof. João Cleber Modernal, Telma Fablo, Ionália, Rubens e João pela amizade. Aos colegas do Laboratório de Irrigação e Hidráulica, pelo compartilhamento de experiências e aprendizagem durante a trajetória dos trabalhos acadêmicos.

A todos os alunos que concluíram o curso técnico em agropecuária, modalidade de pedagogia da alternância, do IF Goiano Campus Rio Verde especialmente a Júlio Cesar, Rosinaldo, Antônio, Leandro, Erick Souza e Luciana pelo apoio durante os trabalhos de campo e por proporcionar importante experiências de ensino. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde pela oportunidade de aperfeiçoamento.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Orlando Costa Pina Filho nasceu em Itaberaba Bahia, no dia 15 de novembro de 1974, filho de Orlando Costa Pina e Antônia dos Santos Ferreira, residiu até a adolescência na cidade de Nova Redenção - BA, onde concluiu o ensino médio em Magistério no Colégio Educandário Rômulo Galvão. Graduiu-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa, em 2002. Em 2013, concluiu o mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia, no IF Goiano - Campus Rio Verde, em agosto de 2014 iniciou no curso de doutorado em Ciências Agrárias também no IF Goiano - Campus Rio Verde, concluindo em 2018. Entre os anos de 2004 até 2008, trabalhou no controle de qualidade e comércio de sementes no município de Rio Verde, GO. Em 2009, iniciou como extensionista na Secretaria de Agricultura do Estado de Goiás -SEAGRO, atuando no município de Rio Verde, GO. Em 2011 foi assessor técnico na Secretaria de Agricultura Pecuária e Abastecimento do município de Rio Verde, GO, atuando na assistência técnica e extensão rural em olericultura. Em 2015 e 2016, participou da coordenação do projeto de extensão “Curso técnico em agropecuária, modalidade pedagogia da alternância” no IF Goiano - Campus Rio Verde. Atuou como professor e coordenador do curso de bacharelado em agronomia na Faculdade Quirinópolis - FAQUI no ano de 2017.

## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES .....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT .....	xv
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
2.1. Geral .....	6
2.2. Específicos .....	6
Referências bibliográficas .....	7
<b>3. CAPÍTULO I – DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MANDIOCA DE MESA IRRIGADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO</b> .....	<b>9</b>
3.1 Introdução .....	11
3.2 Material e métodos .....	12
3.3 Resultados e discussão .....	16
3.4 Conclusão .....	30
3.5. Agradecimentos.....	31
3.6. Referências bibliográficas .....	31
<b>4. CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA CULTIVADA SOB DIVERSAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO EM UM LATOSSOLO VERMELHO NO CERRADO GOIANO</b>	<b>35</b>
4.1 Introdução .....	37
4.2 Material e métodos .....	38
4.3 Resultados e discussão .....	43
4.4 Conclusão .....	61
4.5. Agradecimentos.....	62

4.6. Referências bibliográficas .....	62
<b>5. CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Páginas
<b>CAPÍTULO I - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MANDIOCA DE MESA IRRIGADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO</b>	
<b>Tabela 1.</b> Resultado da análise química e física da amostra do solo da área experimental coletada na faixa de 0 a 20 cm de profundidade. IF Goiano Campus Rio Verde – GO, 2016.....	13
<b>Tabela 2.</b> Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de raiz (NR), diâmetro de raiz (DR) e comprimento de raiz (CR) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio (DAP), cultivada sob dois tipos de espaçamentos e irrigadas com diferentes frequências, Rio Verde – GO, 2016.....	17
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhadas (MSF), massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e irrigadas com diferentes frequências, Rio Verde – GO, 2016.....	18
<b>Tabela 4.</b> Média de massa seca de caule (MSC) da mandioca de mesa, cultivada em diferentes espaçamentos de plantio aos 180 dias, Rio Verde – GO, 2016.....	19
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância para a massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), produção de massa fresca de raiz (PMFR) e produção de massa seca de raiz (PMSR) da mandioca de mesa aos 180 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e irrigadas com diferentes frequências, Rio Verde – GO, 2016.....	24
<b>CAPÍTULO II - DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA CULTIVADA SOB DIVERSAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO EM UM LATOSSOLO VERMELHO NO CERRADO GOIANO</b>	

<b>Tabela 1.</b> Resultado da análise química e física da amostra do solo da área experimental coletada na faixa de 0 a 20 cm de profundidade. IF Goiano Campus Rio Verde – GO, 2016.....	39
<b>Tabela 2.</b> Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de raiz (NR), diâmetro de raiz (DR) e comprimento de raiz (CR) de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio (DAP), cultivada sob dois tipos de espaçamentos e com diferentes frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	43
<b>Tabela 3:</b> Média do desenvolvimento do DR de mandioca de mesa, cultivadas com irrigação e com espaçamento em fileiras simples e duplas aos 240 dias, Rio Verde – GO, 2016.....	44
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância para massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhadas (MSF), massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e com diferentes frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	45
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância para a massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), produção de massa fresca de raiz (PMFR) e produção de massa seca de raiz (PMSR) de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e com diferentes frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Páginas

### **CAPÍTULO I - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MANDIOCA DE MESA IRRIGADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO**

- Figura 1.** Médias mensais da precipitação pluvial (P), umidade relativa (UR) e temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) no ano de 2016, Rio Verde – GO. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Estação Meteorológica Automática (A025), Unirv Rio Verde – GO..... 13
- Figura 2.** Produtividade de massa fresca de folhas (A) e massa seca de folhas (B) em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Produtividade de massa fresca de folhas (C) e massa seca de folhas (D) em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016..... 20
- Figura 3.** Altura de planta (A), Diâmetro do caule (B), Massa fresca de folha (C), Massa seca de folha (D), Massa fresca de caule (E) e Massa seca de caule (F). de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio, cultivada com e sem irrigação em espaçamentos simples e duplos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Rio Verde – GO, 2016..... 22
- Figura 4.** Massa fresca de raiz (A), produtividade de massa fresca de raiz (B) em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Massa fresca de raiz (C), produtividade de massa fresca de raiz (D) em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016..... 26
- Figura 5.** Massa fresca de raiz (A), massa seca de raiz (B), produção de massa fresca de raiz (C) e produção de massa seca de raiz (D) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio, com e sem irrigação em espaçamentos simples e duplos, Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade, Rio Verde – GO, 2016..... 29
- ### **CAPÍTULO II - DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA CULTIVADA SOB DIVERSAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO EM UM LATOSSOLO VERMELHO NO CERRADO GOIANO**

<b>Figura 1.</b> Médias mensais da precipitação pluvial (P), umidade relativa (UR) e temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) no ano de 2016, Rio Verde – GO. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Estação Meteorológica Automática (A025), Unirv Rio Verde – GO.....	39
<b>Figura 2.</b> Representação gráfica do arranjo experimental. Frequências de irrigação: 4 dias (4d), 8 dias (8d), 12 dias (12d), 16 dias (16d). Espaçamento simples (ES), Espaçamento duplo (ED).....	40
<b>Figura 3.</b> Diâmetro de caule (A) e comprimento de raiz (B) de mandioca em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Diâmetro de caule (C) e comprimento de raiz (D) de mandioca em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	47
<b>Figura 4.</b> Número de raiz de mandioca, em função da frequência de irrigação (A), e em relação aos espaçamentos de plantio com e sem irrigação (B) aos 240 dias após plantio, Rio Verde – GO, 2016.....	49
<b>Figura 5.</b> Massa fresca de folha (A), Massa seca de folha (B) de mandioca, em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Massa fresca de folha (C), Massa seca de folha (D) de mandioca em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	50
<b>Figura 6.</b> Massa fresca de caule (A), Massa seca de caule (B) de mandioca, em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Massa fresca de caule (C), Massa seca de caule (D) de mandioca em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	52
<b>Figura 7.</b> Altura de planta (A), Diâmetro do caule (B), Diâmetro de raiz (C), Comprimento de raiz (D), Massa fresca de folha (E) e Massa seca de folha (F), de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio, cultivada com e sem irrigação em espaçamentos simples e duplos, Rio Verde – GO, 2016.....	54
<b>Figura 8.</b> Produção de massa fresca de raiz (A), produtividade de massa fresca de raiz (B) de mandioca em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Produção de massa fresca de raiz (C) e produtividade de massa fresca de raiz (D) em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.....	57
<b>Figura 9.</b> Produção de massa fresca de caule (A), Produção de massa seca de caule (B), Produção de massa fresca de raiz (C), Produção de massa seca de raiz (D), Produtividade de massa fresca de raiz (E) e Produtividade de massa seca de raiz (F), de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio, cultivada com e sem irrigação em espaçamentos com fileiras simples e duplas, Rio Verde – GO, 2016.	59

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<b>Símbolo / Sigla</b>	<b>Significado</b>	<b>Unidade</b>
AP	Altura de plantas	m
Ca <sup>+2</sup>	Cálcio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
CTC	Capacidade de troca catiônica	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
C	Carbono	
cm	Centímetro	
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico	
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado	
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Centimol por quilograma	
CV	Coefficiente de variação	%
CR	Comprimento de raiz	cm
DC	Diâmetro de caule	mm
DR	Diâmetro de raiz	mm
DAP	Dias após plantio	
ED	Espaçamento duplos	
EDI	Espaçamento em fileiras duplas irrigado	
ESI	Espaçamento em fileiras simples irrigado	
ES	Espaçamento simples	
g	Gramas	
ha	Hectare	
Mg	Magnésio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
MFC	Massa fresca de caule	kg
MFF	Massa fresca de folha	kg
MFR	Massa fresca de raiz	kg
MSC	Massa seca de caule	kg
MSF	Massa seca de folha	kg
MSR	Massa seca de raiz	kg
PMFR	Produtividade de massa fresca de raiz	t ha <sup>-1</sup>
PMSR	Produtividade de massa seca de raiz	t ha <sup>-1</sup>
MO	Matéria Orgânica	g dm <sup>-3</sup>
m	Metro	
m <sup>3</sup>	Metro cúbico	
m <sup>2</sup>	Metro quadrado	
mm	Milímetro	
NR	Número de raízes	
%	Porcentagem	
K	Potássio	mg dm <sup>-3</sup>
pH	Potencial de hidrogênio	
kpa	Quilo pascal	
kg	Quilograma	
RH	Reposição hídrica	mm
**	Significativo pelo teste de Tukey a 1%	

<b>Símbolo / Sigla</b>	<b>Significado</b>	<b>Unidade</b>
*	Significativo pelo teste de Tukey a 5%	
Na	Sódio	mg dm <sup>-3</sup>
SB	Soma de base	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
T <sub>2</sub>	Testemunha – Sem irrigação fileiras duplas	
T <sub>1</sub>	Testemunha – Sem irrigação fileiras simples	
t	Tonelada	

## RESUMO

PINA FILHO, ORLANDO COSTA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2018. **Desenvolvimento e produtividade de mandioca submetida a diferentes frequências de irrigação e espaçamentos de plantio em um Latossolo vermelho do cerrado.** Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares Orientador; Dr. Marconi Batista Teixeira Co-orientador

A região dos Cerrados é de fundamental importância para a agricultura. No Brasil a mandioca apresenta relevante importância socioeconômica, gera emprego e renda a milhares de agricultores, e é considerada uma cultura de segurança alimentar, devido à capacidade de tolerar ambientes hostis. Assim objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes frequências de irrigação, com diferentes espaçamentos de plantio, no desenvolvimento e produtividade da mandioca de mesa irrigada, via gotejamento superficial na região de cerrado, em duas épocas de colheita. O estudo compreendeu dois experimentos plantados na mesma época, o experimento I foi conduzido e colhido com 180 dias após plantio (DAP), e o experimento II foi colhido aos 240 DAP. Os experimentos foram conduzidos em campo no setor de irrigação e drenagem do IF Goiano - Campus Rio Verde, em um Latossolo Vermelho distroférrico. Foi utilizado a cultivar Castelinho, do grupo das mandiocas mansas, em um delineamento experimental de blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os fatores avaliados nas parcelas constituíram de quatro frequências de irrigação, aplicadas a cada 4, 8, 12 e 16 dias, nas subparcelas dois arranjos de plantios espaçamento simples (ES) e espaçamento duplos (ED). Cada subparcela teve quatro linhas com 4 m, e seis plantas por linha, espaçadas em 1,0 x 0,6 m para fileiras simples, e 2,0 x 0,6 x 0,6 m para fileiras duplas, distribuídas no formato triangular. A irrigação utilizada foi via gotejamento superficial constituída por tubos gotejadores espaçados a cada 0,2 m. Foram analisadas as seguintes variáveis: altura de planta, diâmetro do caule, número de raízes,

diâmetro médio de raízes, comprimento médio de raízes, matéria fresca e seca de folhas, matéria fresca e seca de caules, matéria fresca e seca de raiz e produtividade em matéria fresca e matéria seca. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ), com análise de regressão para frequência de irrigação, e comparação de média pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para espaçamento de plantio. Plantas cultivadas até o 6º mês em ES e irrigadas a cada 4 dias, apresentaram maiores produtividades comparadas a plantas conduzidas em ED. Quando a colheita foi realizada no oitavo mês, as maiores produtividades foram observadas em plantas conduzidas com ED e irrigadas a cada 16 dias.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*, época de colheita, gotejamento, latossolo.

## ABSTRACT

PINA FILHO, ORLANDO COSTA. Goiano Federal Institute - Rio Verde Campus - GO, August 2018. **Development and productivity of cassava subjected to different irrigation frequencies and planting spacings in a red latosol of the Cerrado.** Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares advisor; Dr. Marconi Batista Teixeira Co-advisor.

The Cerrado region is of the fundamental importance for agriculture. In Brazil cassava has significant socioeconomic importance, as it generates employment and income to thousands of farmers, and is considered a culture of food security, due to the ability to tolerate hostile environments. The objective of this study was to evaluate the effect of different irrigation frequencies, with different planting spacings, in the development and productivity of the irrigated table cassava, by surface dripping in the Cerrado region, at two times of Harvest. The study comprised two experiments planted at the same time, and the experiment I was conducted and harvested with 180 days after planting (DAP), while the experiment II was harvested at 240 DAP. The experiments were carried out in the field in the irrigation and drainage sector of the IF Goiano Campus Rio Verde, Goiás state, Brazil, in an Oxisol (Rhodic Hapludox). It was used the Castelinho cultivate, from the group of Cassavas, with experimental design of random blocks, analyzed in the scheme of subdivided plots with four replications. The factors evaluated in the plots consisted of four irrigation frequencies, applied every 4, 8, 12 and 16 days, in the subplots two arrangements of planting spacing simple (ES) and double spacing (ED). Each subplot had four lines with 4 m, and six plants per line, spaced at 1.0 x 0.6 m for single rows, and 2.0 x 0.6 x 0.6 m for double rows, distributed in triangular form. The irrigation used was a superficial drip consisting of spaced drip tubes at every 0.2 m. The following variables were analyzed: plant height, stem diameter, number of roots, medium diameter of roots, medium length of roots, Fresh and dry matter of leaves, fresh and dry matter of stems, fresh and dry matter of root and productivity in fresh matter and dry matter. The results

were submitted to variance analysis by the F test ( $p < 0,05$ ), regression analysis for irrigation frequency, and average comparison by the Tukey test ( $p < 0,05$ ) for planting spacing. Plants cultivated until the six month in ES and irrigated every 4 days, showed higher productivity than when conducted in ED. However, higher productivity was observed in plants conducted with ED and irrigated every 16 days when the harvest was held at eight months old.

**Key words:** *Manihot esculenta*, drip, harvest season, latosol.

## 1. INTRODUÇÃO

A região dos Cerrados ocupa aproximadamente 204 milhões de hectares, apresenta característica de savanas de fundamental importância para a agricultura brasileira. Esta região possui solos com baixa fertilidade natural e período definido de chuvas com ocorrência de veranicos, porém com grande potencial para produção de alimentos quando corrigidos, sendo a mandioca (*Manihot esculenta*) indicada para a região por apresentar elevado potencial de produção com baixo risco, e pouca exigência em fertilizante (Souza & Fialho, 2003). Apesar do grande potencial de produção, estima-se que apenas 6% da produção de mandioca a nível nacional está localizada na região do Cerrado brasileiro, que apresenta rendimento médio de 16,26 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017).

A mandioca é considerada uma cultura de segurança alimentar, pela capacidade de tolerar ambientes hostis. É comumente cultivada em áreas marginais com solos pobres, sem manejo, sem tratamentos culturais, demanda precipitação anual de 800 mm e estações seca que pode variar entre 4 e 6 meses, como nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro (Alves et al., 2012). Porém, é considerada uma cultura de grande importância, visto que é utilizada na dieta alimentar de quase um bilhão de habitantes no mundo, principalmente a maioria das classes sociais de baixa renda (Fialho & Vieira, 2013).

Devido à sua capacidade de tolerar condições adversas de clima, solo, nutrição e água, a mandioca é a terceira cultura mais importante nos trópicos, depois do arroz e do milho. Milhões de pessoas dependem do cultivo da mandioca nos países da África, Ásia e América Latina, pois constitui em um dos principais alimentos energéticos e importante fonte de calorias para milhões de pessoas (Fasinmirin & Reichert, 2011; Fialho & Vieira, 2013; FAO, 2014).

No Brasil, a mandioca apresenta relevante importância socioeconômica, pois proporciona geração de emprego e renda aos pequenos agricultores em pequenas agroindústrias de farinha e fécula em diversas regiões, principalmente no Norte, Nordeste e Centro Oeste (Silva et al., 2012). Estima-se que em toda a fase de produção do plantio

ao processamento de farinha e fécula, são gerados aproximadamente 10 milhões de empregos diretos e indiretos, que gera receita bruta equivalente a R\$ 7,0 bilhões anuais. (Fialho & Vieira, 2013).

A mandioca pode ser cultivada entre 30° de latitudes Norte e Sul, embora sua concentração de plantio esteja entre as latitudes 15° N e 15° S. Aguenta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 m, embora regiões baixas ou com altitude entre 600 e 800 m são as mais favoráveis. A temperatura ótima para o seu desenvolvimento encontra-se entre 20 a 27° C. A disponibilidade de luz ideal está em torno de 12 horas, dias mais longos favorecem o crescimento de parte aérea e reduzem o desenvolvimento das raízes de reserva, enquanto os dias mais curtos promovem o crescimento das raízes de reserva e reduzem o desenvolvimento dos ramos. A cultura prefere solos profundos e friáveis, com textura média, por possibilitar o fácil crescimento das raízes e facilitar o processo de colheita. A faixa favorável de pH está entre 5,0 a 6,5, sendo 6,0 o ideal (EMBRAPA, 2003).

Durante os meses úmidos e quentes, a mandioca vegeta abundantemente. A queda das folhas é um fenômeno natural e normal da espécie, pois à medida que a planta cresce as folhas vão caindo aos poucos e sempre no sentido da base para o ápice. Nos meses mais frios e secos diminui a taxa de emissão de folhas, e as mais velhas continuam caindo, até a planta ficar desfolhada. Essa perda de folhas pode ser total, caracterizando o chamado “período de repouso fisiológico”, que constitui a época mais favorável para a colheita em virtude da maior concentração de amido nas raízes tuberosas (Lorenzi et al., 2002).

A mandioca é uma planta dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae, e uma das características comuns desta família é a produção de uma secreção leitosa, assim que a planta é ferida (Ceballos & Cruz, 2002). O gênero *Manihot* apresenta 98 espécies documentadas, destas apenas a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada, pois representa um alimento básico na dieta humana em várias regiões (Alves et al., 2012). Tem como característica porte arbustivo que varia de um até cinco metros de altura, é perene, suas raízes são do tipo tubérculo e de acordo com a idade de colheita pode atingir até 2,5 m de comprimento, 15 cm de diâmetro e chegar a pesar 40 quilos. A média para cada planta de mandioca está entre 3 e 6 quilos (Ceballos & Cruz, 2002; Lorenzi et al., 2002).

As folhas da mandioca são caducas, simples, lobulares, cor purpúrea a verde escuro, são pecioladas, tripartidas ou até heptapartidas, com contorno linear-lanceolado.

Possui caule subarborescente, ereto ou ramificado em quatro hastes e indiviso, com gemas que permitem a propagação assexuada. Possui flores agrupadas em inflorescências do tipo panícula, é uma espécie monoica, com antese. Os frutos são do tipo cápsula, globosos com três sementes por cápsula e quando cultivada a partir de sementes, a formação de raízes tuberosas ocorre de forma diferenciada com baixa possibilidade de colheita (Nassar, 2000).

Nos últimos 49 anos, a produtividade mundial de mandioca passou de 7,4 t ha<sup>-1</sup> para 12,4 t ha<sup>-1</sup>, isto revela um crescimento médio anual de 10%, porém existe potencial para alcançar 30 t ha<sup>-1</sup> em sequeiro. A mandioca constitui em uma das principais explorações agrícolas mundial, com produção estimada acima de 230 milhões de toneladas. Dentre os continentes, a África é o maior produtor mundial com 52,82%, em seguida vem a Ásia com 32,64%, as Américas com 14,44% e a Oceania com 0,09% (FAO, 2014). O Brasil ocupa a terceira posição em relação à produção mundial com 20.603.530 t, cultivados em 1.407.345 hectares e rendimento médio de 14,64 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017).

A mandioca pode ser cultivada em quase todas as regiões brasileiras, porém a produção se concentra em três estados: Pará, Paraná e Bahia que juntos detém 45,43% do total da produção brasileira com 9,35 milhões de toneladas. Na região dos cerrados a produção no ano de 2017 foi de 1,188 milhões de toneladas, cultivados em 73,07 mil hectares com rendimento médio de 16,26 t ha<sup>-1</sup>, e equivale a 6% da produção nacional. No estado de Goiás a produção foi estimada em 200,36 mil toneladas, cultivados em 19,74 mil hectares com rendimento médio de 10,14 t ha<sup>-1</sup>, com participação de 0,97% na produção nacional (IBGE, 2017).

O maior problema a ser enfrentado neste século pelo homem é o uso eficiente da água nos setores produtivos (Sophocleous, 2004). A agricultura irrigada é considerada o setor produtivo que mais demanda água, e tem sofrido pressão intensa para garantir a produção de alimentos com eficiência no uso da água (Howell, 2001). No Brasil, para cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete hectares em retorno econômico. Devido à capacidade de aplicar água com precisão, a irrigação via gotejamento criou interesse em produtores nas várias regiões irrigáveis do planeta, possibilitando o aumento da produtividade e melhora na qualidade do produto, com eficiência acima de 90%, além do menor gasto de água, de energia e de mão-de-obra (Coelho & Silva, 2013).

No cultivo de mandioca, mudanças climáticas como o aumento na irregularidade das chuvas, os veranicos com maior frequência nos meses seguintes ao plantio, proporciona redução na produtividade de raízes ao longo do ciclo (Lopes et al., 2010). O período crítico para o déficit hídrico em mandioca encontra-se entre o 1º e o 5º mês após plantio em decorrência do processo de formação de raízes e início do processo de tuberização. Condições de seca durante esse período levam a redução de 32% a 60% na produção de raízes tuberosas.

Os métodos tradicionais de irrigação utilizados no cultivo da mandioca empregam a aspersão convencional como o canhão auto propellido, aspersores convencionais e pivô central. Grandes volumes de água são utilizados através destes métodos, eles causam escorrimento superficial, reduz a eficiência no uso da água e gera desperdício (Coelho & Silva, 2013).

Resultados experimentais indicam que a cultura da mandioca não responde adequadamente a irrigação com alta frequência. Tensões de água no solo entre 60 a 600 Kpa, medida a 15 cm de profundidade são adequadas ao desenvolvimento da cultura. A possibilidade de aumentar a produção de mandioca por unidade de área, cultivada com irrigação suplementar, é pouco explorada. No entanto, para fins de aplicação precisa de água, é essencial entender totalmente a resposta da mandioca às deficiências hídricas, bem como definir o uso da água e sua regulação sob diferentes condições de campo, uma vez que a maioria dos estudos sobre a resposta da mandioca ao déficit hídrico foram conduzidos sob ambiente controlado (Odubanjo et al., 2011).

Na cultura da mandioca, o plantio pode ser realizado com plantas dispostas em fileiras simples e em fileiras duplas. Os espaçamentos recomendados e mais utilizados na região dos Cerrados são de 1,0 m a 1,20 m entre linhas e 0,60 m a 1,0 m entre plantas. Já nos sistemas de fileiras duplas, os espaçamentos são de 2,00 m a 3,00 m entre fileiras duplas, 0,60 m a 0,80 m entre fileiras simples e de 0,60 m a 0,80 m entre as plantas dentro da fileira. O mais recomendado é de 2,00 m x 0,60 m x 0,60 m e com linhas divergentes, ou seja, com as plantas em triangulação (Fialho & Vieira, 2013).

A maior parte dos trabalhos encontrados na literatura relaciona o efeito do espaçamento apenas com a produção de raízes tuberosas em mandioca (Aguiar et al., 2011). Assim sendo, há carência na literatura de trabalhos que esclareçam qual o efeito de diferentes espaçamentos que são condicionantes no crescimento, desenvolvimento e produtividade de raízes de mandioca (Streck et al., 2014). O comportamento dos espaçamentos entre linhas e entre plantas na mesma linha foram avaliados por Rojas et

al. (2007), que não obtiveram efeito significativo na produtividade de raiz, eles sugerem que o número de plantas por unidade de área é mais importante do que sua distribuição em campo.

Mudanças na densidade de plantio geralmente proporcionam alterações no rendimento da raiz, porém a cultura não apresenta diferença na produção em relação aos arranjos. Em baixa densidade de plantio ocorre excedentes de fatores de produção como água, nutrientes e luz favorecendo o aumento da produção de raízes, caules e folhas. À medida que a densidade aumenta, ocorre competição por estes fatores, leva a queda na produção (Silva et al., 2013).

Para Zada & Becalli (1982), em populações mais adensadas, há maior aproveitamento de fotoassimilados, pois estes começam a se translocar mais rapidamente das folhas para as raízes ao longo do crescimento da planta. A competição entre raízes ocorre com mais intensidade em condições de poucos recursos. Ela pode afetar a disponibilidade de um determinado recurso para as plantas, seja pelo esgotamento desse recurso ou por mecanismos que inibem o acesso de outras raízes ao recurso (Pugnaire & Luque, 2001; Schenk, 2006).

De acordo com Cahill (2002), deve existir interações entre a parte aérea e o sistema radicular das plantas na competição por luz, água, nutrientes e espaço. Estas interações podem influenciar o crescimento dos vários órgãos da planta de forma diferenciada. Por exemplo, na competição por luz o crescimento do caule exige recursos que seriam utilizados para a formação de raízes e folhas (Henry & Aarssen, 1997). Por outro lado, a escassez de umidade causada pela competição entre raízes, pode induzir o fechamento de estômatos, resulta na diminuição da fotossíntese, reduz o crescimento de raízes, caules e folhas (Silva et al., 2004).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Avaliar o efeito de diferentes frequências de irrigação, em conjunto com diferentes espaçamentos de plantio, no desenvolvimento e produtividade da mandioca de mesa irrigada via gotejamento superficial, na região de cerrado em dois períodos de cultivo.

### 2.2. Específicos

- a) Avaliar a relação entre frequência de irrigação e espaçamento de plantio, na produtividade da mandioca de mesa, em duas épocas de colheita (180 e 240 dias);
- b) Mensurar a fitomassa da parte aérea da mandioca como resposta da acumulação de fotoassimilados provenientes do processo fotossintético em decorrência das frequências de irrigação;
- c) Avaliar as frequências de irrigação e os espaçamentos de plantio quanto a produção de fitomassa da parte aérea e da parte radicular da cultura da mandioca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, E.B.; VALLE, T.L.; LORENZI, J.O.; KANTHACK, R.A.D.; MIRANDA FILHO, H.; GRANJA, N.P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, v. 70, p. 561-569, 2011.
- ALVES, A.; SANTOS, A.; MARTINS, M.; CARVALHO, P. C. L.; LEDO, C. D. S. Manutenção, ampliação e utilização da coleção de espécies silvestres de mandioca da Embrapa Mandioca & Fruticultura. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM.
- CAHILL, J. F. Interactions between root and shoot competition vary among species. **Oikos**, v. 99, n. 1, p. 101-112, 2002.
- CEBALLOS, H.; LA CRUZ, G. A. Taxonomía y morfología de la yuca. *In*: OSPINA, I. A.; CEBALLOS, H. **La Yuca en el tercer milenio**. Cali: CIAT, Publicacion 327, 2002. Cap. 2, p. 17-33.
- COELHO, E. F.; DA SILVA, A. J. P. Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013. 26p.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura 2003**. <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/importancia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm)> , Acesso em: 15 fev. 2018.
- FAO: **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014**. Disponível em: < [http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcds/index\\_es.html](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcds/index_es.html)>. Acesso em: 15 mar. 2018.
- FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta Crantz*) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, v. 113, p.1-10, 2011.
- FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado: orientações técnicas**. 2ª ed. rev., ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 203 p.
- HENRY, H. A. L.; AARSSSEN, L. W. On the relationship between shade tolerance and shade avoidance in woodland plants. **Oikos**, v. 80, n. 3, p. 575-582, 1997.
- HOWELL T. A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy journal**, v. 93, n. 2, p. 281-289, 2001.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2017. disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa\\_pesq\\_2017\\_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa_pesq_2017_dez.pdf)> acesso em 05 de fev. de 2018.
- LOPES, A. C.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; Nelson, S. C. J.; Alcebíades R. S. J. Complementação da irrigação e épocas de colheita de mandioca cv. coqueiro no Planalto de Conquista, BA. **Ciência Agrotécnica**. v. 34, n. 3, p. 579-587, 2010.

LORENZI, J. O.; OTSUBO, A. A.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. *In* OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. DE S. (coord.) Aspecto do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul. Dourados/Campo Grande: Embrapa - Agropecuária Oeste/UNIDERP, p.77 – 108, 2002.

NASSAR, N. M. A. Cytogenetics and evolution of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Genetic and Molecular Biology**, U.S.A, v. 23, n. 4, p. 1003-1014, 2000.

ODUBANJO, O. O.; OLUFAYO, A. A.; OGUNTUNDE, P. G. Water Use Growth, and Yield of Drip Irrigated Cassava in a Humid Tropical Environment. **Soil and Water Research**, v. 6, n. 1, p. 10–20, 2011.

PUGNAIRE, F. I.; LUQUE, M. T. Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. **Oikos**, v. 93, n. 1, p. 42-49, 2001.

ROJAS, R.; GUTIÉRREZ, W.; ESPARZA, D.; MEDINA, B.; VILLALOBOS, Y.; MORALES, L. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 24, n. 1, p. 94-112, 2007.

SCHENK, H. J. Root competition: beyond resource depletion. *Journal of Ecology*, v. 94, n. 4, p. 725-739, 2006

SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; FRANÇA, A. C.; FERREIRA, E. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca, **Plantas Daninhas**, v. 1, p. 30 – 34, 2012.

SILVA, A. A.; VARGAS, L.; WERLANG, R. C. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. *In*: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. Tecnologias de produção do milho. Viçosa: UFV, 2004. cap. 8, p. 269-310

SILVA, T. S.; BRAGA, J. D.; SILVEIRA, L. M. D.; SOUSA, R. P. D. Planting density and yield of cassava roots. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 2, p. 317–324, 2013.

SOPHOCLEOUS, M. Climate change: Why should water professionals care? **Groundwater**, v. 42, n. 5, p. 637-637, 2004.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. Cultivo da mandioca para a região do Cerrado. **Embrapa Mandioca e Fruticultura, sistemas de produção**, v. 8, 2003.

STRECK, N. A.; PINHEIRO, D. G.; ZANON, A. J.; GABRIEL, L. F.; ROCHA, T. S. M.; SOUZA, A. T. DE; SILVA, M. R. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 407–415, 2014.

ZADA, M. L.; BECALLI, E. V. Influencia dela densidad de población em El rendimiento y crecimiento de las raíces tuberosas de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. **Centro Agrícola**, v. 9, p. 59-67, 1982.

### 3. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a Revista Brasileira de Ciências Agrárias)

#### DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MANDIOCA DE MESA IRRIGADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO

**Resumo:** Considerada uma cultura de segurança alimentar pela capacidade de tolerar ambientes hostis, a mandioca é utilizada na dieta de quase um bilhão de habitantes. Este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento e a produtividade da mandioca de mesa irrigada em diferentes espaçamentos, aos seis meses após plantio, no cerrado de Goiás. O estudo foi conduzido no IF Goiano Campus Rio Verde em um Latossolo Vermelho distroférico com textura média. Foi utilizada a cultivar Castelinho, do grupo das mandiocas mansas, em delineamento experimental com blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos nas parcelas foram constituídos de quatro frequências de irrigação, aplicadas a cada 4, 8, 12 e 16 dias, os tratamentos nas subparcelas foram dois arranjos de plantios, em espaçamento simples (ES) e espaçamento duplos (ED). Cada subparcela teve quatro linhas com 4 m, e seis plantas por linha, espaçadas em 1,0 x 0,6 m para fileiras simples e 2,0 x 0,6 x 0,6 m para fileiras duplas no formato triangular. A irrigação utilizada foi via gotejamento superficial com tubos gotejadores espaçados a cada 0,2 m. Aos 180 dias após o plantio, foi analisado as variáveis: altura de planta, diâmetro do caule, número de raízes, diâmetro médio de raízes, comprimento médio de raízes, matéria fresca e seca de folhas, matéria fresca e seca de caules, matéria fresca e seca de raiz e produtividade de raiz em matéria fresca e seca. Os resultados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Aos 180 dias após plantio, maior produtividade foi observada em plantas conduzidas com ES e irrigadas a cada 4 dias, apresentando rendimento médio estimado em 28,22 t ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*, gotejamento, latossolo, maniva, raiz tuberosa.

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF CASSAVA TABLE IRRIGATED UNDER DIFFERENT GAPS IN LATOSOL RED CERRADO

**Abstract:** Considered a culture of food security due to the ability to tolerate hostile environments, cassava is used in the diet of almost one billion peoples. This study aimed to assess the development and productivity of the cassava table irrigated in different spacings, at six months after planting, in the cerrado of Goiás. The study was conducted in the IF Goiano Campus Rio Verde Brazil, in a latosol red distroférico with medium texture. It was used the Castelinho cultivate, from the cassava group, in experimental design with random blocks, analyzed in the scheme of subdivided plots, with four replications. The treatments in the parcels were made up of four irrigation frequencies, applied every 4, 8, 12 and 16 days, the treatments in the subplots were two arrangement of planting: single spacing (ES) and double spacing (ED). Each subplot had four lines with 4 m, and six plants per line, spaced at 1.0 x 0.6 m for single rows and 2.0 x 0.6 x 0.6 m for double rows in triangular format. The irrigation used was superficial dripping with drip tubes spaced at every 0.2 m. At 180 days after planting, the variables were analyzed: plant height, stem diameter, number of roots, medium diameter of roots, medium length of roots, fresh and dry matter of leaves, fresh and dry matter of stems, fresh and dry matter of root and root productivity in fresh and dry matter. The results were analyzed by means of analysis of variance and regression. At 180 days after planting, higher productivity was observed in plants conducted with ES and irrigated every 4 days, presenting average yield estimated at 28.22 t ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *Manihot esculenta*, dripping, latosol, mania, tuberous root.

### 3.1. INTRODUÇÃO

De fundamental importância para a agricultura brasileira, o Cerrado ocupa aproximadamente 204 milhões de hectares, apresenta característica de savanas, com solos de baixa fertilidade natural, período definido de chuvas e ocorrência de veranicos, porém com grande potencial para a produção de alimentos, quando corrigidos (EMBRAPA, 2003; Fialho & Vieira, 2013).

A mandioca é utilizada na dieta alimentar de quase um bilhão de habitantes no mundo, principalmente nas classes sociais de baixa renda, é considerada uma cultura de segurança alimentar pela capacidade de tolerar ambientes hostis (Fialho & Vieira, 2013). É comumente cultivada em áreas marginais com solos pobres, sem manejo, sem tratamentos culturais (Alves et al., 2012). No Brasil, a mandioca apresenta relevante importância econômica, proporcionando geração de emprego e renda a pequenos agricultores em pequenas agroindústrias (FAO, 2014; Silva et al., 2012). Estima-se que são gerados aproximadamente 10 milhões de empregos diretos e indiretos (Fialho & Vieira, 2013).

A mandioca é uma planta dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae (Ceballos & Cruz, 2002). O gênero *Manihot* apresenta 98 espécies, destas apenas a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada, sendo considerado um alimento básico na alimentação humana em várias regiões (Alves et al., 2012). Pode ser cultivada entre 30° de latitudes Norte e Sul, em altitudes de 100 a 800 m, e temperatura ótima entre 20 a 27° C. Prefere solos profundos e friáveis, sendo o ideal de textura média. O pH deve estar entre 5,0 a 6,5, sendo 6,0 o ideal (EMBRAPA, 2003).

O plantio da mandioca é realizado com plantas dispostas em fileiras simples e em fileiras duplas. Na região do cerrado, recomenda-se o espaçamento de 1,00 a 1,20 m entre linhas e 0,60 a 1,00 m entre plantas, para fileiras simples. Em fileiras duplas, os espaçamentos são de 2,00 a 3,00 m entre linhas, 0,60 a 0,80 m entre fileiras e de 0,60 a 0,80 m entre plantas dentro da fileira. O mais recomendado é de 2,00 x 0,60 x 0,60 m com as plantas em triangulação (Devides et al., 2009; Fialho & Vieira, 2013).

Mudanças na densidade de plantio geralmente proporcionam alterações no rendimento da raiz, porém a cultura não apresenta diferença na produção em relação aos arranjos. À medida que a densidade aumenta ocorre competição entre plantas o que diminui a produção (Silva et al., 2012). A competição entre raízes ocorre com mais

intensidade em condições de poucos recursos, afeta a disponibilidade de um determinado elemento, seja pelo esgotamento desse ou por mecanismos que inibem o acesso de outras raízes ao elemento (Schenk, 2006; Pugnaire & Luque, 2001).

Existem interações entre a parte aérea e o sistema radicular das plantas na competição por luz, água, nutrientes e espaço. Estas podem influenciar o crescimento dos vários órgãos da planta de forma diferenciada. Por exemplo, na competição por luz o crescimento do caule exige recursos que seriam utilizados para a formação de raízes e folhas. Por outro lado, a escassez de umidade causada pela competição entre raízes, pode induzir o fechamento de estômatos, resultando na diminuição da fotossíntese e reduzindo o crescimento de raízes, caules e folhas (Henry & Aarssen, 1997; Silva et al., 2004).

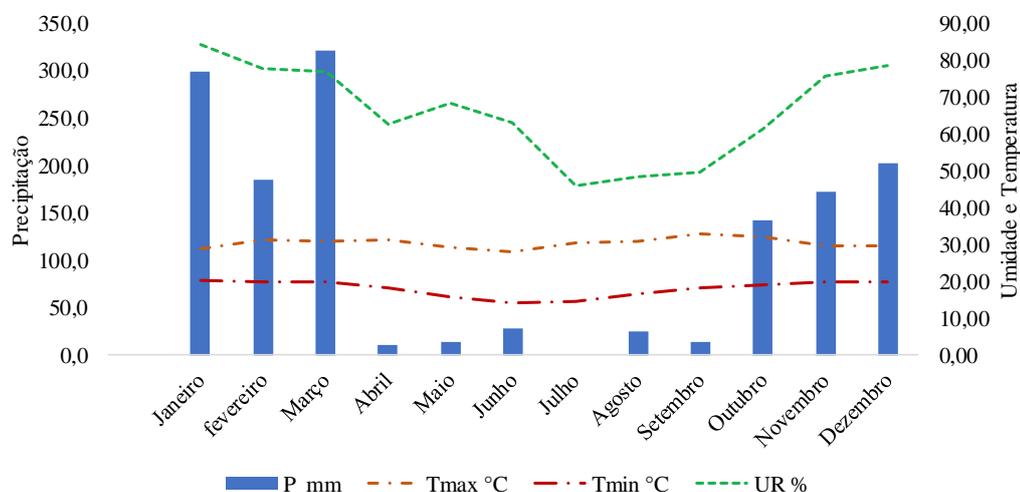
O entendimento da resposta da mandioca a deficiência hídrica é essencial para fins de aplicação precisa de irrigação, bem como definir o uso da água e sua regulação sob diferentes condições de campo (Odubanjo et al., 2011). Grande parte dos estudos com a cultura da mandioca, encontrados na literatura, relacionam o efeito do espaçamento apenas com a produção de raízes tuberosas em plantios de sequeiro (Aguiar et al., 2011). Existe carência de estudos que esclareçam o efeito dos espaçamentos em relação ao crescimento, ao desenvolvimento e a produtividade de raízes quando irrigado (Streck et al., 2014).

Dessa forma, partindo-se da hipótese de que o desenvolvimento e a produtividade da mandioca de mesa podem ser influenciados pelo espaçamento de plantios e pela irrigação, o estudo teve como objetivo avaliar os atributos biométricos e a produtividade da mandioca de mesa irrigada por gotejamento com diferentes frequências, e diferentes espaçamentos aos seis meses após plantio.

### **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em condições de campo, na área experimental do setor de irrigação e drenagem, do Instituto Federal Goiano - Campus de Rio Verde – GO, localizada a 17°48'53''S e 51°54'53''O com altitude média de 805 metros. Segundo a classificação de Köppen & Geiger (1923), o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35° a 37°C, e a mínima de 12° a 15 °C com ocorrências de até 6°C no

inverno. A precipitação média anual varia entre 1.500 e 1.800 mm, porém mal distribuídas ao longo do ano, conforme os dados climáticos dispostos na Figura 1.



**Figura 1** Médias mensais da precipitação pluvial (P), umidade relativa (UR) e temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) no ano de 2016, Rio Verde – GO. **Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Estação Meteorológica Automática (A025), Unirv Rio Verde - GO.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), textura média, fase cerrado (Santos et al., 2013). Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, com auxílio de um trado holandês, para as caracterizações químicas e granulométricas, que foram analisadas conforme metodologia descrita em Claessen, (1997) cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise química e física da amostra do solo da área experimental coletada na faixa de 0 a 20 cm de profundidade. IF Goiano Campus Rio Verde – GO, 2016.

pH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	CTC	SB	K <sup>+</sup>
CaCl <sub>2</sub>	-----			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----		
5,1	2,8	1,1	0,01	4,8	9,1	4,3	0,4
M.O.	Na <sup>+2</sup>	P	V	m	Areia	Silte	Argila
g dm <sup>-3</sup>	-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	%	-----	g kg <sup>-1</sup>	-----
37,6	4,0	12,1	47	0,2	340	100	560

Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes. P (Mel), K, Cu, Fe, Mn e Zn = Melich 1; Ca, Mg, e Al = KCl 1N; M.O = Método colorimétrico

A correção e adubação do solo para o plantio da mandioca não foram realizadas, visto que, conforme as recomendações para mandioca descrita por Fialho & Vieira (2013), os resultados das análises químicas, apresentaram teores de nutrientes em quantidade extremamente suficientes para o bom desenvolvimento da cultura (Tabela 1).

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas ( $4 \times 2 + 2$ ) com quatro repetições, compondo um experimento com 40 unidades amostrais. Os tratamentos foram quatro frequências de irrigação, dois espaçamentos de plantios mais testemunhas. As frequências foram quatro aplicações efetuadas a cada 4, 8, 12 e 16 dias, os espaçamentos foram simples (ES) e duplos (ED) e as testemunhas os ES e ED sem irrigação. Nas subparcelas com ES, o plantio foi realizado em quatro fileiras com 4 m de comprimento, adotando-se o arranjo  $1,0 \times 0,6$  m, com seis plantas em cada linha. Nas subparcelas com ED, o plantio foi realizado em quatro fileiras duplas com 4 m cada, adotando-se o arranjo  $2,0 \times 0,6 \times 0,6$  m, sendo seis plantas distribuídas em cada linha dupla no formato triangular.

O experimento foi conduzido em uma área de  $1.472 \text{ m}^2$  com 960 plantas. Cada parcela teve área de  $48 \text{ m}^2$ , e cada subparcela área de  $24 \text{ m}^2$ . Nas subparcelas foram distribuídas 24 plantas, cuja área útil utilizada para coleta de materiais foi constituída por quatro plantas localizadas nas duas fileiras centrais. As duas fileiras laterais serviram as bordaduras.

O preparo da área de plantio foi efetuado de forma mecanizada, com a limpeza da vegetação utilizando uma roçadeira acoplada ao trator. Após a roçagem/ esperou-se 10 dias para secagem da braquiária e ervas espontânea. Após a secagem da vegetação, realizou-se gradagem pesadas. Em seguida, foi utilizada a grade niveladora em passagens cruzadas para a quebra dos torrões. Assim que o solo ficou preparado, foi realizada a marcação da área utilizando estacas de madeira com 1,00 m de altura e instalação do equipamento de irrigação.

Foi utilizado ramos da cultivar Castelinho, do grupo das mandiocas mansas, sendo obtidas de produtores rurais localizados na região do município de Rio Verde – GO. As ramos foram selecionadas de plantas saudáveis, uniforme e vigorosa, com 10 meses de idade. As ramos foram coletadas dez dias antes do plantio e armazenadas em um local sombreado. As manivas “sementes” foram obtidas efetuando-se corte transversal nas ramos com o auxílio de serra manual, cada maniva teve comprimento de 20 cm e média de 8 gemas (Fialho & Vieira, 2013).

O plantio foi realizado em 26/03/2016, durante sua execução foram abertas covas com dimensões aproximada de 300 cm<sup>2</sup> (20 x 15 cm) e 6 cm de profundidade utilizando-se enxadas. As estacas das manivas foram inseridas nas covas horizontalmente, e cobertas totalmente com solo, seguida de leve compressão. A brotação das manivas teve início dez dias após o plantio, atingindo 70% das plantadas, e no 15º dia chegou a 95%.

Para o controle inicial de ervas daninhas, no segundo dia após o plantio foi efetuado uma aplicação do herbicida Trifluralina + Diuron nas dosagens de 2,5 g e 1,32 g i.a. para cada litro de calda, e uma vazão de 300 L ha<sup>-1</sup>. No decorrer do experimento, foram realizadas mais de cinco capinas manuais na linha de plantio e três nas entrelinhas.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, constituído por tubos gotejadores espaçados a cada 0,2 m, e vazão de 1,7 L h<sup>-1</sup> na pressão de serviço de 10 metros de coluna d'água (mca). Avaliou-se o sistema de irrigação pelo coeficiente de uniformidade absoluta de aplicação, apresentando 90% de acordo com a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1974). O manejo da lâmina de água para irrigação foi determinado pelo método do tanque classe A.

Em consequência da chuva ocorrida após plantio, e aumento da umidade do solo, a primeira irrigação após o plantio das manivas em todas as parcelas foi realizada no oitavo dia, seguida de mais seis aplicações realizadas do 4º ao 24º dia pós brotação, com lâmina de 16 mm cada.

Foi realizada aplicação do acaricida Vertimec (abamectina) para o controle de ácaro (*Mononychellus tanajoa*), na dose de 0,1 ml L<sup>-1</sup>, e Lannate (metomil) para o controle de cochonilha (*Phenacoccus herreni*) na dose de 0,15 ml L<sup>-1</sup>. Também foram realizadas aplicações do fungicida Roval na dosagem 1,5 ml L<sup>-1</sup> da calda, e volume de 500 L ha<sup>-1</sup>. Todas as pulverizações foram realizadas ao entardecer, utilizando um pulverizador costal com bico cônico e capacidade de 20 L.

A coleta de material em campo foi realizada aos 180 dias após o plantio (DAP) das manivas. Na área útil em cada subparcela, foram amostradas duas plantas. Primeiramente foram realizadas as avaliações não destrutivas das variáveis altura de plantas e diâmetro do caule, e em seguida procedeu as avaliações destrutivas para a obtenção das variáveis: massa fresca e seca de folhas, massa fresca e seca de caules, número de raízes, diâmetro médio de raízes, comprimento médio de raízes, massa fresca e seca de raiz e produtividade de raiz em massa fresca e massa seca.

A altura de planta foi medida a partir do nível do solo até a parte mais alta da planta utilizando uma trena graduada presa a uma ripa de madeira com 2 m de altura. O

diâmetro do caule foi medido no momento da colheita a 20 cm do solo com paquímetro digital graduado e expresso em milímetros.

Após proceder a coleta da parte aérea das plantas, efetuou-se a separação de folhas e caules, e em seguida, foi medida separadamente a massa fresca utilizando uma balança digital tipo gancho, marca Soil Control, com capacidade de 50 kg e precisão de 0,02 kg. Após obtenção da massa fresca, folhas e caules foram picotados separadamente, em seguida, uma amostra homogênea foi coletada, pesada, embalada e levada para a estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 65 °C, permanecendo por 60 horas até a obtenção do peso constante, para a determinação da massa seca (Cruz; et al., 2006).

O número de raiz por planta foi obtido efetuando-se a contagem de todas as raízes comerciais contidas na planta no momento da colheita. O diâmetro das raízes foi medido na porção mediana das raízes comerciais, utilizando um paquímetro digital graduado, sendo expresso em milímetros.

A massa fresca e seca das raízes foram obtidas com a pesagem de duas plantas individuais, pré-selecionadas ao acaso na área útil das subparcelas. Após obtenção da massa fresca, as raízes foram picotadas e uma amostra homogênea foi coletada, pesada e levada para a estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 65 °C, permanecendo por 60 horas até obtenção do peso constante.

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), e nos casos de significância, foi realizado análise de regressão para o fator frequência de irrigação e suas interações, e teste de média Tukey ( $p < 0,05$ ) para o fator espaçamento de plantio.

### **3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados apresentados na Tabela 2 não foram significativos quanto a variação dos espaçamentos de plantio e das frequências de irrigação para as variáveis altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC). Resultados não significativos também foram obtidos para a interação entre os espaçamentos de plantio e as frequências de irrigação. A análise de variância mostrou resultados também não significativos para as variáveis diâmetro de raiz (DR), comprimento de raiz (CR) e número de raiz (NR) em relação à variação nas frequências de irrigação, no espaçamento de plantio e em suas interações para a mandioca de mesa, colhida aos 180 dias após plantio (DAP) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de raiz (NR), diâmetro de raiz (DR) e comprimento de raiz (CR) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio (DAP), cultivada sob dois tipos de espaçamentos e irrigadas com diferentes frequências, Rio Verde – GO, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios				
		AP	DC	NR	DR	CR
Espaçamento (E)	1	0,010ns	10,0464ns	0,031ns	1,549ns	32,542ns
Frequência (F)	3	0,014ns	2,4965ns	1,646ns	9,065ns	29,481ns
Interação (E x F)	3	0,004ns	13,7243ns	4,302ns	8,950ns	1,358ns
Bloco	3	0,009	8,3285	4,875	18,652	30,547
Resíduo	21	0,011	6,5808	1,690	6,492	9,804
CV (%)		8,31	10,37	19,63	7,25	10,69
ESI vs T <sub>1</sub>	1	0,097**	0,000031ns	0,078ns	2,026ns	4,032ns
EDI vs T <sub>2</sub>	1	0,092**	29,5731ns	0,378ns	5,126ns	7,806ns

\*\* significativo a 1% de probabilidade, ns – não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ESI - espaçamento em fileiras simples irrigadas. EDI - espaçamento em fileiras duplas irrigadas. T<sub>1</sub> – sem irrigação com espaçamento simples. T<sub>2</sub> – sem irrigação com espaçamento duplo. GL – Graus de Liberdade e CV – Coeficiente de Variação.

A análise dos resultados entre os espaçamentos com fileiras simples e irrigadas (ESI) em relação ao tratamento T<sub>1</sub> (espaçamento em fileiras simples sem irrigação), e do espaçamento em fileiras duplas irrigadas (EDI) em relação ao tratamento T<sub>2</sub> (espaçamento em fileiras duplas sem irrigação), foram significativos para a AP ( $p < 0,01$ ), e não apresentou diferença significativa para o DC, NR, DR e CR ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

O desenvolvimento do sistema radicular da mandioca está diretamente correlacionado com a produção das estruturas aéreas, e mesmo sob déficit hídrico a planta possui mecanismos de controle estomático que minimizam a perda de água dos tecidos vegetativos (EL-Sharkawy, 2007). O aumento no diâmetro é uma das respostas observadas na morfologia da raiz de mandioca à medida que a planta se desenvolve, este fenômeno pode estar relacionado à capacidade da cultura em se adaptar a condições adversas do ambiente em que se encontra inserida (Távora et al., 1994). Albuquerque et al. (2012) observaram que o NR e o DR foram afetados pelo espaçamento de plantio, cujo maior NR e menor DR foram obtidos em plantas conduzidas em fileiras simples, porém não foi observando diferença significativa para o CR.

O resumo da análise de variância apresentou resultados significativos para massa fresca de folhas (MFF) ( $p < 0,05$ ) e para a massa seca de folhas (MSF) ( $P < 0,01$ ) em

relação a variação dos espaçamentos de plantio. Porém para a variação nas frequências de irrigação não houve resultados significativos para estas variáveis analisadas ( $p < 0,05$ ). Para a interação entre os espaçamentos de plantio e as frequências de irrigação os resultados foram significativos para ambas as variáveis analisadas ( $P < 0,01$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhadas (MSF), massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e irrigadas com diferentes frequências, Rio Verde – GO, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios			
		MFF	MSF	MFC	MSC
Espaçamento (E)	1	0,037*	0,0132**	0,035ns	0,010*
Frequência (F)	3	0,00036ns	0,00076ns	0,019ns	0,0008ns
Interação E x F	3	0,029**	0,0039**	0,045ns	0,005ns
Bloco	3	0,0064	0,0015	0,058	0,003
Resíduo	21	0,0054	0,000596	0,024	0,0023
CV (%)		16,25	14,03	16,11	18,87
ESI vs T <sub>1</sub>	1	0,0599**	0,00144ns	0,405**	0,033**
EDI vs T <sub>2</sub>	1	0,0768**	0,00015ns	0,922**	0,024**

\*\*significativo a 1%, \*significativo a 5%, ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ESI - espaçamento em fileiras simples irrigadas. EDI - espaçamento em fileiras duplas irrigadas. T<sub>1</sub> - sem irrigação com espaçamento simples. T<sub>2</sub> - sem irrigação com espaçamento duplo. GL – Graus de Liberdade e CV – Coeficiente de Variação.

Resultados não significativos foram observados para a massa fresca de caule (MFC) em relação à variação no espaçamento de plantio, nas frequências de irrigação, e nas suas interações. Para a massa seca de caule (MSC), resultados significativos foram observados em relação à variação nos espaçamentos de plantio ( $p < 0,05$ ), porém para a variação nas frequências de irrigação e suas interações, não houve efeito significativos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3).

A análise entre o espaçamento simples irrigado (ESI) em relação ao tratamento T<sub>1</sub> (espaçamento simples sem irrigação) e do espaçamento duplo irrigado (EDI) em relação ao tratamento T<sub>2</sub> (espaçamento duplo sem irrigação) foi observado resultados significativos para a MFF, MFC e MSC ( $p < 0,01$ ), porém resultados não significativos foram observados para a MSF ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3).

As médias do desdobramento para a MSC em relação aos espaçamentos de plantio estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4:** Média de massa seca de caule (MSC) da mandioca de mesa, cultivada em diferentes espaçamentos de plantio aos 180 dias, Rio Verde – GO, 2016.

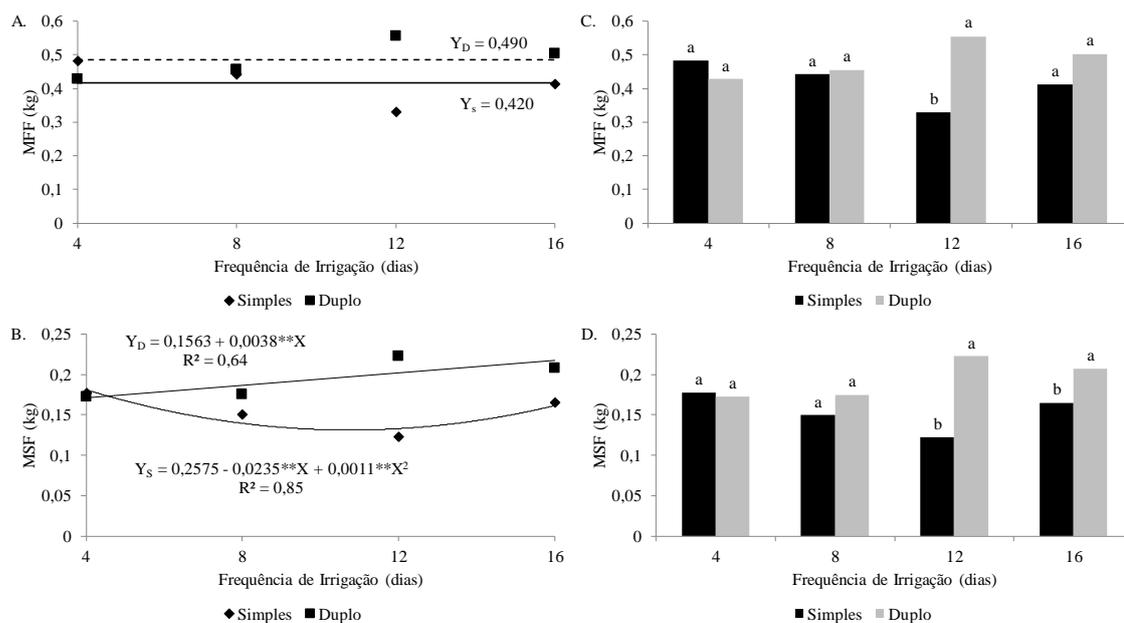
Espaçamentos	MSC (kg planta <sup>-1</sup> )
Simples	0,270a
Duplos	0,240b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que houve diferença significativa entre plantas submetidas à irrigação e conduzidas em espaçamentos com fileiras simples, em relação a plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras duplas, com produtividade 11,11% superior em plantas conduzidas em espaçamento com fileiras simples.

A produção de MSC pode estar relacionada com a disponibilidade de água e nutrientes, desta forma, plantas conduzidas sob irrigação tende a produzir mais massa seca e fresca da parte aérea (Helal et al., 2013; Odubanjo et al., 2011). De acordo com Gabriel Filho et al. (2003), plantas de mandioca conduzidas em espaçamentos com fileiras duplas não apresentaram incremento produtivos em relação a cultivos com espaçamentos em fileiras simples realizado em plantio direto na palhada.

O desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamentos de plantio para a variável MFF apresentou resultados com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) na regressão muito baixo, deste modo, optou-se em apresentar apenas as médias (Figura 2A).



**Figura 2.** Produtividade de massa fresca de folhas (A) e massa seca de folhas (B) em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Produtividade de massa fresca de folhas (C) e massa seca de folhas (D) em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

Plantas conduzidas em espaçamento com fileiras duplas apresentaram média de 0,490 kg, e as plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras simples apresentaram média de 0,420 kg. Nota-se que houve aumento médio de 14,28% na produção de MFF em plantas conduzidas com fileiras duplas em relação as plantas conduzidas com fileiras simples (Figura 2A.).

Quanto à produtividade de MSF, plantas conduzidas em ED apresentaram resultados com desenvolvimento linear crescente ( $R^2 = 0,64$ ) à medida que houve redução nas frequências de irrigação. Plantas conduzidas com frequência de irrigação a cada 16 dias apresentaram produtividade de MSF 21% superior em relação a plantas conduzidas com irrigação a cada 4 dias (Figura 2B).

Esse resultado pode estar relacionado ao favorecimento que a planta teve pela maior absorção de luminosidade, pois em plantios com menores densidades há maior incidência de luz e baixa competição por umidade e nutrientes, e favorece o crescimento de folhas. Sob condições de estresse hídrico, Odubango et al. (2011) obtiveram resultados significativos para a produção de MFF e de MSF em plantas de mandioca cultivadas em espaçamento simples. Em plantas de mandioca cultivadas sob regime de monocultivo somente as variáveis número de raiz e o diâmetro de raiz foram afetadas quando se utilizou espaçamentos em fileiras simples (Albuquerque et al., 2012). A variação na produção de biomassa fresca e seca em plantas é um processo fisiológico que pode ser

proporcionado por fatores adversos, a exemplo da alteração no suprimento de água (Farooq et al., 2009).

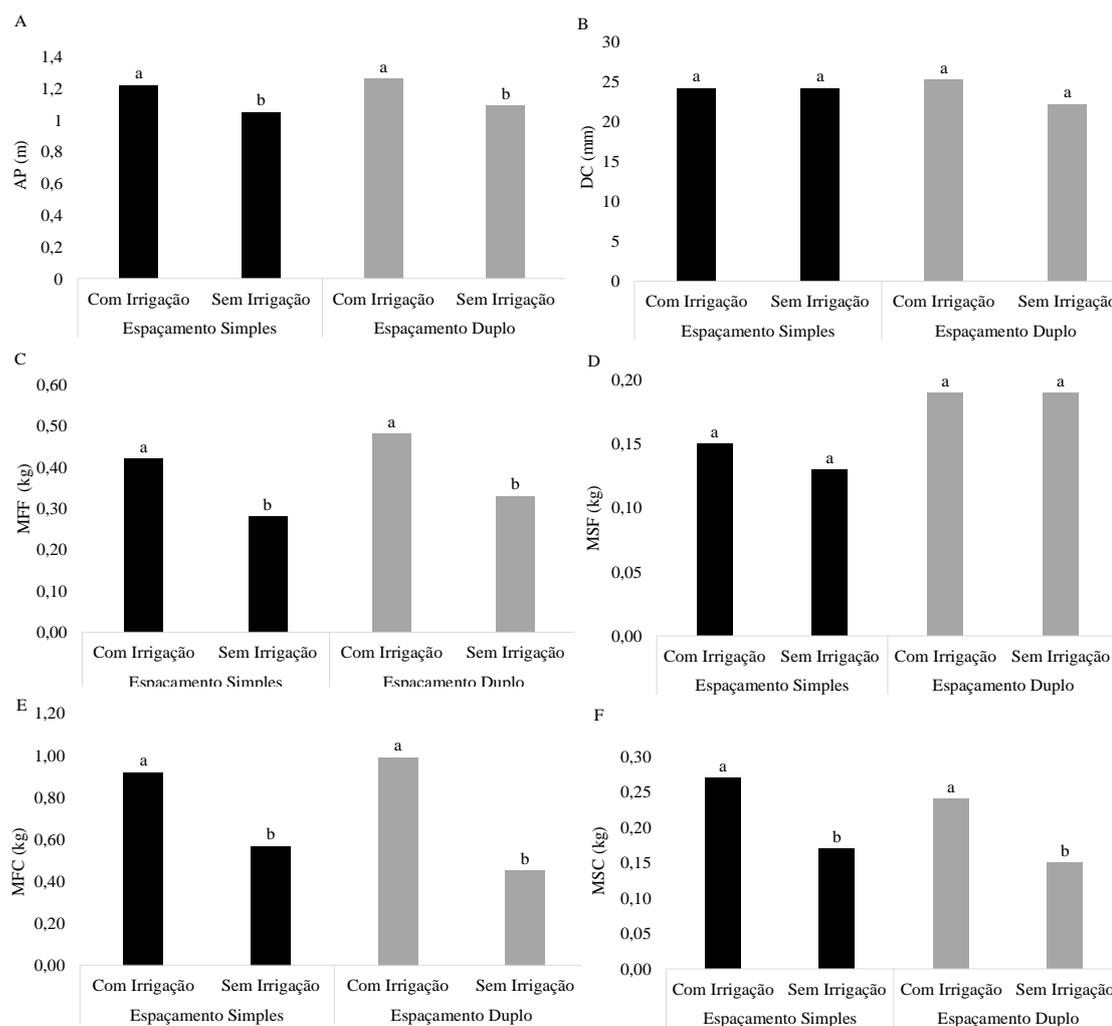
Em plantas conduzidas com ES, os resultados da produtividade de MSF em função das frequências de irrigação apresentaram desenvolvimento quadrático positivo ( $R^2 = 0,85$ ). Irrigações efetuadas a cada 4 dias proporcionaram maior produtividade de MSF, sendo 10% superior em relação a plantas irrigadas a cada 16 dias (Figura 2B.).

Plantas conduzidas em menores espaçamentos apresentam maior competição por nutrientes e água, assim sendo, irrigações em maiores frequências pode ter favorecido a produção de massa seca. Mudanças na disponibilidade de umidade em cultivo de mandioca proporcionaram alterações na produção de massa fresca e seca de folhas, caule e raiz (Helal et al., 2013).

No desdobramento dos espaçamentos de plantio dentro de cada nível de frequências de irrigação, a produtividade de MFF não se diferenciou significativamente com frequências aplicadas a cada 4, 8 e 16 dias em relação aos espaçamentos com fileiras simples e duplas respectivamente. Porém, a irrigação aplicada a cada 12 dias proporcionou maior produção de MFF em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas, sendo 40% superior, em relação as plantas conduzidas em fileiras simples (Figura 2C.).

Resultados semelhantes ocorreram com a produção de MSF, frequências aplicadas a cada 4 e 8 dias não proporcionaram diferenças significativas em relação aos espaçamentos, porém irrigações efetuadas a cada 12 e 16 dias promoveram maior produção de MSF em plantas conduzidas nos espaçamentos em fileiras duplas (Figura 2D.). Verificando diferentes espaçamentos no cultivo de mandioca, Streck et al. (2014) relata que a área foliar por planta teve elevado crescimento em plantas cultivadas com maiores espaçamentos de plantio. Este resultado foi parecido ao obtido no presente estudo, em que as maiores produções de MFF e MSF foram observadas em plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras duplas.

Nos espaçamentos com fileiras simples (FS) e fileiras duplas (FD), plantas de mandioca cultivadas com irrigação apresentaram maior desenvolvimento de altura em comparação a plantas não irrigadas (Figura 3A).



**Figura 3.** Altura de planta (A), Diâmetro do caule (B), Massa fresca de folha (C), Massa seca de folha (D), Massa fresca de caule (E) e Massa seca de caule (F) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio, cultivada com e sem irrigação em espaçamentos simples e duplos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade, Rio Verde – GO, 2016.

O aumento no desenvolvimento da AP de mandioca demonstrou que a cultura apresenta resposta positiva quanto ao suprimento de água via irrigação, indica que podem ser adotadas frequências que variam entre 4 e 16 dias. Em estudos com mandioca conduzidos sob déficit hídrico, Helal et al. (2013) concluíram que o estresse reduziu significativamente a AP em comparação a plantas conduzidas na capacidade de campo.

Quanto ao desenvolvimento do DC, não houve diferença significativas para plantas cultivadas com e sem irrigação, utilizando os espaçamentos simples e duplos respectivamente (Figura 3B). O incremento do DC em mandioca está correlacionado com o desenvolvimento da planta, isto é, tem uma relação direta com a capacidade fisiológica da planta, pois à medida que se desenvolve, ocorre queda na resposta ao uso da água direcionada para o crescimento do caule; a água absorvida durante a fase reprodutiva,

final do ciclo, é utilizada para a formação das raízes tuberosas de reserva (EL-Sharkawy, 2012).

Em trabalhos conduzidos com três arranjos de espaçamentos, Rojas et al. (2007), obtiveram diferenças da altura de plantas e do diâmetro do caule, aos 90 dias após plantio. Em plantios conduzidos com irrigação, o aumento da AP e do DC são importantes fatores observados, visto que estão relacionados com o aumento da produção de fotoassimilados, conseqüentemente aumentando a produção de raízes tuberosas (Pastrana et al., 2015). Observou-se também que em condições favoráveis, sem déficit hídrico, há pleno desenvolvimento do DC com aumento repentino no início do ciclo (86 DAP) e paralização no final do ciclo (200 a 270 DAP) (Odubanjo et al., 2011).

Analisando os resultados de plantas cultivadas com espaçamento em fileiras simples, observa-se que plantas irrigadas apresentaram aumento de 33,3% na produção de MFF em relação a plantas não irrigadas. Entretanto em plantas cultivadas com espaçamento em fileiras duplas a irrigação proporcionou aumento de 31,25%, revelando que o uso da irrigação no cultivo da mandioca promoveu ganhos substancial na produção de biomassa fresca da parte aérea (Figura 3C). Para a produção de MSF não houve diferença significativa entre plantas irrigadas e plantas não irrigadas, conduzidas em espaçamentos com fileiras simples e duplas respectivamente (Figura 3D). Vários estudos demonstraram que plantas de mandioca conduzidas com irrigação plena têm aumentos consideráveis nos rendimentos de massa seca e fresca da parte aérea e da parte radicular (Odubanjo et al., 2011; Souza et al., 2010; Sunitha et al., 2013).

Em relação à produtividade de MFC e MSC a análise entre plantas conduzidas com ESI e EDI verso tratamentos sem irrigação (Figuras 3E e 3F), apresentou maiores resultados em plantas que receberam irrigação e foram conduzidas com espaçamentos simples e duplos. A MFC foi 38% maior em plantas irrigadas e conduzidas em espaçamento simples, e 45,4% maior quando irrigadas e conduzidas em espaçamentos duplos em relação ao tratamento sem irrigação (Figura 3E). Para a produção da MSC a diferença foi 37% e 37,5% maior em plantas irrigadas e conduzidas com espaçamentos em fileiras simples e duplas em relação ao tratamento não irrigadas (Figura 3F).

A irrigação mesmo de forma suplementar no cultivo da mandioca proporciona ganhos na produtividade de biomassa da parte aérea, que reflete em maior produção da parte radicular. A redução na produtividade da biomassa fresca e seca é um dos efeitos adversos comuns quando plantas sofrem estresse hídrico, isto ocorre pela senescência

foliar irreversível causado pelo déficit de água, e leva à redução na produção de biomassa (Farooq et al., 2009; Odubanjo et al., 2011).

Estudos relatam que a cultura da mandioca apresenta bastante flexibilidade quanto a mudanças nos arranjos de plantio (Leihner, 2002). Em estudo para verificar características agronômicas (massa fresca e seca de caule, folha, raiz) em relação a diversas densidades de plantio, Silva et al. (2012) observaram que à medida que houve aumento da densidade, também houve aumento destas características, com redução à medida que foi adotado espaçamentos extremamente adensados.

Plantas conduzidas mais adensadas tende a dividir recursos (na forma de fotoassimilados), distribuindo-os para a formação de raiz, e para a formação de folhas e caules (Silva et al., 2013). Por outro lado, a deficiência hídrica causa competição entre raízes com indução do fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese, levando a paralisação da planta (EL-Sharkawy, 2007).

O resumo da análise de variância para a massa fresca e seca de raiz (MFR e MSR) apresentou resultados não significativos em relação à variação nos espaçamentos de plantio e nas frequências de irrigação ( $p < 0,05$ ). Na interação entre os espaçamentos de plantio e as frequências de irrigação, houve resultado significativo apenas para a variável MFR ( $p < 0,01$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para a massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), produção de massa fresca de raiz (PMFR) e produção de massa seca de raiz (PMSR) da mandioca de mesa aos 180 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e irrigadas com diferentes frequências, Rio Verde – GO, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios			
		MFR	MSR	PMFR	PMSR
Espaçamento (E)	1	0,064ns	0,003ns	59,732ns	10,718ns
Frequência (F)	3	0,118ns	0,032ns	29,140ns	7,470ns
Interação E x F	3	0,428**	0,028ns	100,828**	6,516ns
Bloco	3	0,088	0,013	18,865	2,563
Resíduo	21	0,0719	0,0117	15,661	2,751
CV (%)		18,18	20,55	17,62	20,69
ESI vs T <sub>1</sub>	1	0,288ns	0,043ns	81,972*	12,012*
EDI vs T <sub>2</sub>	1	0,597**	0,099**	114,960*	19,286**

\*\*significativo a 1%, \*significativo a 5%, ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ESI - espaçamento em fileiras simples irrigadas. EDI - espaçamento em fileiras duplas irrigadas. T<sub>1</sub> - sem irrigação com espaçamento simples. T<sub>2</sub> - sem irrigação com espaçamento duplo. GL – Graus de Liberdade e CV – Coeficiente de Variação.

A variação nos espaçamentos de plantio, não promoveu diferença quanto à produção de MFR e MSR, isto quer dizer que a densidade de plantas variando entre 0,60 e 0,72 m<sup>2</sup> por planta não apresentou interferência no desenvolvimento da raiz de mandioca aos 180 dias após plantio.

Em relação a produção de massa fresca de raiz por hectare (PMFR), e para a produção massa seca de raiz por hectare (PMSR), a análise de variância não apresentou resultados significativos em relação à variação dos espaçamentos de plantio e das frequências de irrigação ( $p < 0,05$ ). Para a interação entre os espaçamentos de plantio e as frequências de irrigação houve diferença significativa apenas para a variável PMFR ( $p < 0,01$ ) (Tabela 5).

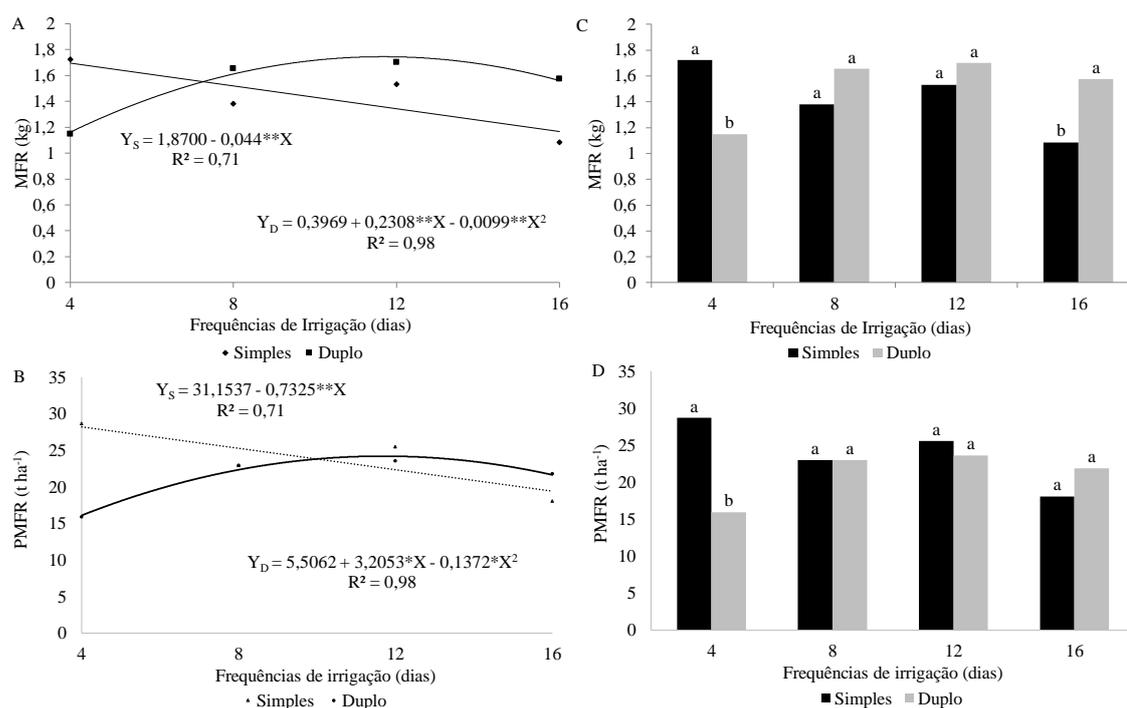
Comparando o ESI em relação ao tratamento T<sub>1</sub> (espaçamento simples sem irrigação), os resultados não foram significativos para as variáveis MFR, MSR, porém os resultados foram significativos para a PMFR e PMSR ( $p < 0,05$ ). Para os tratamentos utilizando fileiras duplas e irrigadas (EDI), comparados com o tratamento T<sub>2</sub> (espaçamento em fileiras duplas sem irrigação), foi observado resultados significativos para as variáveis MFR, MSR, PMSR ( $p < 0,01$ ) e PMFR ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5).

Analisando variações nos espaçamentos entre linhas e entre plantas dentro da linha de plantio, Rojas et al. (2007) observaram alterações no rendimento de raiz, tal fato pode estar relacionado à existência de efeito entre linhas e entre plantas na mesma linha, sendo assim, o número de plantas por unidade de área é mais relevante do que sua distribuição no campo. O uso da irrigação promoveu diferenciação quanto a produção de MFR e MSR em plantas conduzidas em espaçamentos com arranjos em fileiras duplas. Silva et al. (2013) relata que a matéria fresca de raiz e o número de raízes tiveram aumento à medida que houve redução nos espaçamentos de plantio, porém diminuiu novamente após aumento na densidade de plantas.

Em relação a densidade de plantas, resultados parecidos foram observados por Streck et al. (2014) em plantio de mandioca conduzidos com 4 diferentes arranjos de espaçamentos, não obtendo diferenças entre eles quanto à produção de massa fresca e seca de raiz em toneladas por hectare. De acordo com Silva et al. (2013) a resposta da mandioca em relação ao fornecimento de água via irrigação apresentou resultados positivos com aumento na PMFR utilizando espaçamentos em fileiras simples e duplas. Resultado semelhante também foi observado por Odubanjo et al. (2011) aplicando diferentes lâminas de irrigação no cultivo da mandioca, obtendo maiores PMFR em

plantas conduzidas com 100% da capacidade de campo, com decréscimo quando a oferta de água foi reduzida para patamares inferiores a 60% da capacidade de campo.

Analisando o desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamentos, observou-se que plantas conduzidas em espaçamento com fileiras simples apresentaram desenvolvimento linear decrescente para a produção de MFR em relação ao aumento do espaço (dias) nas frequências de irrigação ( $R^2 = 0,71$ ) (Figura 4A).



**Figura 4.** Massa fresca de raiz (A), produtividade de massa fresca de raiz (B) em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Massa fresca de raiz (C), produtividade de massa fresca de raiz (D) em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

Irrigações efetuadas a cada 4 dias proporcionaram aumento de 31,16% na produção de MFR em relação a frequências realizadas a cada 16 dias. Em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas, a produção de MFR teve desenvolvimento quadrático em relação às frequências de irrigação ( $R^2 = 0,98$ ). Os maiores resultados de MFR foram estimados em plantas irrigadas a cada 11,66 dias, com produção 33,3% superior em relação a plantas conduzidas com irrigação a cada 4 dias (Figura 4A).

Em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples, pode ter ocorrido maior competição por umidade e nutrientes favorecendo as plantas irrigadas com maior

frequência. Verificando a competição entre gramíneas e mandioca quanto a eficiência ao uso da água, Aspiazú et al. (2010) observaram que em tratamentos sem competição, plantas de mandioca apresentaram maiores eficiência, fenômeno esse ocorrido em função da baixa transpiração realizada pela cultura. Nos espaçamentos duplos (ED) o arranjo de plantio pode ter influenciado a competição entre plantas por luminosidade, umidade e absorção de nutrientes, deste modo, irrigações efetuadas em menores frequências (a cada 12 dias), podem ter provocado estresse hídrico moderado, assim, com a reposição houve o aumento de raízes em “busca” de umidade, e pode ter contribuído para maior produção de MFR.

Para a produtividade de massa fresca de mandioca, o desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamentos apresentou desenvolvimento linear ( $R^2 = 0,71$ ) decrescente em plantas conduzidas com fileiras simples em função do aumento nos espaços (dias) das frequências de irrigação, (Figura 4B). Maiores produtividades foram observadas quando se utilizou a reposição hídrica a cada 4 dias, sendo esta 31,5% superior em relação as plantas irrigadas a cada 16 dias. Resultados diferentes foram observados em plantas conduzidas com espaçamentos em fileiras duplas, a PMFR teve desenvolvimento quadrático em relação a variação nas frequências de irrigação ( $R^2 = 0,97$ ), sendo que a maior produção foi obtida com frequências aplicadas a cada 11,68 dias com média estimada em  $24,23 \text{ t ha}^{-1}$ , resultado este 33,41% superior em relação a plantas irrigadas a cada 4 dias, 7,67% e 10,56% em relação a plantas irrigadas a cada 8 e 16 dias respectivamente (Figura 4B).

Um dos efeitos adversos característicos atribuídos ao estresse hídrico severo em plantas cultivadas é a redução na produção de biomassa fresca e seca (Helal et al., 2013). Aguiar et al. (2011) verificaram que em condições de menor densidade (maior espaçamento) as raízes de reserva apresentaram maior dreno em relação a parte aérea, assim plantas mais espaçadas tiveram maior peso de MFR em relação a plantas cultivadas com maior densidade de plantio. Isto foi observado em plantas conduzidas com maior frequência de irrigação (4 dias), em que as maiores produções foram obtidas em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples.

Para o desdobramento dos espaçamentos de plantio dentro de cada frequência de irrigação, observou-se que em plantas irrigadas a cada 8 e 12 dias não houve diferença na MFR entre plantas conduzidas nos espaçamentos com fileiras simples e duplas respectivamente. Para as plantas conduzidas com frequência aplicadas a cada 4 dias, o melhor resultado foi obtido em plantios com fileiras simples, porém para a frequência

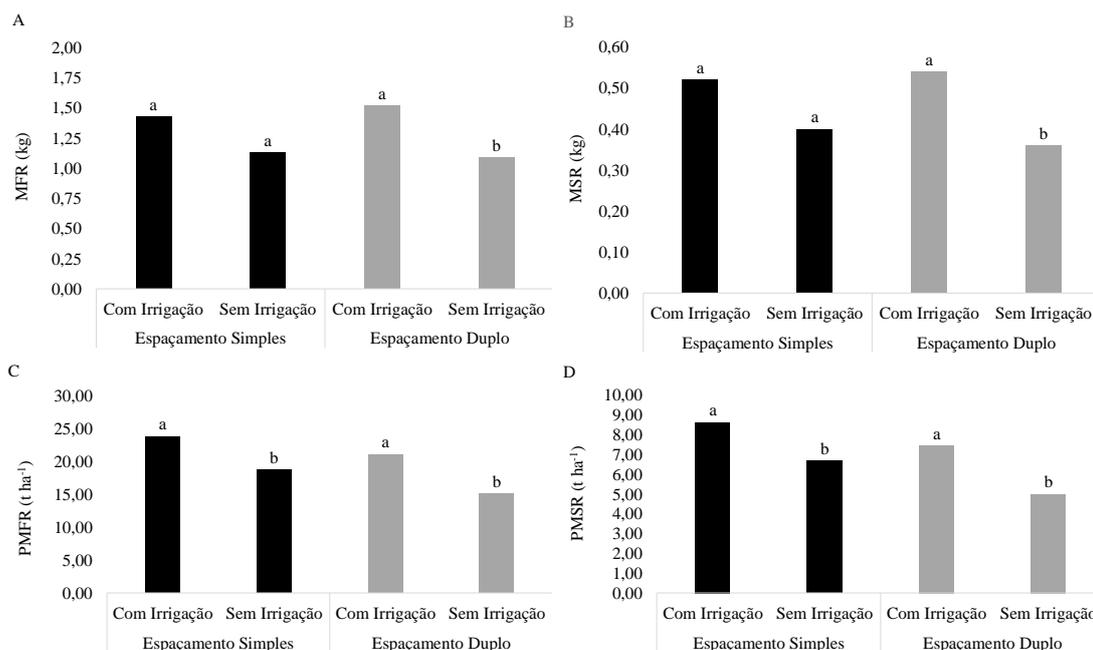
efetuada a cada 16 dias, o maior resultado foi obtido em plantas conduzidas em espaçamento com fileiras duplas (Figura 4C.).

Resultados também foram obtidos por Streck et al. (2014) em plantios conduzidos com espaçamentos reduzidos (0,8 x 0,8 m), em relação a plantios conduzidos com maiores espaçamentos (1,5 x 1,5 m). Este resultado pode ter ocorrido pois a mandioca tende a utilizar mecanismos fisiológicos que respondem a variação das condições de umidade do solo e que podem proporcionar estímulos ao processo de produção de fotoassimilados, os quais são conduzidos para as raízes tuberosas, provocando o aumento de produção (Setter & Fregene, 2007).

Analisando o efeito dos espaçamentos dentro de cada nível de frequência, em plantas conduzidas com frequência aplicada a cada 4 dias, apresentou maior PMFR quando se utilizou o espaçamento em fileiras simples (28,70 t ha<sup>-1</sup>), resultado esse 45% superior em relação a plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas (15,93 t ha<sup>-1</sup>). Frequências aplicadas a cada 8, 12 e 16 dias, não apresentaram diferença significativa na PMFR em relação aos espaçamentos em fileiras simples e duplas respectivamente (Figura 4D).

O desenvolvimento da mandioca pode estar relacionado a controle interno em relação às condições climáticas do meio, podendo estimular o acúmulo de reservas nas raízes quando surgirem eminência de déficit hídrico, por outro lado, quando em plena condição de umidade ocorre produção de folhas e ramos (EL-Sharkawy, 2012; EL-Sharkawy., 2007).

Comparando-se plantas irrigadas e conduzidas com espaçamento em fileiras simples em relação as plantas não irrigadas e em espaçamento simples, observou-se que não houve diferença significativa para MFR e para a MSR respectivamente. Porém, plantas conduzidas com espaçamentos em fileiras duplas apresentaram diferença significativa quanto a aplicação de irrigação, sendo que maiores resultados de produtividade de MFR e MSR foram obtidos em plantas irrigadas, sendo 28,2% e 33,3% respectivamente superior (Figura 5A; Figura 5B).



**Figura 5.** Massa fresca de raiz (A), massa seca de raiz (B), produção de massa fresca de raiz (C) e produção de massa seca de raiz (D) de mandioca de mesa aos 180 dias após plantio, com e sem irrigação em espaçamentos simples e duplos, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade, Rio Verde – GO, 2016.

Plantas de mandioca conduzidas em espaçamentos simples podem apresentar baixa competição por nutrientes e água, favorecendo o seu desenvolvimento, mesmo em ambiente hostil. Em condições de plantios com maiores espaçamentos entre plantas, a translocação de fotoassimilados para a raiz supera o enviado para a parte aérea, assim o peso da raiz tende a ser maior em plantas mais espaçadas (Aguiar et al., 2011). Mesmo conduzida em ambiente hostil a resposta da mandioca a reposição hídrica é positiva, pois o sistema radicular possui extrema capacidade de se desenvolver sob estresse (Jaleel et al., 2008; Odubanjo et al., 2011).

A produtividade de massa fresca de raiz foi de 23,83 t ha<sup>-1</sup> em plantas irrigadas e conduzidas em espaçamentos com fileiras simples, este resultado foi 21,23% superior em relação a plantas não irrigadas. Plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas e irrigadas também apresentaram produtividade de massa fresca 28,43% superior em relação a plantas não irrigadas (21,10 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 5C). Plantas irrigadas apresentaram maior produção de massa fresca de raiz por hectare, independente dos espaçamentos de plantio utilizados, sendo que houve maior PMFR nas plantas mais adensadas, comparadas a plantas com maior espaçamento de plantio (Figura 5C).

Estes resultados observados estão de acordo com os relatados por Aidar et al. (2015) que submeteu diversos materiais de mandioca ao déficit hídrico. Nas cultivares

irrigadas obtiveram média de 26,28 t ha<sup>-1</sup>, porém em condições de déficit hídrico os resultados apresentaram média de 6,7 t ha<sup>-1</sup>.

Resultados semelhantes também são observados na PMSR, e as maiores médias foram obtidas em plantas cultivadas com espaçamento em fileiras simples e irrigadas, cujo resultado médio foi 22,55% superior em relação as plantas não irrigadas. Quanto ao espaçamento em fileiras duplas, plantas irrigadas apresentaram resultados 32,93% superior na produtividade de massa seca em relação as plantas que não receberam irrigação (Figura 5D).

O aumento na densidade de plantio teve efeito sobre a PMSR, este tipo de comportamento ocorre na maioria das culturas. Utilizando maior espaçamento há excedente de fatores de produção como luz, água e nutrientes, porém quando aumenta a densidade de plantas ocorre redução no espaçamento entre plantas, aumentando a competição por estes fatores, reduzindo a produção (Silva et al., 2013).

A irrigação proporcionou maiores ganhos de produtividade de massa fresca e seca de raiz de mandioca de mesa aos seis meses, deste modo, a mandioca apresentou resposta positiva quando irrigada via gotejamento superficial, podendo ser utilizado manejo de irrigação com frequências que variam entre 4 e 16 dias. Plantas irrigadas e conduzidas em espaçamentos com arranjos mais adensados apresentaram maiores produtividade. O entendimento da resposta da mandioca a deficiência hídrica é essencial para fins de aplicação precisa de irrigação, bem como definir o uso da água e sua regulação sob diferentes condições de campo.

### **3.4. CONCLUSÃO**

Plantas de mandioca colhidas com seis meses, apresenta maior produtividade de massa fresca quando irrigadas com frequência de irrigação a cada 4 dias e conduzidas em espaçamento com fileiras simples. Nestas condições, na região de cerrado, a média de produtividade estimada foi 28,22 t ha<sup>-1</sup>.

### 3.5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), e ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde.

### 3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AIDAR, S. T.; MORGANTE, C. V.; CHAVES, A. R. M.; COSTA NETO, B. P.; VITOR, A.B.; MARTINS, D. R. P. S.; SILVA, R.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, E. J. Características fisiológicas, produção total de raízes e de parte aérea em acessos de *Manihot esculenta* em condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 4, p. 685–696, 2015.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J. M. A.; SILVA, A.A.; UCHÔA, S.C.P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciencia Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 532–538, 2012.

ALVES, A.; SANTOS, A.; MARTINS, M.; CARVALHO, P. C. L.; LEDO, C. D. S. Manutenção, ampliação e utilização da coleção de espécies silvestres de mandioca da Embrapa Mandioca & Fruticultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM.

ASPIAZÚ, I.; SEDIYAMA, T.; RIBEIRO JR, J. I.; SILVA, A. A.; CONCENCO, G.; FERREIRA, E. A.; ARAUJO, W. F. Water use efficiency of cassava plants under competition conditions. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 699–703, 2010.

CEBALLOS, H.; LA CRUZ, G. A. Taxonomía y morfología de la yuca. In: OSPINA, I. A.; CEBALLOS, H. **La Yuca en el tercer milenio**. Cali: CIAT, Publicacion 327, 2002. Cap. 2, p. 17-33.

CLAESSEN, M. E. C. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997. <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330804>> Acesso em 10 fev. 2016.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, v. 65, n. 3, p. 467-475, 2006.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. D. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L. D.; CASTRO, C. M. D.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 145-153, 2009.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 2013.

EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 257–286, 2007.

EL-SHARKAWY, M. A. "Stress-Tolerant Cassava: The Role of Integrative Ecophysiology-Breeding Research *in*: Crop Improvement". **Open Journal of Soil Science**, v. 2, n. 2, 2012, p. 162-186.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura 2003**. <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/importancia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm)> , Acesso em: 15 fev. 2018.

FAO: **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014**. Disponível em: < [http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcds/index\\_es.html](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcds/index_es.html)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 185-212, 2009.

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

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado: orientações técnicas**. 2ª ed. rev., ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 203 p.

HELAL, N. A. S.; EISA, S. S.; ATTIA, A. Morphological and Chemical Studies on Influence of Water Deficit on Cassava 1. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 9, n. 5, p. 369–376, 2013.

HENRY, H. A. L.; AARSSSEN, L. W. On the relationship between shade tolerance and shade avoidance in woodland plants. **Oikos**, v. 80, n. 3, p. 575-582, 1997.

JALEEL, C. A.; GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGAM, M.; PANNEERSELVAM, R. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 1, p. 42-47, 2008.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Trans. ASAE**. v. 17, p. 678-684. 1974.

KÖPPEN, Wladimir Peter. **Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde**. Walter de Gruyter, 1923.

LEIHNER, D. **Agronomy and cropping systems**. *In*: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. Cassava: Biology, production and utilization. 1ª ed. CABI, 2002. cap. 6, p. 91-113.

SOUZA, M. J. L. DE.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C. DE; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 45–53, 2010.

ODUBANJO, O. O.; OLUFAYO, A. A.; OGUNTUNDE, P. G. Water Use Growth, and Yield of Drip Irrigated Cassava in a Humid Tropical Environment. **Soil and Water Research**, v. 6, n. 1, p. 10–20, 2011.

PASTRANA, F. E.; ALVIZ, H. S.; SALCEDO, J. G. Respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Cranz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 1, p. 48–53, 2015.

PUGNAIRE, F. I.; LUQUE, M. T. Changes in plant interactions along a gradient of environmental stress. **Oikos**, v. 93, n. 1, p. 42-49, 2001.

ROJAS, R.; GUTIÉRREZ, W.; ESPARZA, D.; MEDINA, B.; VILLALOBOS, Y.; MORALES, L. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 24, n. 1, p. 94-112, 2007.

SCHENK, H. J. Root competition: beyond resource depletion. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 4, p. 725-739, 2006

SETTER, T. L.; FREGENE, M. A. Recent advances in molecular breeding of cassava for improved drought stress tolerance. *In: Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. Springer, Dordrecht, 2007. p. 701-711.

SILVA, A. A. da; VARGAS, L.; WERLANG, R. C. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. *In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. Tecnologias de produção do milho*. Viçosa: UFV, 2004. cap. 8, p. 269-310

SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; FRANÇA, A. C.; FERREIRA, E. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca, **Plantas Daninhas**, v. 1, p. 30 – 34, 2012.

SILVA, T. S.; BRAGA, J. D.; SILVEIRA, L. M. D.; SOUSA, R. P. D. Planting density and yield of cassava roots. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 317–324, 2013.

STRECK, N. A.; PINHEIRO, D. G.; ZANON, A. J.; GABRIEL, L. F.; ROCHA, T. S. M.; SOUZA, A. T. DE; SILVA, M. R. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 407–415, 2014.

GABRIEL FILHO, A.; STROHHAecker, L.; FEY, E. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 461-467, 2003.

SUNITHA, S.; GEORGE, J.; SREEKUMAR, J. Productivity of Cassava (*Manihot esculenta*) as Affected by Drip Fertigation in the Humid Tropics. **Journal of Root Crops**, v. 39, n. 2, p. 100–104, 2013.

TÁVORA, F. J. A. F.; BARBOSA FILHO, M. Antecipação de plantio, com irrigação suplementar no crescimento e produção de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 12, p. 1915-1926, 1994.

## 4. CAPÍTULO II

### DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA CULTIVADA SOB DIVERSAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO EM UM LATOSSOLO VERMELHO NO CERRADO GOIANO

**Resumo:** A mandioca apresenta acentuada importância socioeconômica no Brasil, gerando emprego e renda para milhares de agricultores familiares. Os métodos tradicionais de irrigação apresentam baixa eficiência no uso da água e gera desperdício. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes frequências de irrigação no desenvolvimento da mandioca de mesa irrigada, via gotejamento superficial na região de cerrado. Os estudos foram conduzidos em campo, no IF Goiano - Campus Rio Verde, em um Latossolo Vermelho distroférico. Foi utilizado a cultivar Castelinho, do grupo das mandiocas mansas em delineamento com blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, em fatorial  $4 \times 2 + 2$ , com 40 unidades amostrais. Os tratamentos foram quatro frequências de irrigação, efetuadas a cada 4, 8, 12 e 16 dias, dois arranjos de plantios, espaçamento simples (ES) e espaçamento duplos (ED) e duas testemunhas (ES e ED sem irrigação – T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>). Cada parcela teve quatro linhas de 4 m e seis plantas por linha. A irrigação utilizada foi via gotejamento superficial, constituída por tubos gotejadores espaçados a cada 0,2 m. Foram realizadas as análises biométricas de: altura de planta, diâmetro de caule, número de raízes, diâmetro médio de raízes, comprimento médio de raízes. Também; as variáveis de biomassa: matéria fresca e seca de folhas, e caules, matéria fresca e seca de raiz e produtividade em matéria fresca e seca. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ), com análise de regressão para frequência de irrigação quando significativo. Aos 240 dias, plantas de mandioca conduzidas com frequência de irrigação a cada 16 dias e em espaçamento com fileiras duplas, apresentaram produtividade de raiz, com média estimada em 96,68 t ha<sup>-1</sup>, expressando aumento de 24,8% em comparação a plantas irrigadas com frequência a cada 4 dias, e em espaçamentos com fileiras simples.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*, água, gotejamento, latossolo, raiz.

DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF CASSAVA CULTIVATED UNDER  
SEVERAL IRRIGATION FREQUENCIES IN A RED LATOSOL IN THE  
CERRADO GOIAS BRAZIL

**Abstract:** Cassava has a strong socio-economic importance in Brazil, generating employment and income to thousands of family farmers. Traditional irrigation methods present low efficiency in water use and generate waste. The objective of this study was to evaluate the effect of different irrigation frequencies in the development of the irrigated cassava table, by surface dripping in the Cerrado region. The studies were carried out in the field, in the IF Goiano - Campus Rio Verde, Brazil, in a red Latosol distroférico. It was used the Castelinho cultivate, from the group of cassavas in line with random blocks, analyzed in schematic of subdivided plots with four replication, in factorial  $4 \times 2 + 2$ , with 40 sampling units. The treatments were four irrigation frequencies, carried out every 4, 8, 12 and 16 days, two planting arrangements, single spacing (ES) and double Spacing (ED) and two witnesses (ES and ED without irrigation – T1, T2). Each parcel had four lines of 4 m and six plants per line. The irrigation used was superficial drip, consisting of spaced drip tubes at every 0.2 m. Biometric analysis of: plant height, stem diameter, number of roots, medium diameter of roots, average length of roots were done. Also, biomass variables: fresh and dry matter of leaves, and stems, fresh and dry matter of root and productivity in fresh and dry matter were evaluated. The results were submitted to variance analysis by the F test ( $P < 0,05$ ), with regression analysis for irrigation frequency when significant. At 240 days, cassava plants conducted with irrigation frequency every 16 days and in double-row spacing, presented root productivity, with an estimated average of  $96.68 \text{ t ha}^{-1}$ , expressing an increase of 24.8% compared to plants irrigated with frequency every 4 days, and in single-row spacings.

**Key words:** *Manihot esculenta*, water, dripping, latosol, root.

## 4.1. INTRODUÇÃO

No mundo milhões de pessoas dependem do cultivo da mandioca, em especial nos países da África, da Ásia e da América Latina, pois constitui em um dos principais alimentos energéticos e importante fonte de calorias para a população sobretudo de baixa renda (Fasinmirin & Reichert, 2011; Fialho & Vieira, 2013; FAO, 2014).

A mandioca é considerada uma das culturas adaptadas para a região de cerrado, graças ao seu elevado potencial de produção com baixo risco, pois apresenta baixa exigência nutricional e é tolerante ao alumínio que se encontra no solo desta região (Fialho et al., 2017). A mandioca apresenta relevante importância socioeconômica no Brasil, com geração de emprego e renda aos pequenos agricultores em agroindústrias de farinha e fécula, nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste (Silva et al., 2012; FAO, 2014). O Brasil ocupa a terceira posição em relação à produção mundial com 20.603.530 t, cultivados em 1.407.345 hectares e rendimento médio de 14,64 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017).

A mandioca é uma planta dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae (Ceballos & Cruz, 2002). O gênero *Manihot* apresenta 98 espécies documentadas, destas apenas a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é cultivada, sendo considerado um alimento básico na alimentação humana em várias regiões (Alves et al., 2012). Pode ser cultivada entre 30° de latitudes Norte e Sul, e em altitude do nível do mar até 2.300 m, sendo o ideal entre 600 e 800 m. Prefere solos profundos, friáveis, de textura média, e pH entre 5,0 e 6,5 sendo 6,0 o ideal (EMBRAPA, 2003).

A agricultura irrigada é considerada o setor produtivo que mais demanda água, e tem sofrido pressão intensa para garantir a produção de alimentos com eficiência no uso da água (Howell, 2001). Os métodos tradicionais de irrigação utilizados no cultivo da mandioca empregam a aspersão convencional, com o uso do canhão, do auto propélido, aspersores convencionais e pivô central, que apresentam baixa eficiência no uso da água, e gera desperdício (Coelho & Silva, 2013).

No cultivo de mandioca, mudanças climáticas como o aumento na irregularidade das chuvas, os veranicos com maior frequência nos meses seguintes ao plantio, proporciona redução na produtividade de raízes ao longo do ciclo (Cruz et al., 2006). O período crítico para o déficit hídrico em mandioca encontra-se entre o 1° e o 5° mês após plantio, em decorrência do processo de formação de raízes e início do processo de tuberização. Condições de seca durante esse período levam a redução de 32% a 60% na produção de raízes tuberosas (EL-Sharkawy, 2007).

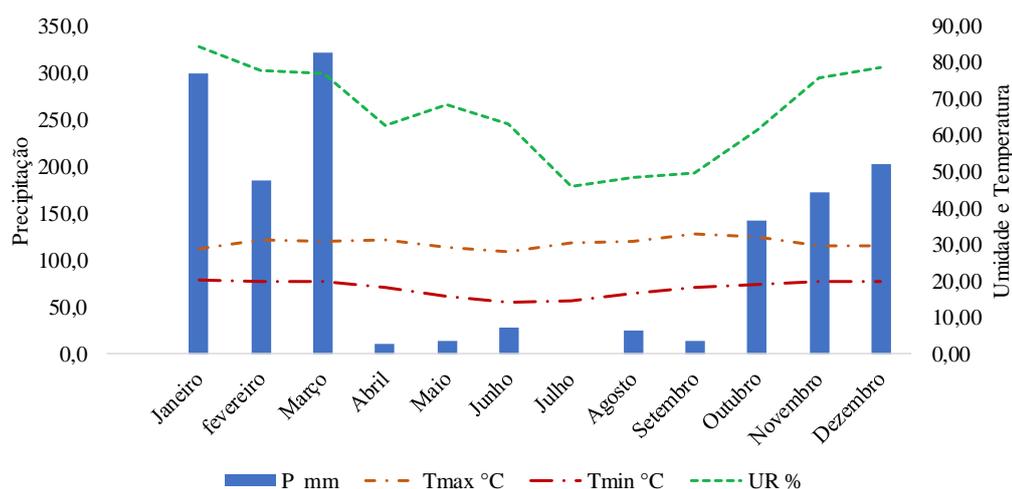
Resultados experimentais indicam que a cultura da mandioca não responde adequadamente à irrigação com alta frequência, desse modo a aplicação de lâminas com 30 a 40 mm a cada 15 dias foi suficiente para o bom desenvolvimento da cultura, e que a aplicações com maiores frequências, junto com adubação nitrogenada, provocou crescimento excessivo da parte aérea, com baixa produção de raízes. Em condições de seca, culturas irrigadas apresentam aumento de 150 a 200% no rendimento, mesmo se utilizados intervalos de irrigação entre 15 e 20 dias durante o verão (Otsubo & Lorenzi, 2004).

A possibilidade em aumentar a produção por unidade de área em mandioca cultivada com irrigação suplementar é de fundamental importância, porém pouco explorada. Para fins de aplicação precisa de água, é importante entender a resposta da cultura às deficiências hídricas (Odubanjo et al., 2011).

O entendimento da resposta da mandioca à deficiência hídrica é essencial para fins de aplicação precisa de irrigação, bem como definir o uso da água e sua regulação sob diferentes condições de campo (Helal et al., 2013). Com a hipótese de que o desenvolvimento e a produtividade da mandioca de mesa, cultivada até o 8º mês, possam ser influenciadas pelas frequências de irrigação e espaçamentos de plantios, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes frequências de irrigação no desenvolvimento da mandioca de mesa irrigada, via gotejamento superficial em um Latossolo Vermelho distroférico na região de cerrado.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido em condições de campo, nas dependências da área experimental do setor de irrigação e drenagem, do Instituto Federal Goiano Campus de Rio Verde – GO, localizada a 17°48'53''S e 51°54'53''O com altitude média de 805 metros. Segundo a classificação de Köppen & Geiger (1923), o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35° a 37°C, e a mínima de 12° a 15 °C com ocorrências de até 6°C no inverno. A precipitação média anual varia entre 1.500 e 1.800 mm, porém mal distribuídas ao longo do ano, conforme os dados climáticos dispostos na Figura 1.



**Figura 1** Médias mensais da precipitação pluvial (P), umidade relativa (UR) e temperaturas máxima (Tmax) e mínima (Tmin) no ano de 2016, Rio Verde – GO. **Fonte:** Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Estação Meteorológica Automática (A025), Unirv Rio Verde – GO.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), textura média, fase cerrado (Santos et al., 2013). Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, com auxílio de um trado holandês, para as caracterizações químicas e granulométricas, que foram analisadas conforme metodologia descrita em Claessen (1997) cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise química e física da amostra do solo da área experimental coletada na faixa de 0 a 20 cm de profundidade. IF Goiano Campus Rio Verde – GO, 2016.

pH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	CTC	SB	K <sup>+</sup>
5,1	2,8	1,1	0,01	4,8	9,1	4,3	0,4

M.O.	Na <sup>+2</sup>	P	V	m	Areia	Silte	Argila
37,6	4,0	12,1	47	0,2	340	100	560

Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes. P (Mel), K, Cu, Fe, Mn e Zn = Melich 1; Ca, Mg, e Al = KCl 1N; M.O = Método colorimétrico

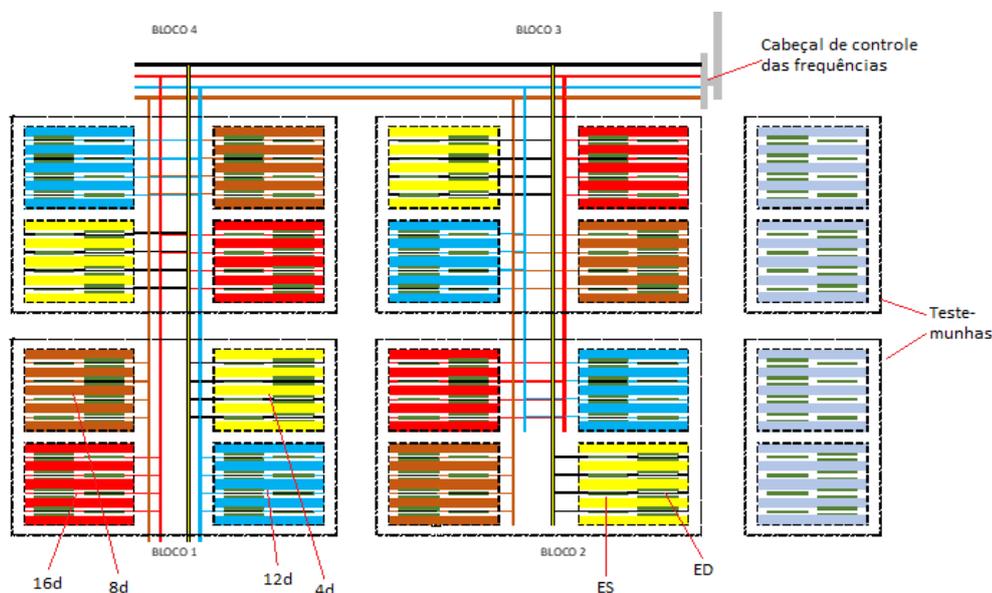
A correção e adubação do solo para o plantio da mandioca não foram realizadas, visto que, conforme as recomendações para mandioca descrita por Fialho & Vieira (2013)

o resultado da análise química, apresentou teores de nutrientes em quantidade extremamente suficiente para o bom desenvolvimento da cultura (Tabela 1).

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, em fatorial  $4 \times 2 + 2$ , com 40 unidades amostrais. Os tratamentos foram quatro frequências de irrigação, dois espaçamentos de plantios, mais testemunhas. As quatro frequências foram aplicações de irrigação efetuadas a cada 4, 8, 12 e 16 dias, os espaçamentos foram simples (ES) e duplos (ED) e testemunhas (ES e ED sem irrigação – T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>).

Nas subparcelas com ES, o plantio foi realizado em quatro fileiras com 4 m de comprimento, adotando o arranjo 1,0 x 0,6 m, com seis plantas em cada linha. Nas subparcelas com ED, o plantio foi realizado em quatro fileiras duplas com 4 m cada, adotando o arranjo 2,0 x 0,6 x 0,6 m, sendo seis plantas distribuídas em cada linha dupla no formato triangular.

O experimento foi conduzido em uma área de 1.472 m<sup>2</sup> com 960 plantas. Cada parcela teve área de 48 m<sup>2</sup>, e cada subparcela área de 24 m<sup>2</sup>. Nas subparcelas foram distribuídas 24 plantas, cuja área útil utilizada para coleta de materiais foi constituída por quatro plantas localizadas nas duas fileiras centrais, sendo que as duas fileiras laterais serviram as bordaduras (Figura 2).



**Figura 2.** Representação gráfica do arranjo experimental. Frequências de irrigação: 4 dias (4d), 8 dias (8d), 12 dias (12d), 16 dias (16d). Espaçamento simples (ES), Espaçamento duplo (ED).

O preparo inicial da área de plantio foi efetuado de forma mecanizada, foi realizada a limpeza da vegetação utilizando uma roçadeira acoplada ao trator. Após a secagem da vegetação, realizou-se gradagem pesadas. Em seguida foi utilizada a grade niveladora em passagens cruzadas para a quebra dos torrões. Assim que o solo ficou preparado, foi realizada a marcação da área utilizando estacas de madeira com 1,00 m de altura e a instalação do equipamento de irrigação.

Foi utilizado ramas da cultivar Castelinho, do grupo das mandiocas mansas, sendo obtidas de produtores rurais localizados na região do município de Rio Verde – GO, elas foram selecionadas de plantas sadias, uniforme e vigorosa, com 10 meses de idade. As ramas foram coletadas dez dias antes do plantio e armazenadas em um local sombreado. As manivas “sementes” foram obtidas efetuando-se corte transversal nas ramas com o auxílio de serra manual, cada maniva teve comprimento de 20 cm e média de 8 gemas (Fialho & Vieira, 2013).

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial, constituído por tubos gotejadores espaçados a cada 0,2 m, com área de abrangência igual a 0,12 m<sup>2</sup>, e vazão de 1,7 L h<sup>-1</sup>, na pressão de serviço de 10 metros de coluna d’água (mca). O sistema de irrigação foi avaliado pelo coeficiente de uniformidade absoluta de aplicação (CUA), apresentando 90% de acordo com a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1974). O manejo da lâmina de irrigação foi determinado pelo método do tanque classe A. As frequências de irrigação foram aplicadas utilizando um cabeçal de controle constituído por 4 registros e 4 manômetros, sendo um par (registro + manômetro) para cada frequência (Figura 2).

O plantio foi realizado em 26/03/2016, durante sua execução foram abertas covas com dimensões aproximada de 300 cm<sup>2</sup> (20 x 15 cm) e 6 cm de profundidade utilizando enxadas. As estacas das manivas foram inseridas nas covas horizontalmente, e cobertas totalmente com solo, seguida de leve compressão.

Para o controle inicial de ervas daninhas, no segundo dia após o plantio foi efetuado uma aplicação do herbicida Trifluralina + Diuron nas dosagens de 2,5 g e 1,32 g i.a. para cada litro de calda, e uma vazão de 300 L ha<sup>-1</sup>. No decorrer do experimento, foram realizadas mais de cinco capinas manuais na linha de plantio e três nas entrelinhas.

Foi realizada a aplicação do acaricida Vertimec (abamectina) para o controle de ácaro, com dose de 0,1 mL.L<sup>-1</sup>, e Lannate (metomil) para o controle de cochonilha na dose de 0,15 mL.L<sup>-1</sup>. Foram realizadas aplicações do fungicida Roval (iprodiona) na dosagem 1,5 mL.L<sup>-1</sup> da calda, com volume de 500 L.ha<sup>-1</sup>. Todas as pulverizações foram

realizadas ao entardecer, utilizando um pulverizador costal com bico cônico e capacidade de 20 L.

Em consequência da umidade existente no solo antes do plantio, e da precipitação que ocorreu após o plantio, a primeira irrigação foi realizada no oitavo dia de plantio em todas as parcelas, seguida de mais seis aplicações realizadas do 4º ao 24º dia pós brotação. O início dos tratamentos com a diferenciação das frequências de irrigação iniciou-se quando as plântulas atingiram o 28º dia após plantio (DAP).

A coleta de material em campo foi realizada quando completou 240 dias após o plantio DAP das manivas. Na área útil de cada subparcela foram amostradas duas plantas, foi realizado primeiro as avaliações não destrutivas para a altura de planta e para o diâmetro do caule, em seguida procedeu as avaliações destrutivas para a obtenção das variáveis: massa fresca e seca de folhas, massa fresca e seca de caules, número de raízes, diâmetro médio de raízes, comprimento médio de raízes, massa fresca e seca de raiz e produtividade de raiz em massa fresca e massa seca.

A altura de planta foi medida a partir do nível do solo até a parte mais alta da planta, utilizando uma trena graduada presa a uma ripa de madeira com 2 m. O diâmetro do caule foi medido no momento da colheita, a 20 cm do solo, com paquímetro digital graduado e expresso em milímetros.

Após proceder a coleta da parte aérea das plantas, efetuou-se a separação de folhas e caules, e em seguida, foi medida separadamente a massa fresca utilizando-se balança digital tipo gancho, marca Soil Control, com capacidade de 50 kg e precisão de 0,02 kg. Após a obtenção da massa fresca, folhas e caules foram picotados separadamente, e em seguida, uma amostra homogênea foi coletada, pesada, embalada e levada para a estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 65 °C, permanecendo por 60 horas até a obtenção do peso constante, para a determinação da massa seca (Cruz et al., 2006).

O número de raiz por planta foi obtido efetuando a contagem de todas as raízes comerciais contidas na planta no momento da colheita. O diâmetro das raízes foi medido na porção mediana das raízes comerciais, utilizando um paquímetro digital graduado, sendo expresso em milímetros.

A massa fresca e seca das raízes foi obtida com a pesagem de duas plantas individuais pré-selecionadas ao acaso na área útil das subparcelas. Após a obtenção da massa fresca, as raízes foram picotadas, uma amostra homogênea foi coletada, pesada e levada para a estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 65 °C, permanecendo por 60 horas até obtenção do peso constante

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011), e nos casos de significância, foi realizada análise de regressão para o fator frequência de irrigação e suas interações, e teste de média Tukey ( $p < 0,05$ ) para o fator espaçamento de plantio.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação nos espaçamentos de plantio proporcionou diferença significativa para o diâmetro de caule (DC) e diâmetro de raiz (DR) ( $p < 0,01$ ). Para as variáveis altura de planta (AP), número de raiz (NR) e comprimento de raiz (CR), os resultados não foram significativos ( $p < 0,05$ ). Quanto à variação das frequências de irrigação, a análise de variância mostrou efeitos significativos para o DC, o NR e o CR ( $p < 0,01$ ), e resultados não significativos para AP e DR ( $p < 0,05$ ). Em relação a interação (E x F), resultados significativos foram observados para as variáveis DC ( $p < 0,01$ ) e CR ( $p < 0,05$ ). Entretanto, para as variáveis AP, NR e DR os resultados não foram significativos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de raiz (NR), diâmetro de raiz (DR) e comprimento de raiz (CR) de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio (DAP), cultivada sob dois tipos de espaçamentos e com diferentes frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios				
		AP	DC	NR	DR	CR
Espaçamento (E)	1	0,021ns	47,995**	3,125ns	226,792**	13,781ns
Frequência (F)	3	0,007ns	98,950**	8,708**	6,360ns	272,615**
Interação (E x F)	3	0,005ns	70,145**	3,375ns	50,972ns	140,615*
Bloco	3	0,012	4,366	1,708	53,665ns	64,031
Resíduo	21	0,010	3,015	1,303	24,555	29,269
CV (%)		5,24	6,54	12,77	7,97	12,06
ESI vs T <sub>1</sub>	1	0,057ns	32,794**	14,450**	80,080ns	108,578*
EDI vs T <sub>2</sub>	1	0,084ns	100,643**	33,800**	59,599ns	0,840ns

\*\*significativo a 1%, \*significativo a 5%, ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ESI - espaçamento em fileiras simples irrigadas. EDI - espaçamento em fileiras duplas irrigadas. T<sub>1</sub> - sem irrigação com espaçamento simples. T<sub>2</sub> - sem irrigação com espaçamento duplo. GL – Graus de Liberdade e CV – Coeficiente de Variação.

Em estudos realizados por Silva et al. (2013) o aumento na densidade de plantas não proporcionou alterações no desenvolvimento do caule, porém teve influência no

desenvolvimento da AP. Analisando o comportamento de variedades de mandioca de mesa, Albuquerque et al. (2009), observaram que com o avanço no tempo de colheita houve diferenças na AP, principalmente em plantas colhidas aos sete e treze meses. Verificando três arranjos de espaçamentos entre linhas (1,5; 2,0 e 3,0 m), Rojas et al. (2007), observaram que a AP só foi influenciada transcorrido 90 dias após plantio (DAP) e essa variação depende da cultivar e do ambiente.

Plantios conduzidos com espaçamento em fileiras simples e irrigados (ESI) versus o tratamento T<sub>1</sub> (espaçamento em fileiras simples sem irrigação), apresentaram resultados significativos para DC, NR ( $p < 0,01$ ) e CR ( $p < 0,05$ ), para AP e DR os resultados não foram significativos ( $p < 0,05$ ). Plantios conduzidos com espaçamentos com fileiras duplas irrigadas (EDI), versus o tratamento T<sub>2</sub> (espaçamentos em fileiras duplas sem irrigação), apresentaram resultados significativos para DC e NR ( $p < 0,01$ ), porém resultados não significativos para AP, DR e CR ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

Nos resultados obtidos, a densidade de plantas afetou o desenvolvimento das raízes em relação ao diâmetro, porém não interferiu no comprimento e no número de plantas. Já as frequências de irrigação proporcionaram diferenças no comprimento e no número de raízes. Para Silva et al. (2013), a mandioca possui eficiente capacidade de adaptação quanto ao ajuste às condições de densidade de plantas, mantendo o nível de produção, mesmo quando em plantios com espaçamentos variados.

Resultados significativos foram obtidos por Sunitha et al. (2013) quanto ao desenvolvimento do DR e do NR em plantas de mandioca conduzidas com irrigação a 80% da evapotranspiração do tanque classe A.

Na análise do desempenho do DR em relação à variação dos espaçamentos de plantio, verifica-se que houve diferenças significativas, e que plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras duplas apresentaram maior diâmetro de raiz em relação as plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras simples (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média do desenvolvimento do DR de mandioca de mesa, cultivadas com irrigação e com espaçamento em fileiras simples e duplas aos 240 dias, Rio Verde – GO, 2016.

Espaçamentos	DR (mm)
Fileiras Simples	59,51b
Fileiras Duplas	64,84a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O crescimento do diâmetro de raiz da mandioca pode estar correlacionado com a produtividade da planta. Segundo Silva et al. (2013), plantas submetidas a variadas densidades de plantio não apresentaram diferença em relação ao desenvolvimento do diâmetro da raiz. A densidade de plantio geralmente produz efeito expressivo no rendimento de raízes de mandioca, porém muitas informações disponíveis propõem que a mandioca possui bastante flexibilidade, e mantém sua produção mesmo com mudanças no arranjo de plantio (Távora et al., 1994).

Em relação a variação nos espaçamentos de plantio, o resumo da análise de variância apresentou resultados significativos para a massa fresca de folhas (MFF) e massa seca do caule (MSC) ( $p < 0,01$ ), porém, para a massa seca de folhadas (MSF) e massa fresca de caule (MFC) os resultados não foram significativos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhadas (MSF), massa fresca de caule (MFC) e massa seca de caule (MSC) de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e com diferentes frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios			
		MFF	MSF	MFC	MSC
Espaçamento (E)	1	2,447**	0,004ns	0,296ns	0,355**
Frequência (F)	3	1,146**	0,015ns	5,251**	0,548**
Interação E x F	3	0,382**	0,052**	0,620**	0,096**
Bloco	3	0,059	0,0059	0,221	0,007
Resíduo	21	0,057	0,0058	0,125	0,011
CV (%)		11,89	16,59	13,85	15,90
ESI vs T <sub>1</sub>	1	0,000125ns	0,0099ns	0,477ns	0,034ns
EDI vs T <sub>2</sub>	1	1,9813**	0,0138ns	4,260**	0,731**

\*\*significativo a 1%, ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ESI - espaçamento em fileiras simples irrigadas. EDI - espaçamento em fileiras duplas irrigadas. T<sub>1</sub> - sem irrigação com espaçamento simples. T<sub>2</sub> - sem irrigação com espaçamento duplo. GL – Graus de Liberdade e CV – Coeficiente de Variação.

Quanto à variação nas frequências de irrigação, resultados significativos foram obtidos para MFF, MFC e MSC ( $p < 0,01$ ), para a MSF os resultados não foram significativos ( $p < 0,05$ ). Analisando a interação entre espaçamentos versus frequências, houve resultados significativos para MFF, MSF, MFC e MSC ( $p < 0,01$ ) (Tabela 4).

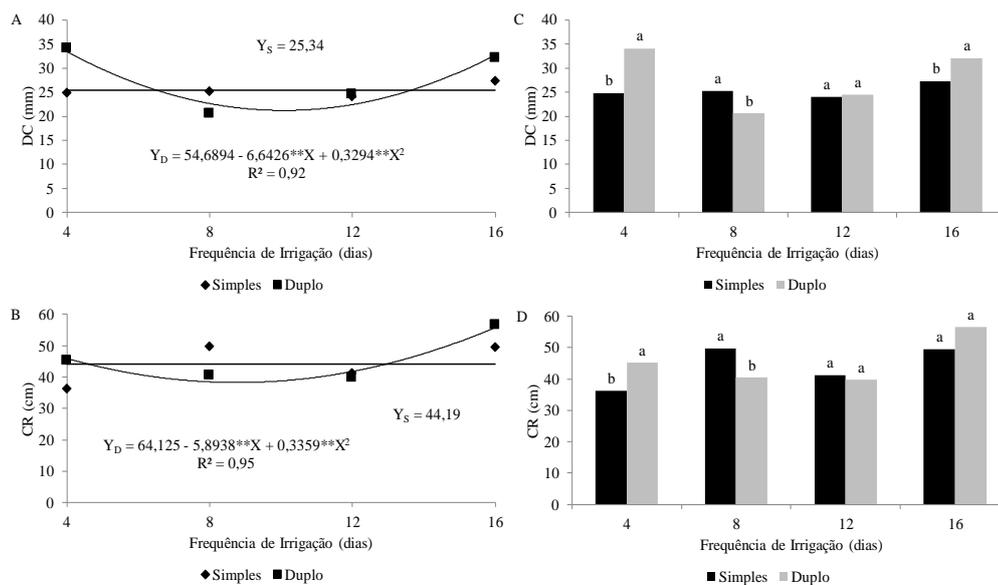
A densidade de plantas e seus arranjos na área podem ter influenciado no processo de produção e distribuição de folhas na planta, visto que, em plantas mais

adensadas (espaçamento simples), a tendência é de haver competição entre plantas por luz, água e nutrientes e pode proporcionar diferenciação na massa foliar. Resultados parecidos com os do presente estudo foram observados por Streck et al. (2014), em que as maiores produções de MFF e MSF ocorreram em plantas conduzidas em espaçamentos com menor densidade (fileiras duplas).

Comparando as plantas cultivadas em espaçamentos com fileiras simples e irrigadas versus o tratamento T<sub>1</sub> (espaçamento simples sem irrigação) verifica-se que não houve efeito significativo para ambas as variáveis analisadas ( $p < 0,05$ ). Porém em relação aos espaçamentos com fileiras duplas e irrigadas versus o tratamento T<sub>2</sub> (espaçamento duplo sem irrigação), houve efeito significativo para as variáveis MFF, MFC e MSC ( $p < 0,01$ ), e não significativo para a variável MSF ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4).

Na mandioca a densidade de plantas pode apresentar influência na produção de massa fresca e seca da parte aérea e da parte radicular. Plantas cultivadas em menores densidades de plantio, apresentaram aumento na produção de massa seca e fresca de raiz, caule e folhas, em relação a plantas conduzidas com altas densidade, acima de 18,2 mil plantas por hectare (Rojas et al., 2007; Silva et al., 2013).

Em plantas conduzidas com espaçamentos em fileiras duplas, o desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamentos apresentou desenvolvimento quadrático positivo ( $R^2 = 0,92$ ) para o diâmetro do caule (DC), em função das frequências de irrigação. Frequências de irrigação aplicadas a cada 4 e 16 dias, proporcionaram maior diâmetro de caule, com média estimada em 33,39 e 32,73 mm, sendo 31,6% superior em relação à frequência aplicadas a cada 12 dias (22,41 mm). Para os plantios conduzidos com espaçamento em fileiras simples, o resultado da análise de regressão apresentou  $R^2$  muito baixo, neste sentido optou-se por apresentar a média do diâmetro de caule que ficou em 25,34 mm (Figura 3A).



**Figura 3.** Diâmetro de caule (A) e comprimento de raiz (B) de mandioca em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Diâmetro de caule (C) e comprimento de raiz (D) de mandioca em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

Em relação ao CR, o desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamentos também apresentou desenvolvimento quadrático ( $R^2 = 0,95$ ) para plantas conduzidas em espaçamento com fileiras duplas. Maiores médias de CR foram obtidos em plantas cultivadas com frequência de irrigação aplicada a cada 16 dias (55,81 cm), resultado 17,72% superior em relação às plantas conduzidas com frequência de irrigações aplicadas a cada 4 dias (45,92 cm). Entretanto, em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples, o resultado do desdobramento apresentou  $R^2$  baixo, assim, optou-se em apresentar a média do CR que ficou em 44,19 cm (Figura 3B).

Quanto ao resultado obtido com o uso dos espaçamentos em fileiras duplas, e as frequências aplicadas a cada 16 dias, a ocorrência de precipitação durante a fase final do estudo provavelmente pode ter contribuiu para o aumento do diâmetro de caule e do comprimento de raiz. Geralmente sob estresse hídrico a mandioca apresenta um controle estomático eficiente em relação a trocas gasosas, reduzindo perdas d'água, porém quando a água se torna disponível ocorre rápida produção de fotoassimilados compensando as perdas (EL-Sharkawy, 2007). Em quatro diferentes arranjos de espaçamento de plantio, Streck et al. (2014) observaram que a produção de ramos por planta não se diferenciou, indicando que não há compensação e que o aumento da densidade de plantas pode aumentar a produtividade por área nessa cultura.

Analisando o desdobramento dos espaçamentos de plantio dentro de cada nível de frequência de irrigação, para o DC houve diferença em plantas cultivadas com

frequências aplicadas a cada 4, 8 e 16 dias. Maiores médias foram obtidas em cultivos conduzidos com espaçamentos duplos nas frequências aplicadas a cada 4 e 16 dias. Frequência aplicada a cada 8 dias, proporcionou maior média em plantios conduzidos com espaçamentos simples, entretanto, em frequência aplicada a cada 12 dias não houve diferença do DC em relação aos espaçamentos de plantio adotados (Figura 3C)

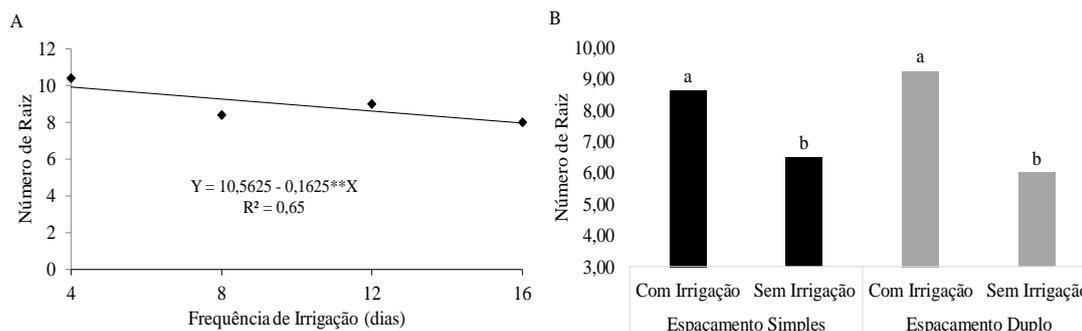
Quanto ao efeito dos espaçamentos de plantio dentro de cada nível de frequência de irrigação para o CR, observou-se diferença significativa com aplicação a cada 4 e 8 dias. Em plantas conduzidas com frequência aplicada a cada 4 dias, maior CR foi observado quando se utilizou espaçamentos em fileiras duplas, porém, com irrigação aplicada a cada 8 dias, maior CR foi obtido em plantas conduzidas com espaçamentos em fileiras simples. Nas frequências aplicadas a cada 12 e 16 dias não houve diferença entre os espaçamentos de plantio (Figura 3D).

Em plantas conduzidas espaçadas com fileiras duplas, as maiores médias foram observadas em frequências aplicadas a cada 4 dias, porém quando houve redução das frequências de irrigação, a tendência deveria ser de redução no DC o que não ocorreu. De acordo com El-Sharkawy (2007) sob condições de estresse hídrico, a cultura da mandioca possui capacidade de recuperar-se quando a umidade do solo se torna ótima, pois há uma rápida formação de folhas e aumento da taxa fotossintética, compensando as perdas ocasionadas pelo déficit hídrico.

A cultura da mandioca sob estresse hídrico pode se recuperar quando a disponibilidade de água no solo é retomada, pois ocorre rápida produção de novas folhas com alta taxa fotossintética, assim há a compensação das perdas sofridas com o estresse hídrico e a nova produção pode aproximar-se a de cultivos bem irrigados (EL-Sharkawy, 2007).

A densidade de plantas por hectare teve efeito sobre o NR, o CR comercializáveis, e a produtividade de massa verde total das raízes, mas não influenciou o diâmetro dessas raízes (Silva et al., 2013). Vários trabalhos abordam que a mandioca é uma cultura com bastante flexibilidade quanto ao arranjo de plantio, e que mantém bom potencial produtivo em cultivos com espaçamentos entre linhas variando de 0,8 a 1,5 m (Leihner, 2002; Rojas et al., 2007; Silva et al., 2013).

O número de raízes produzidas por planta de mandioca em relação às frequências de irrigação, apresentou regressão linear decrescente ( $R^2 = 0,65$ ). Frequências aplicadas a cada 4 dias proporcionaram aumento de 20% no número de raízes por plantas, em relação à frequência aplicada a cada 16 dias (Figura 4A).

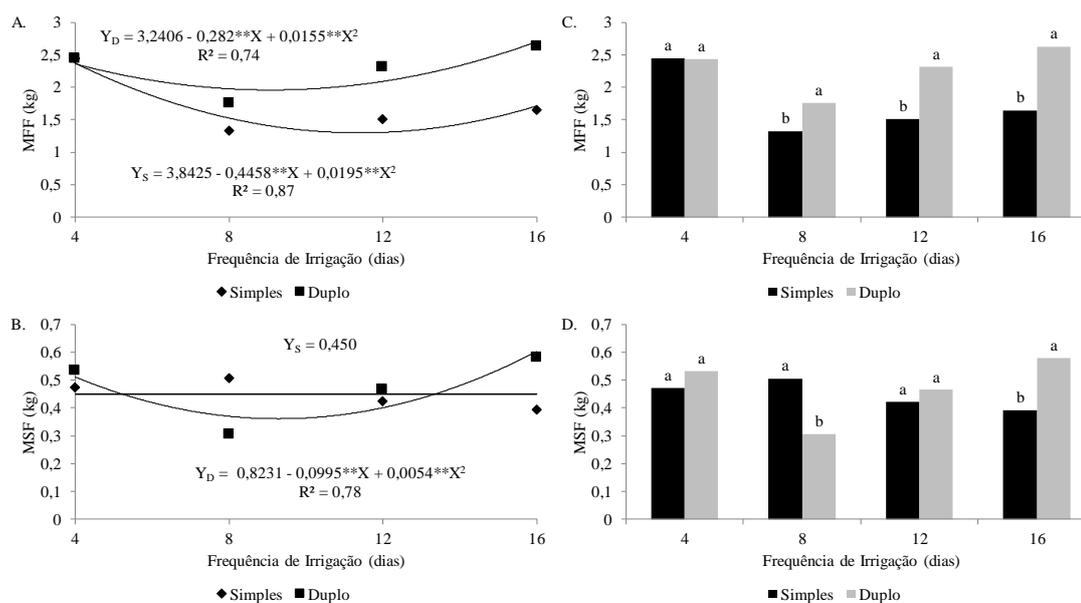


**Figura 4.** Número de raiz de mandioca, em função da frequência de irrigação (A), e em relação aos espaçamentos de plantio com e sem irrigação (B) aos 240 dias após plantio, Rio Verde – GO, 2016.

Plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras simples e duplas, apresentaram diferença significativa em relação à aplicação de irrigação. Maior quantidade de raiz foi observada em plantas irrigadas em relação às não irrigadas. Nas plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples, a irrigação proporcionou maior média de raiz em relação às plantas não irrigadas, com resultado 24,68% superior. Para os espaçamentos em fileiras duplas, as plantas também se destacaram quando receberam irrigação, com o aumento de raiz atingindo 35,13% em relação a plantas não irrigadas (Figura 4B).

O espaçamento entre plantas pode interferir no número de raízes, assim como o fator umidade. Esse processo pode estar pertinente ao favorecimento que a planta teve com maior absorção de umidade, luz e nutrientes, principalmente na fase inicial, pois em espaçamento com fileiras duplas deve ter ocorrido maior disponibilidade destes fatores e baixa competição entre plantas, em relação a plantas conduzidas em fileiras simples, favorecendo a produção de raízes. Aguiar et al. (2011) relatam que em condições de densidade menor (maior espaçamento), ocorre translocação de fotoassimilados em maior quantidade para a parte radicular, e contribui para o maior número e peso de raiz.

O desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamento apresentou ajuste quadrático para plantas cultivadas em espaçamentos com fileiras simples ( $R^2 = 0,87$ ) e com fileiras duplas ( $R^2 = 0,74$ ). A maior produção de MFF foi observada em plantas cultivadas com espaçamentos em fileiras duplas, e com frequência de irrigação a cada 16 dias. A média estimada foi de 2,69 kg por planta, resultado este 12,46% superior em relação as plantas mantidas com frequência a cada 4 dias, cuja média estimada foi de 2,36 kg por planta (Figura 5A).



**Figura 5.** Massa fresca de folha (A), Massa seca de folha (B) de mandioca, em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Massa fresca de folha (C), Massa seca de folha (D) de mandioca em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

Para plantas cultivadas em espaçamento com fileiras simples, a maior produção de MFF foi obtida com frequência de irrigação aplicada a cada 4 dias, com média estimada em 2,37 kg por planta. Este resultado é 28,27% superior em relação aos plantios conduzidos com frequência de irrigação a cada 16 dias, o qual apresentou média de 1,70 kg de MFF por planta (Figura 5A).

Para a MSF o desdobramento das frequências dentro de cada nível de espaçamento também apresentou resultado quadrático ( $R^2 = 0,78$ ), para plantas de mandioca cultivadas com espaçamentos em fileiras duplas. Irrigações efetuadas com frequência a cada 16 dias proporcionaram maior produção de MSF, com média 16,62% superior em relação as plantas que receberam frequências a cada 4 dias. Porém, em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples, o resultado do desdobramento apresentou  $R^2$  muito baixo, deste modo, optou-se por exibir a média que ficou em 0,450 kg por planta (Figura 5B).

Plantas conduzidas com espaçamentos em fileiras duplas, apresentaram maior produção de massa foliar e que a irrigação em baixa frequência teve melhor efeito, comparando-se a plantas conduzidas com altas frequências. A variação na produção de biomassa fresca e seca em plantas é um processo fisiológico que pode ser proporcionado por fatores adversos como a alteração no suprimento de água (Farooq et al., 2009). A mandioca apresenta estômatos que proporciona eficiente controle das trocas gasosas

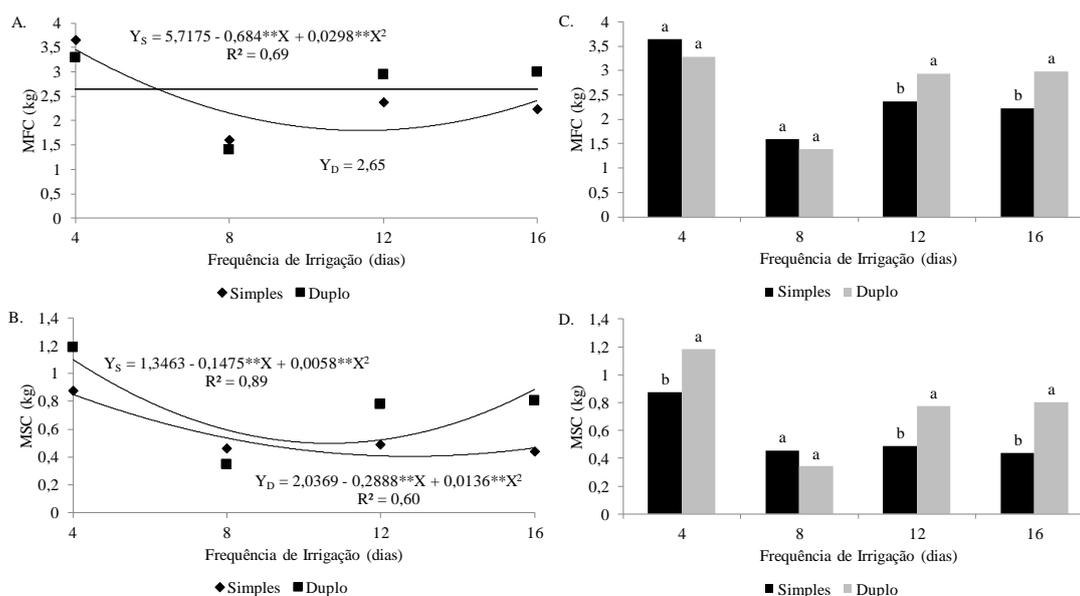
quando se encontram sujeitas a déficit de água no solo. Sob condições de seca a produção da parte aérea se reduz, mantendo baixa taxa fotossintética, quando a umidade se torna disponível, ocorre rápida ativação dos mecanismos de recuperação, formação de novas folhas e elevada taxa de fotossíntese, de modo a compensar as perdas de produção (EL-Sharkawy, 2007; Pinheiro et al., 2014).

Analisando o desdobramento dos espaçamentos dentro de cada nível de frequência de irrigação, observou-se que não houve diferença significativa para a produção de MFF em frequência aplicada a cada 4 dias. Porém nas frequências aplicada a cada 8, 12 e 16 dias, houve diferença significativa, e que o espaçamento em fileiras duplas apresentou maiores resultados (Figura 5C).

Não houve diferença significativa para a produção de MSF quando foi utilizada as frequências de irrigação a cada 4 e 12 dias, porém, para a frequência aplicada a cada 8 dias, maior produção de MSF foi obtida em plantas cultivadas com fileiras simples (0,505 kg), resultado 39,6% superior em relação a plantas cultivadas em fileiras duplas (0,305 kg). Para a frequência de irrigação aplicada a cada 16 dias, maior produção de MSF foi obtida em plantas cultivadas em espaçamento com fileiras duplas (0,580 kg), apresentando resultado 32,41% superior em relação a plantas cultivadas em espaçamento com fileiras simples (0,392 kg) (Figura 5D).

A densidade de plantio no cultivo da mandioca segundo Silva et al. (2013), proporcionou efeito sobre a produção de matéria seca da parte aérea cujo aumento na densidade proporciona incremento da produção de folhas e caules, com valores máximos ocorrendo em densidades que variaram entre 18.181 a 12.500 plantas ha<sup>-1</sup>.

Analisando o desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamento, verificou-se que a produção de MFC em plantas de mandioca conduzidas com espaçamento em fileiras simples ajustou-se ao modelo quadrático de regressão ( $R^2 = 0,69$ ) (Figura 6A).



**Figura 6.** Massa fresca de caule (A), Massa seca de caule (B) de mandioca, em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Massa fresca de caule (C), Massa seca de caule (D) de mandioca em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

Maior produção de MFC foi obtida em plantas conduzidas com frequências de irrigação aplicada a cada 4 dias com média de 3,45 kg por planta, este resultado é 30,53% superior em relação a plantas irrigadas a cada 16 dias que teve média de 2,40 kg por planta, e 47,82% superior em relação aos tratamentos com aplicação de irrigação a cada 12 dias, com média de 1,80 kg por planta. A análise do desdobramento para plantas cultivadas com espaçamento em fileiras duplas apresentou  $R^2$  muito baixo, sendo assim, optou-se em apresentar apenas a média, que foi de 2,65 kg por planta (Figura 6A).

Quanto à produção de MSC, os resultados para as plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples e duplas, em relação às frequências de irrigação, se ajustaram ao modelo quadrático de regressão ( $R^2 = 0,89$ ) e ( $R^2 = 0,60$ ) (Figura 6B). Plantas cultivadas com espaçamentos em fileiras simples, apresentaram maiores produções de MSC com frequência de irrigação aplicada a cada 4 dias (0,849 kg), sendo 44,51% superior em relação as plantas irrigadas a cada 16 dias (0,474 kg) e 51,11% superior em relação as plantas irrigadas a cada 12 dias (0,411 kg) (Figura 6B).

Em plantas cultivadas com espaçamentos em fileiras duplas, maiores produções de MSC também foram obtidas com aplicação de frequências de irrigação a cada 4 dias (1,09 kg), sendo 18,32% superior em relação as plantas irrigadas a cada 16 dias (0,897 kg) e 51,46% superior em relação as plantas irrigadas a cada 12 dias (0,529 kg) (Figura 6B).

O aumento na densidade de plantio da mandioca, influenciou no aumento da primeira ramificação, que teve relação direta com o aumento no desenvolvimento da matéria fresca e seca da parte aérea, com valores máximos alcançados em plantios com densidade de 16,7 mil plantas por hectare (Silva et al., 2013).

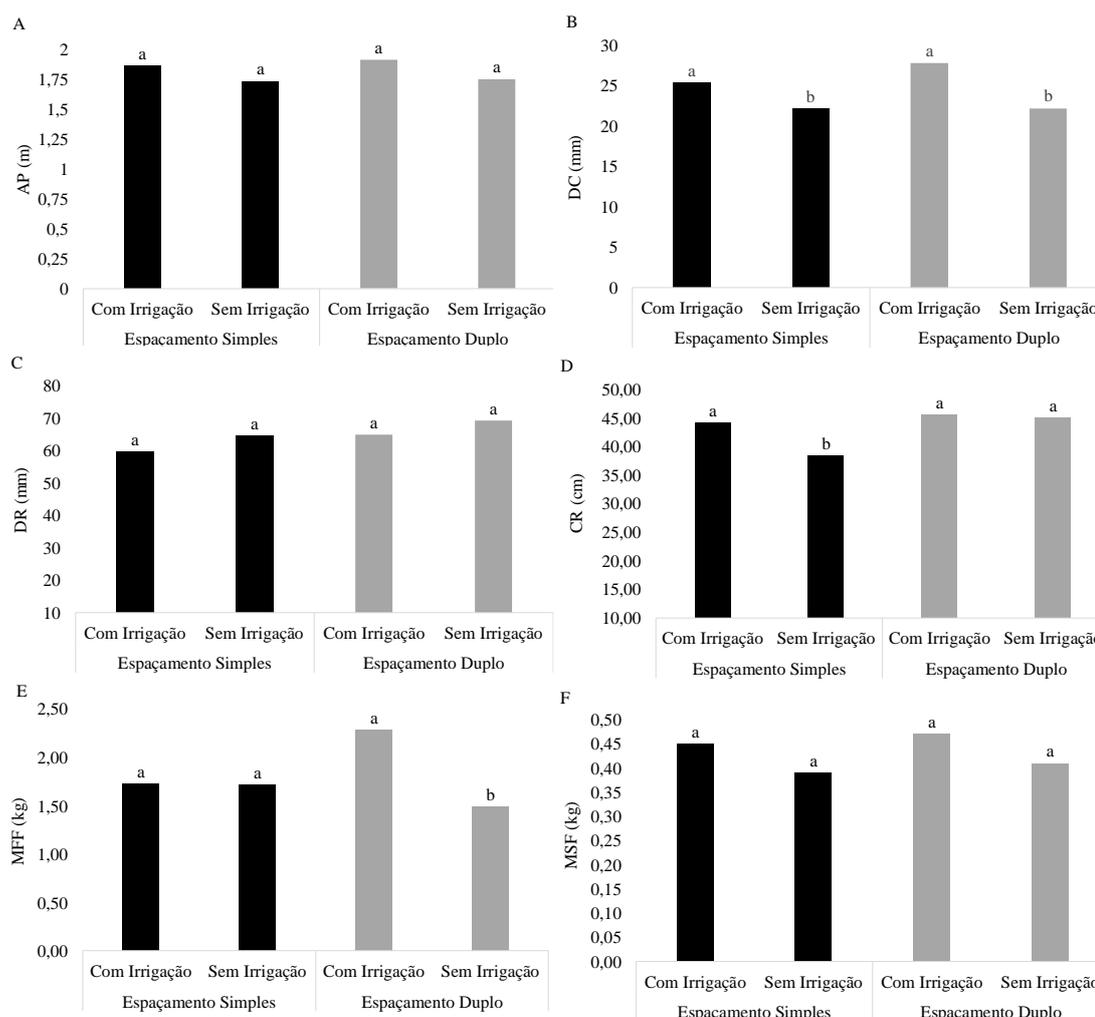
Pinheiro et al. (2014) relata que tratamentos com maior densidade de plantio em cultivo de mandioca, apresentaram maiores índices de área foliar e de massa seca e fresca da parte aérea, ao longo do desenvolvimento de plantas cultivadas em regime de sequeiro, porém, Streck et al. (2014) obteve aumento de folhas e da massa aérea em plantio conduzido com menor densidade de plantas, resultado observado pelo maior tamanho das folhas da primeira ramificação.

O desdobramento dos espaçamentos de plantio em relação a cada nível de frequências de irrigação, não apresentou diferenças significativas na produção de MFC em plantas cultivadas com frequências aplicadas a cada 4 e 8 dias. Plantas que receberam irrigação a cada 12 e 16 dias apresentaram maior produção de MFC quando conduzidas com espaçamento em fileiras duplas (Figura 6C).

Para a produção de MSC, não houve diferença significativa entre espaçamentos de plantio, em plantas de mandioca cultivadas com frequência de irrigação aplicada a cada 8 dias. Porém em plantas cultivadas com frequências aplicadas a cada 4, 12 e 16 dias houve diferença significativa, sendo que maiores produções foram observadas em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas (Figura 6D).

Estudando diferentes regimes hídricos no cultivo da mandioca, (Pastrana et al., 2015) relataram que ocorreu maiores rendimentos da parte aérea e da produção de raízes em plantas irrigadas em relação as plantas cultivadas em sequeiro. Apesar de ser cultivada em regime de sequeiro e em áreas marginais com baixa produção, devido à deficiência hídrica, a mandioca apresenta expressiva produtividade em plantios irrigados com aumento de 60% na massa fresca e seca de raízes e parte aérea (Souza et al., 2010).

Em relação a variável AP, não houve diferença significativa entre as médias de plantas conduzidas com e sem irrigação, em espaçamentos simples e duplos. Para o DC, as maiores médias foram obtidas em plantas irrigadas, conduzidas em espaçamentos com fileiras simples e com fileiras duplas. Em espaçamento com fileiras simples, plantas irrigadas apresentaram aumento de 12,62% no DC, relação às plantas não irrigadas, enquanto no espaçamento em fileiras duplas o aumento foi de 20,15% (Figura 7A; Figura 7B).



**Figura 7.** Altura de planta (A), Diâmetro do caule (B), Diâmetro de raiz (C), Comprimento de raiz (D), Massa fresca de folha (E) e Massa seca de folha (F), de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio, cultivada com e sem irrigação em espaçamentos simples e duplos, Rio Verde – GO, 2016.

Quanto ao desenvolvimento do DR, plantas conduzidas em espaçamentos com fileiras simples e duplas não apresentaram diferença significativa em relação à aplicação de irrigação, (Figura 7C). Para o CR, a irrigação proporcionou efeito significativo em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples, em que raízes de plantas irrigadas apresentaram comprimento estimado de 44,19 cm, sendo 13,19% superior em relação a plantas não irrigadas (38,36 cm). Plantas cultivadas com espaçamento em fileiras duplas, não apresentaram diferença significativa quanto a irrigação (Figura 7D).

Ao analisar o rendimento de mandioca submetida a vários regimes hídricos, Odubango et al. (2011) relatam que nas plantas com irrigação plena, o DC aumentou com o tempo de plantio, alcançando 13 mm aos 74 DAP, porém em plantas não irrigadas o desenvolvimento foi de 9 mm, conferindo diferença de 30,76%. Albuquerque et al. (2012) analisaram plantios com espaçamentos em fileiras simples e duplas, e concluíram que o

NR e o DR foram influenciados por essas variáveis, e plantas com fileiras simples (mais adensadas) apresentaram maior NR e menor DR.

Plantas conduzidas em espaçamento com fileiras simples não apresentaram diferença quanto ao uso da irrigação na produção de MFF. Porém, em espaçamentos com fileiras duplas, plantas irrigadas tiveram produção média de 2,28 kg, sendo 34,6% superior em relação a plantas não irrigadas, com produção de 1,49 kg (Figura 7E). Quanto à produção de MSF, não foi observada diferença entre plantas irrigadas e não irrigadas nos espaçamentos com fileiras simples e duplas respectivamente (Figura 7F).

A massa seca e fresca da parte aérea é influenciada pela densidade de plantio. Em baixas densidades de plantas (fileiras duplas), ocorre excedente de fatores de produção como luz, água e nutrientes favorecendo maior produção da massa de folhas, de caules e de raízes, (Silva et al., 2013), corroborando com os resultados observados no presente estudo. Outros fatores que estão atrelados aos arranjos de espaçamento são as respostas fisiológicas estratégicas que as plantas possuem, o que ajuda a prevenir interações competitivas com plantas vizinhas, e inibe concorrentes próximos (como exemplo a alelopatia) (Violle et al., 2009).

Quanto à variação dos espaçamentos de plantio, das frequências de irrigação, e da interação entre espaçamentos versus frequências, a análise de variância apresentou resultados significativos para a massa fresca de raiz (MFR) e para a produtividade de massa fresca de raiz (PMFR) ( $p < 0,01$ ), porém, para a massa seca de raiz (MSR) e a produtividade massa seca de raiz (PMSR), os resultados não foram significativos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para a massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR), produção de massa fresca de raiz (PMFR) e produção de massa seca de raiz (PMSR) de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio (DAP), cultivada em dois tipos de espaçamentos e com diferentes frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

FV	GL	Quadrados Médios			
		MFR	MSR	PMFR	PMSR
Espaçamento (E)	1	16,488**	0,353ns	743,147**	12,325ns
Frequência (F)	3	4,018**	0,186ns	798,657**	42,045ns
Interação E x F	3	3,407**	0,199ns	656,997**	44,894ns
Bloco	3	0,203	0,037	48,481	7,619
Resíduo	21	0,412	0,098	89,017	23,593
CV (%)		14,48	19,52	14,15	19,95
ESI vs T <sub>1</sub>	1	3,828**	1,285**	1058,876**	358,069**
EDI vs T <sub>2</sub>	1	13,179**	1,941**	2538,680**	376,321**

\*\*significativo a 1%, ns - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ESI - espaçamento em fileiras simples irrigadas. EDI - espaçamento em fileiras duplas irrigadas. T<sub>1</sub> - sem irrigação com espaçamento simples. T<sub>2</sub> - sem irrigação com espaçamento duplo. GL – Graus de Liberdade e CV – Coeficiente de Variação.

Variações no arranjo de plantio proporcionam alterações na densidade de plantas por área cultivada. Silva et al. (2013) descrevem que essa variação provocou efeito sobre a produção de massa fresca de raiz, com acréscimo à medida que a densidade de plantas aumentou, mas diminuiu novamente após atingir a densidade de 18 mil plantas por hectare. Streck et al. (2014), observaram que, em tratamento utilizando plantios com alta densidade, houve maior produtividade de raiz, diferindo dos tratamentos com menor densidade.

Embora as mudanças na densidade de plantas produzem efeito no rendimento de raiz de mandioca, informações disponíveis sugerem que a cultura possui flexibilidade quanto à produção de massa radicular em diversos arranjos de plantio (Leihner, 2002; Rojas et al., 2007; Silva et al., 2013).

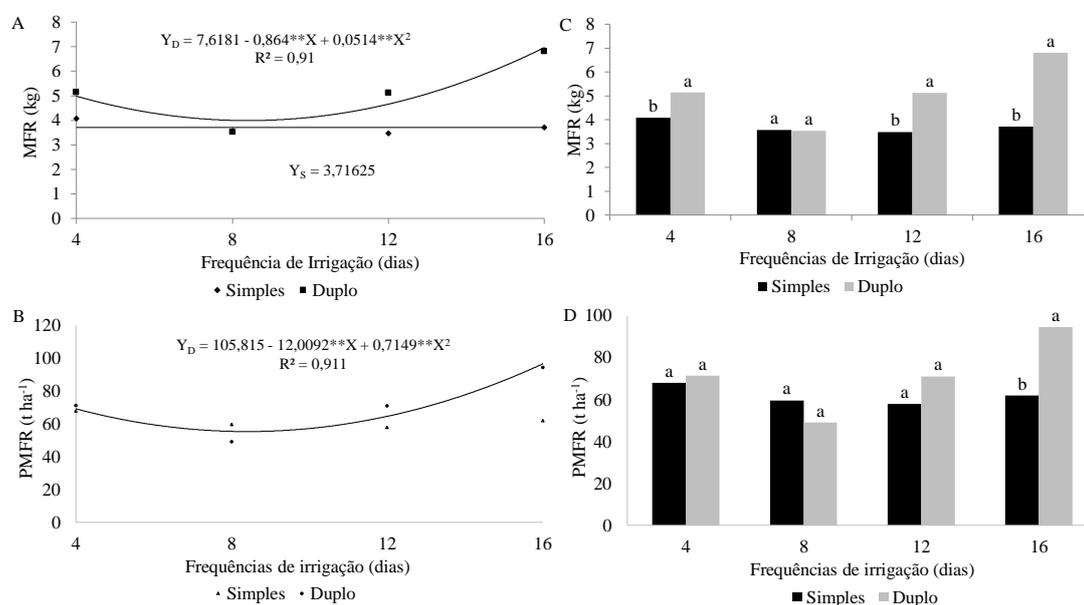
Comparando plantas cultivadas com espaçamento em fileiras simples irrigadas (ESI), versus o tratamento T<sub>1</sub> (espaçamento em fileiras simples sem irrigação), e plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas irrigadas (EDI), versus o tratamento T<sub>2</sub> (espaçamento em fileiras duplas sem irrigação), observou-se diferença significativa para a MFR, MSR, PMFR e PMSR ( $p < 0,01$ ) (Tabela 5).

Produção satisfatória de MFR foi obtida em plantas conduzidas com baixa disponibilidade hídrica na fase inicial (até 4 meses), posteriormente a esta fase, maior produção de MFR foram observadas em plantas conduzidas com irrigação plena (Sunitha

et al., 2013). Oliveira et al. (2015) analisaram várias cultivares de mandioca submetidas ao déficit hídrico e verificou redução na produtividade total de raiz e da massa aérea, em comparação a plantas irrigadas.

Estudos demonstram que a irrigação em plantas de mandioca, durante todo o ciclo de cultivo, proporciona aumento no rendimento de massa fresca e seca de raiz, sendo que estes valores podem chegar a 60% (Odubanjo et al., 2011; Pastrana et al., 2015; Souza et al., 2010)

O desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamento de plantio, ajustou-se ao modelo quadrático de regressão ( $R^2 = 0,91$ ), para a produção de MFR, em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas. Maior produção de MFR foi obtida quando se utilizou frequência de irrigação a cada 16 dias, (6,95 kg por planta), sendo 28,34% superior em relação a plantas irrigadas a cada 4 dias (4,98 kg por planta) e 42,58% superior em relação a plantas irrigadas a cada 8 dias (3,99 kg por planta). Plantas conduzidas em espaçamento com fileiras simples, apresentou  $R^2$  muito baixo, assim sendo, optou-se em apresentar a média da produção de MFR que foi de 3,72 kg por planta (Figura 8A).



**Figura 8.** Produção de massa fresca de raiz (A), produtividade de massa fresca de raiz (B) de mandioca em função das frequências de irrigação para cada espaçamento de plantio. Produção de massa fresca de raiz (C) e produtividade de massa fresca de raiz (D) em relação aos espaçamentos de plantio dentro das frequências de irrigação, Rio Verde – GO, 2016.

Quando a mandioca é submetida ao estresse hídrico, ela apresenta eficiente controle fisiológico em relação a perda d'água e trocas gasosas, isto é, entra em estado de repouso fisiológico. Assim que a umidade do solo é retomada, ocorre rápida translocação de açúcares de reserva para produção de novas folhas e ramos, compensando as perdas causadas pelo estresse (EL-Sharkawy, 2007). Streck et al. (2014), observaram que plantas de mandioca conduzidas em espaçamentos simples, apresentaram maior produção de MFR por hectare, em relação a plantas conduzidas com espaçamentos duplos. Porém, a produção por planta apresentou maior peso de raiz, somente quando conduzidas em espaçamentos duplos.

Para PMFR em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas, a análise do desdobramento das frequências de irrigação dentro de cada nível de espaçamento de plantio, se ajustou ao modelo quadrático de regressão ( $R^2 = 0,91$ ). Entretanto, em relação ao cultivo com espaçamento em fileiras simples, não houve diferenças significativas em relação à variação nas frequências de irrigação (Figura 8B). Em cultivos com fileiras duplas, maior PMFR foi obtida em plantas conduzidas com frequência de irrigação aplicada a cada 16 dias, com média de  $96,68 \text{ t ha}^{-1}$ . Este resultado é 28,4%, 42,6% e 33,12% superior em relação as plantas conduzidas com frequência aplicada a cada 4, 8 e 12 dias respectivamente (Figura 8B).

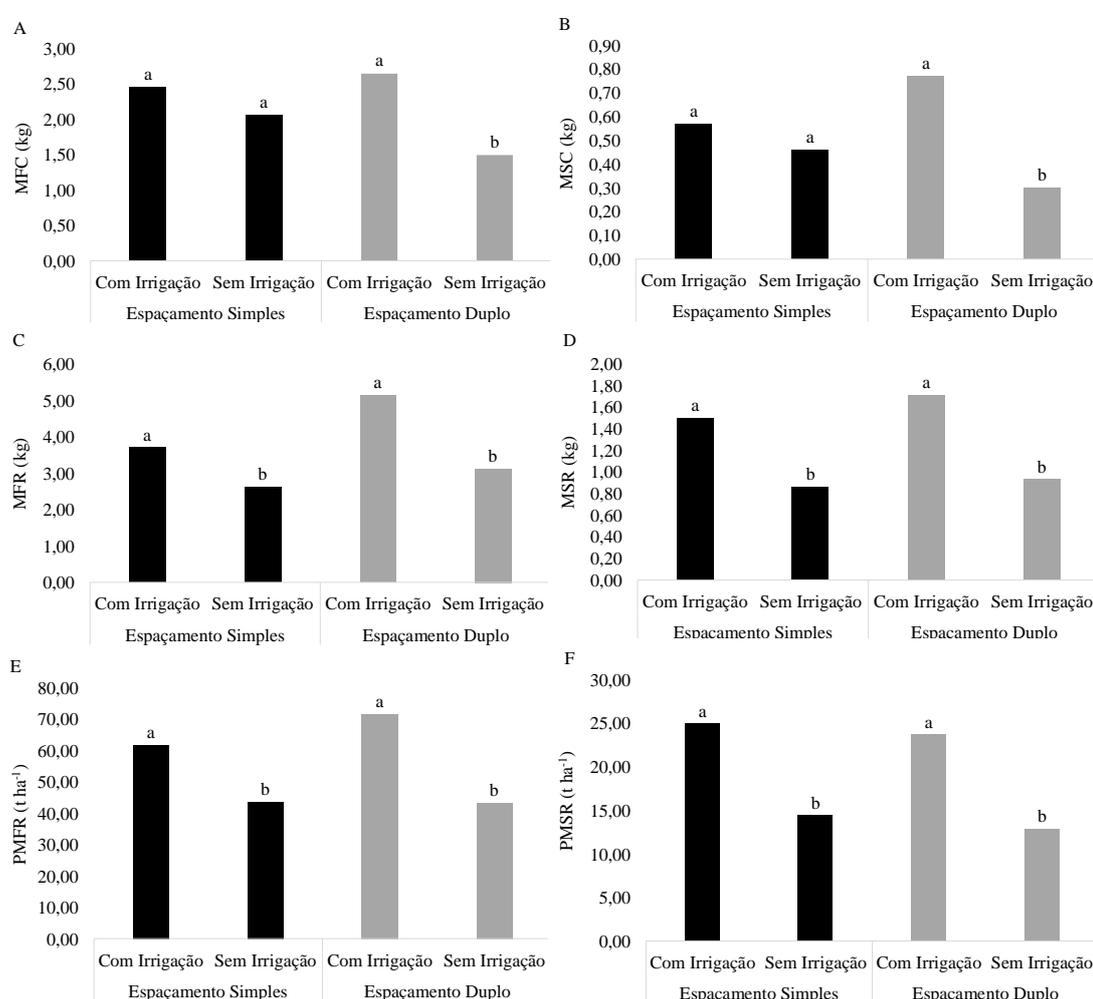
Em plantas de mandioca o uso de estresse hídrico moderado tem efeito favorável no processo de desenvolvimento do sistema radicular modificado, visto que após a reidratação, a mandioca se recuperou rapidamente formando novas folhas, isso aumenta a interceptação por luz e a fotossíntese do dossel, compensando assim as perdas anteriores da biomassa radicular (EL-Sharkawy, 2007).

Analisando os espaçamentos de plantio dentro de cada nível de frequência de irrigação, observa-se que houve diferença significativa na produção da MFR em plantas que receberam irrigação a cada 4, 12 e 16 dias, sendo que os maiores resultados foram obtidos em plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas. Plantas que receberam irrigação com frequência a cada 8 dias, não apresentaram diferença significativa (Figura 8C). Para a PMFR, não foi observado diferença significativa, em relação aos espaçamentos de plantios, em plantas irrigadas com frequência a cada 4, 8 e 12 dias. Em plantas conduzidas com frequência aplicada a cada 16 dias, maiores PMFR foram observadas em cultivos com espaçamento em fileiras duplas (Figura 8D).

Mudanças na densidade de plantio pode produzir efeito no rendimento da raiz de mandioca, porém esta cultura apresenta-se bastante flexível, mantendo o nível de

produção quando o arranjo de plantio é alterado (Rojas et al., 2007; Silva et al., 2013). Folhas, caules e raízes tuberosas são drenos que competem por exsudatos da seiva durante o ciclo de vida da mandioca. Em plantas submetidas a condições de maior espaçamento de plantio, os drenos das raízes superam os drenos da parte aérea, assim plantios mais espaçados apresentam maior produção de raízes. (Aguiar et al., 2011)

Plantas conduzidas com e sem irrigação, em espaçamentos com fileiras simples não apresentaram diferença significativa para a produção de MFC, porém, plantas irrigadas e conduzidas em espaçamento com fileiras duplas, teve 43,38% a mais na produção MFC em relação a plantas não irrigadas (Figura 9A).



**Figura 9.** Produção de massa fresca de caule (A), Produção de massa seca de caule (B), Produção de massa fresca de raiz (C), Produção de massa seca de raiz (D), Produtividade de massa fresca de raiz (E) e Produtividade de massa seca de raiz (F), de mandioca de mesa aos 240 dias após plantio, cultivada com e sem irrigação em espaçamentos com fileiras simples e duplas, Rio Verde – GO, 2016.

Em plantas cultivadas com e sem irrigação, em espaçamentos com fileiras simples não houve diferença significativa para a produção de MSC. Quando cultivadas em espaçamento com fileiras duplas, plantas irrigadas apresentaram aumento de 61,03% na produção MSC em relação as plantas não irrigadas (Figura 9B). O espaçamento de plantio pode influenciar no desenvolvimento de caules em plantas irrigadas, este resultado está relacionado com a baixa competição entre plantas, em plantios com menor densidade (fileiras duplas), em que não ocorre redução de nutrientes, umidade e absorção de luz.

A redução na produção de biomassa fresca e seca é um efeito adverso comum imposto pelo déficit hídrico nas plantas cultivadas (Farooq et al., 2009). Embora as mudanças na densidade de plantio possam produzir alterações na MFC e na MSC. Leihner (2002) relata que a cultura reagiu pouco às mudanças no arranjo de plantio, em relação à produção de parte aérea da planta, pois é bastante flexível, mantendo o nível de produção.

Em relação à produção da MFR, plantas conduzidas com espaçamentos em fileiras simples apresentaram maiores resultados quando irrigadas, com aumento de 29,38% em relação as plantas não irrigadas. Para plantas irrigadas e cultivadas em espaçamento com fileiras duplas, o aumento foi de 39,41% em relação a plantas não irrigadas (Figura 9C).

Quanto à produção de MSR, plantas irrigadas e cultivadas em espaçamento com fileiras simples produziram 42,66% mais MSR em relação as plantas não irrigadas. Quando cultivadas com espaçamento em fileiras duplas, o aumento foi de 45,61% para plantas irrigadas, em relação as plantas não irrigadas (Figura 9D).

A produção de MFR e MSR pode está diretamente relacionada com o arranjo dos espaçamentos de plantio, assim como, em relação a disponibilidade hídrica. Silva et al. (2013), relatam que embora as mudanças na densidade de plantio tenham geralmente produzido efeito expressivo no rendimento da raiz de mandioca, a cultura parece ter reagido pouco quando ocorreram mudanças no padrão de plantio. Deficiência hídrica extrema no cultivo da mandioca pode causar competição entre plantas, quando conduzidas em plantios adensados, provocando a indução do fechamento dos estômatos, redução da fotossíntese e paralização da planta (EL-Sharkawy, 2007).

Para a PMFR maiores resultados foram observados em plantios irrigados, conduzidos com espaçamentos em fileiras simples e em fileiras duplas. Plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples e irrigadas, apresentaram 29,4% mais PMFR em relação aos tratamentos não irrigados, com média estimada de 61,8 t ha<sup>-1</sup>. Plantios conduzidos com espaçamento em fileiras duplas e irrigados apresentaram

maiores médias, apresentando resultados 39,4% superior em relação aos não irrigados, com média estimada de 71,5 t ha<sup>-1</sup> (Figura 9E).

Resultados semelhantes foram observados na PMSR, e plantas cultivadas com espaçamento em feiras simples e irrigadas apresentaram média de 24,97 t ha<sup>-1</sup>, resultado este 42,33% superior em relação as plantas não irrigadas. Nos tratamentos conduzidos com espaçamento em fileiras duplas, maiores médias de produtividade também foram obtidas em plantas irrigadas (23,73 t ha<sup>-1</sup>), resultado 45,68% superior em relação as plantas não irrigadas (12,89 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 9F).

A redução na densidade de plantio teve efeito sobre a PMFR e PMSR, este tipo de comportamento ocorre na maioria das culturas, pois à medida que a densidade de plantio aumenta, ocorre maior competição por fatores de produção. Rojas et al. (2007) observaram alterações no rendimento de raiz quando analisaram variações nos espaçamentos entre linhas e entre plantas dentro da linha de plantio. Na cultura da mandioca, estudos demonstram que plantas conduzidas mais espaçadas apresentaram maior disponibilidade de fatores de produção como, nutrientes, luz e umidade (Silva et al., 2013; Aguiar et al., 2011).

O aumento na densidade de plantio provoca redução no espaçamento entre plantas, aumentando a competição, e que conseqüentemente reduz a produção de biomassa fresca e seca. Por outro lado, a deficiência hídrica causa competição entre raízes com indução ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese, levando a paralização da planta (pousio fisiológico) (EL-Sharkawy, 2007; Helal et al., 2013).

Plantas irrigadas e conduzidas com espaçamentos em fileiras simples tiveram maiores produções aos 240 dias após plantio, em relação a plantas que não receberam irrigação. Resultado parecido também foi observado por Souza et al. (2010), em que plantas de mandioca irrigadas durante todo o ciclo tiveram aumento da produtividade de raízes, porém não é influenciada apenas pela irrigação, mas também pela época de colheita.

#### 4.4. CONCLUSÕES

Irrigação localizada, aplicada com frequência a cada 16 dias, em plantios com fileiras duplas, contribuiu para o aumento de 12,46% na MFF, e de 16,21% na MSF em relação às frequências aplicadas a cada 4 dias.

Plantios de mandioca, irrigadas via gotejamento superficial, apresentaram maior produtividade de raiz (PMFR), quando conduzidas com frequência de irrigação a cada 16 dias e em espaçamento com fileiras duplas, com média estimada em 96,68 t ha<sup>-1</sup>.

O uso da irrigação no cultivo de mandioca proporciona aumento na produtividade de massa fresca e seca de raízes, com valores 39,4% superior em relação a plantas não irrigadas, possibilitando sua colheita aos 240 dias após plantio.

#### 4.5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), e ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde.

#### 4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALBUQUERQUE, J. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. D.; SEDIYAMA, C. S.; ALVES, J.; NETO, F. D. A. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 4, n. 4, p. 388-394, out. - dez., 2009.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J. M. A.; SILVA, A.A.; UCHÔA, S.C.P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Ciencia Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 532–538, 2012.

ALVES, A.; SANTOS, A.; MARTINS, M.; CARVALHO, P. C. L.; LEDO, C. D. S. Manutenção, ampliação e utilização da coleção de espécies silvestres de mandioca da Embrapa Mandioca & Fruticultura. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM.

CEBALLOS, H.; LA CRUZ, G. A. Taxonomía y morfología de la yuca. *In*: OSPINA, I. A.; CEBALLOS, H. **La Yuca en el tercer milenio**. Cali: CIAT, Publicacion 327, 2002. Cap. 2, p. 17-33.

CLAESSEN, M. E. C. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

COELHO, E. F.; DA SILVA, A. J. P. Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013. 26p.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, v. 65, n. 3, p. 467-475, 2006.

EL-SHARKAWY, M. A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 257–286, 2007.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura 2003**. <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/importancia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm)> , Acesso em: 15 fev. 2018.

FAO: **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014**. Disponível em: < [http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcds/index\\_es.html](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/gcds/index_es.html)>. Acesso em: 15 mar. 2018.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 185-212, 2009.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta Crantz*) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, v. 113, p.1–10, 2011.

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

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no cerrado: orientações técnicas**. 2ª ed. rev., ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 203 p.

OTSUBO, A. A.; LORENZI J. O. Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil. 1ª ed. Dourados MS: **EMBRAPA – Agropecuária Oeste**, 2004 116 p.

HELAL, N. A. S.; EISA, S. S.; ATTIA, A. Morphological and Chemical Studies on Influence of Water Deficit on Cassava 1. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 9, n. 5, p. 369–376, 2013.

HOWELL T. A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy journal**, v. 93, n. 2, p. 281-289, 2001.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2017. disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa\\_pesq\\_2017\\_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa_pesq_2017_dez.pdf)> acesso em 05 de fev. de 2018.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Trans. ASAE**. v. 17, p. 678-684. 1974.

KÖPPEN, Wladimir Peter. **Die Klimate der Erde: Grundriss der Klimakunde**. Walter de Gruyter, 1923.

LEIHNER, D. **Agronomy and cropping systems**. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. Cassava: Biology, production and utilization. 1ª ed. CABI, 2002. cap. 6, p. 91-113.

ODUBANJO, O. O.; OLUFAYO, A. A.; OGUNTUNDE, P. G. Water Use Growth, and Yield of Drip Irrigated Cassava in a Humid Tropical Environment. **Soil and Water Research**, v. 6, n. 1, p. 10–20, 2011.

OLIVEIRA, E. J.; AIDAR, S. T.; MORGANTE, C. V.; CHAVES, A. R. M.; CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A. Genetic parameters for drought-tolerance in cassava. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 1, p. 233–241, 2015.

PASTRANA, F. E.; ALVIZ, H. S.; SALCEDO, J. G. Respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta Cranz*) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 1, p. 48–53, 2015.

PINHEIRO, D. G.; STRECK, N. A.; RICHTER, G. L.; LANGNER, J. A.; WINCK, J. E. M.; UHLMANN, L. O.; ZANON, A. J. Limite crítico de água no solo para transpiração e crescimento foliar em mandioca em dois períodos com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1740–1749, 2014.

ROJAS, R.; GUTIÉRREZ, W.; ESPARZA, D.; MEDINA, B.; VILLALOBOS, Y.; MORALES, L. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta Crantz*, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 24, n. 1, p. 94-112, 2007.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 2013.

SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; FRANÇA, A. C.; FERREIRA, E. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca, **Plantas Daninhas**, v. 1, p. 30 – 34, 2012.

SILVA, T. S.; BRAGA, J. D.; SILVEIRA, L. M. D.; SOUSA, R. P. D. Planting density and yield of cassava roots. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 317–324, 2013.

SOUZA, M. J. L. DE.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; VASCONCELOS, R. C. DE; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 45–53, 2010.

FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**, 2017. <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1081020>> Acesso em 12 de fev. 2018.

STRECK, N. A.; PINHEIRO, D. G.; ZANON, A. J.; GABRIEL, L. F.; ROCHA, T. S.

M.; SOUZA, A. T. DE; SILVA, M. R. Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 407–415, 2014.

SUNITHA, S.; GEORGE, J.; SREEKUMAR, J. Productivity of Cassava (*Manihot esculenta*) as Affected by Drip Fertigation in the Humid Tropics. **Journal of Root Crops**, v. 39, n. 2, p. 100–104, 2013.

TÁVORA, F. J. A. F.; BARBOSA FILHO, M. Antecipação de plantio, com irrigação suplementar no crescimento e produção de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 12, p. 1915-1926, 1994.

VIOLLE, C.; GARNIER, E.; LECOEUR, J.; ROUMET, C.; PODEUR, C.; BLANCHARD, A.; NAVAS, M. L. Competition, traits and resource depletion in plant communities. **Oecologia**, v. 160, n. 4, p. 747–755, 2009.

## 5. CONCLUSÃO GERAL

Aos seis meses após plantio, plantas cultivadas com espaçamento em fileiras simples e irrigadas com frequência de 4 dia, proporcionou uma produtividade média estimada em 28,22 t ha<sup>-1</sup>, sendo 20,76% e 31,14% superior relação as plantas irrigadas com frequência de 12 e 16 dias.

Quando colhidas com 240 dias, as plantas conduzidas com espaçamento em fileiras simples não apresentaram diferença em relação a variação nas frequências de irrigação. Porém, plantas conduzidas com espaçamento em fileiras duplas, e com frequências de irrigação de 16 dias, apresentaram produtividade estimada em 96,68 t ha<sup>-1</sup>, resultado 28,4% superior em relação as plantas cultivadas com frequências aplicadas a cada 4 dias.

O manejo da irrigação localizada no cultivo da mandioca para consumo in natura, em relação às frequências de irrigação, pode ser efetuado a cada 4 dias, e com plantas conduzidas em espaçamento com fileiras simples, para colheita aos 180 dias. Para colheita aos 240 dias, o manejo pode ser realizado utilizando frequências aplicadas a cada 16 dias, a partir do 30º dia após plantio, e em plantas conduzidas com fileiras duplas.