

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE MANDIOCA PARA MESA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

**AGENOR NICOLI NETO¹; ROBSON BONOMO²; JOABE MARTINS DE SOUZA³;
ALAN DE LIMA NASCIMENTO⁴ E AUGUSTO MOREIRA DE PAULA
MAGALHÃES¹**

¹Engenheiro Agrônomo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES/UFES, Rodovia Governador Mário Covas, CEP 29932-540, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, Brasil. Email: agenornicoli@gmail.com.

²Professor titular da Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES/UFES, Rodovia Governador Mário Covas, CEP 29932-540, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, Brasil. Email: robsonbonomo@gmail.com.

³ Pós-Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo - CEUNES/UFES, Rodovia Governador Mário Covas, CEP 29932-540, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, Brasil. Email: joabenv@gmail.com.

⁴Mestrando em Agricultura Tropical, Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo - CEUNES/UFES, Rodovia Governador Mário Covas, CEP 29932-540, Km 60 - Bairro Litorâneo, São Mateus, ES, Brasil. Email: alan-lima07@hotmail.com.

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar diferentes lâminas de irrigação na produtividade e qualidade de mandioca para mesa em diferentes épocas de colheita em São Mateus (ES). O experimento foi em blocos inteiramente casualizados, em parcela subdividida com quatro repetições. As parcelas consistiram de cinco níveis de água (T1 – tratamento não irrigado; T2 – tratamento irrigado com reposição de 33% da ETc (evapotranspiração da cultura); T3 - tratamento irrigado com reposição de 66% da ETc; T4 - tratamento irrigado com reposição de 100% da ETc; T5 - tratamento irrigado com reposição de 133% da ETc). As subparcelas consistiram em três épocas de colheita após a emergência 9 MPE (meses pós-emergência), 11 MPE e 13 MPE. As maiores produtividades de mandioca de mesa foram alcançadas com lâmina de irrigação 130% e 146% da ETc, para raiz total e comercial respectivamente, nas condições edafoclimáticas estudadas, sendo as melhores para serem indicadas para a região norte do estado do Espírito Santo. As aplicações de lâminas de irrigação entre 101,5% e 118% proporcionaram as maiores estimativas para raízes total e comercial por planta, diâmetro médio e relação parte aérea/raiz total e comercial. O tempo de cozimento de raiz foi maior com colheita tardia e com o aumento das lâminas de irrigação.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, massa de raiz, tempo de cozimento, manejo irrigação.

**NICOLI NETO, A.; BONOMO, R.; SOUZA, J. M. de; NASCIMENTO, A. de L. E
MAGALHÃES, A. M. de P.
PRODUCTIVITY AND QUALITY OF TABLE CASSAVAIN DIFFERENT HARVEST
SEASONS AND IRRIGATION DEPTHS**

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different irrigation depths in the productivity and quality of cassava for table at different harvesting times in São Mateus, ES. The experiment was completely randomized blocks, in a subdivided plot with four replicates. Treatments consisted of five water levels (T1 - non irrigated treatment, T2 - irrigated treatment with 33% ETc replacement (crop evapotranspiration), T3 - irrigated treatment with 66% ETc replacement, T4 - irrigated treatment with replacement of 100% ETc, and T5 - irrigated treatment with 133% ETc replacement). The subplots consisted of three harvesting times after the emergency; 9 MPE - months post-emergency, 11 MPE, and 13 MPE. The highest table cassava yields were achieved with 130% and 146% of ETc irrigation depths, for total and commercial root respectively, under the edaphoclimatic conditions studied, being the best indication for the northern region of Espírito Santo state. Irrigation depths applications between 101.5% and 118% provided the highest estimates for total and commercial roots per plant, mean diameter and total shoot and commercial root / shoot ratio. Root cooking time was longer with late harvest and increased irrigation depths.

Keywords: *Manihot esculenta*, root mass, cooking time, irrigation management.

3 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura perene e é uma fonte importante de energia alimentar com sua raiz de amido, sendo considerada a cultura mais importante entre os tubérculos tropicais. A cultura é amplamente cultivada devido à adaptação a terras pequenas e marginais, tolerância à seca e custo baixo. Além disso, a mandioca pode ser cultivada ao longo do ano, independentemente da estação, desde que a umidade do solo seja suficiente. Devido à crescente demanda da cultura, o cultivo foi ampliado para áreas também com menor precipitação, onde a cultura é cultivada principalmente sob o método convencional de irrigação (SUNITHA; GEORGE; SREEKUMAR, 2013, CHRIS; TAN, 2015).

Segundo a Conab (2017) a produção brasileira de raiz de mandioca atingiu 23,71 milhões de toneladas no ano de 2016, com uma área colhida de 1,55 milhões de hectares. Em 2017, a previsão é de que a safra seja 15,5% inferior, sendo estimada em 20,03 milhões de toneladas,

devido à redução da área plantada observada na maioria dos Estados brasileiros. O Pará é o estado com a maior produção de raiz de mandioca do Brasil, com safra estimada de 4,19 milhões de toneladas em 2017, seguido por Paraná e Bahia, com 2,81 e 1,75 milhões de toneladas, respectivamente.

A cultura da mandioca quando cultivada com o uso da irrigação, a produtividade aumenta significativamente e o manejo é facilitado. No entanto, há informações limitadas sobre a relação entre as adaptações estruturais para tolerância à seca e produtividade em termos de armazenamento de raiz de mandioca. Isso exige um estudo aprofundado sobre a relação entre o padrão de crescimento das raízes de armazenamento e a produtividade na mandioca sob umidade do solo limitada e condições bem irrigadas para avaliar o padrão de acumulação de matéria seca, já que ocorrem padrões diferentes de volume de raízes de armazenamento com irrigação e sem irrigação (ADJEBENG-DANQUAH et al., 2016).

Com isso, é necessário comparar o efeito de diferentes lâminas de água de

irrigação visando à produtividade e qualidade da mandioca em função do clima da região norte do estado do Espírito Santo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes lâminas de irrigação na produtividade e qualidade de mandioca para mesa em diferentes épocas de colheita.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do CEUNES, pertencente à Universidade Federal do

Espírito Santo, município de São Mateus, sendo a latitude 18° 43' S, longitude 39° 51' W e altitude 39 metros. O clima da região é quente e úmido (tipo Aw de Köppen) (KOTTEK et al., 2006), com estação seca no outono-inverno e chuvosa na primavera-verão (PEZZOPANE et al., 2010).

O experimento foi desenvolvido em solo classificado como argissolo amarelo, segundo a classificação da Embrapa (2013). O local do experimento possui topografia plana, tendo suas características físico-hídricas, incluindo a curva de retenção de água apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características de textura, massa específica (ME) e curva de retenção de água do solo da área experimental.

Camadas (m)	Areia	Silte	Argila	ME (kg dm ⁻³)	Equação da Curva de Retenção ¹
0,00 - 0,20	655	27	318	1,43	$U = 14,37 + ((9,70)/(1+(0,053\Psi)^{1,328})^{0,386})$
0,20 - 0,40	655	27	318	1,65	$U = 19,11 + ((8,87)/(1+(0,0429\Psi)^{1,929})^{0,048})$

¹ U = umidade volumétrica (% v/v); Ψ = tensão matricial (kPa).

Em função da análise química do solo (Tabela 2), foi determinada a necessidade de adubações e calagem seguindo recomendação de Prezzoti et al. (2007) na profundidade de 0,00-0,30 m. Para calagem, foi usado calcário dolomítico (CaO-32%, MgO-14%, PRNT-86,11%), elevando a saturação da base para 60%. No plantio, realizado em julho de 2015, foram aplicadas as doses

recomendadas de fósforo e potássio, e as adubações nitrogenadas foram efetuadas em cobertura aos 20 e 60 dias após o plantio. As manivas utilizadas no plantio foram selecionadas buscando-se uniformizar o material utilizado. Foram utilizadas frações do terço médio das plantas, com comprimento de 0,20 m, e de 0,02 a 0,03 m de diâmetro.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental na profundidade de 0,00-0,30 m.

Parâmetro Analisado	Unidade	Valor
Fósforo Mehlich ¹	mg dm ⁻³	7,0
Potássio (K) ¹	mg dm ⁻³	45
Enxofre (S) ³	mg dm ⁻³	8,0
Cálcio (Ca) ⁴	cmolc dm ⁻³	1,5
Magnésio (Mg) ⁴	cmolc dm ⁻³	0,5
Alumínio (Al) ⁴	cmolc dm ⁻³	0,3
H+Al ⁵	cmolc dm ⁻³	2,8
pH em H ₂ O ⁶	-	5,4
Matéria Orgânica ⁸	dag kg ⁻¹	2,1
Ferro (Fe) ¹	mg/dm ⁻³	166
Zinco (Zn) ¹	mg dm ⁻³	0,2
Cobre (Cu) ¹	mg dm ⁻³	0,5
Manganês (Mn) ¹	mg dm ⁻³	5,0
Boro (B) ⁹	mg dm ⁻³	0,58
Sódio (Na) ¹	mg dm ⁻³	21,0
Relação Ca/Mg	-	3,0
Relação Ca/K	-	13,0
Relação Mg/K	-	4,3
Sat. Ca na CTC (T)	%	30,5
Sat. Mg na CTC (T)	%	10,2
Sat. K na CTC (T)	%	2,3
Índice saturação Na	%	1,8
Soma de Bases (SB)	cmolc dm ⁻³	2,2
CTC efetiva (t)	cmolc dm ⁻³	2,5
CTC a pH 7,0 (T)	cmolc dm ⁻³	5,0
Sat. Alumínio (m)	%	12,0
Saturação de bases	%	44,1

¹Extração: HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹; ²P na solução de equilíbrio, obtido com CaCl₂ 10 mm L; ³Extração: Ca (H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹; ⁴ Extração: KCl 1mol L⁻¹; ⁵Solução Tampão SMP; ⁶pH em H₂O 1:2,5; ⁷pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; ⁸Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 2H₂O + 4 mol L⁻¹ H₂SO₄ 10 mol L⁻¹; ⁹Extração: BaCl₂ 2H₂O 0,125%; ¹⁰Extração: H₂O 1:5.

Durante a condução do experimento, foram realizadas três capinas manuais e uma química utilizando-se o glifosato na dosagem de 3,5 L ha⁻¹, e duas pulverizações, para o controle do ácaro (*Mononychellus tanajoa*), em todo o experimento, utilizando-se a Abamectina na dosagem de 100ml 100L⁻¹ de água, nos meses de abril e maio de 2016.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em parcela subdividida, com cinco parcelas, três subparcelas e quatro repetições. Nas parcelas foram aplicados cinco níveis de suprimento de água, sendo: T1 –

tratamento não irrigado; T2 – tratamento irrigado com reposição de 33% da ETc (evapotranspiração da cultura); T3 - tratamento irrigado com reposição de 66% da ETc; T4 - tratamento irrigado com reposição de 100% da ETc; T5 - tratamento irrigado com reposição de 133% da ETc. As subparcelas consistiram em três épocas de colheita após a emergência, aos 9 MPE (meses pós-emergência) (abril/2016), aos 11 MPE (julho/2016) e aos 13 MPE (setembro/2016).

O experimento consistiu no plantio do cultivar regionalmente conhecido como

aipim manteiga, empregado para mesa, num arranjo espacial de fileira dupla (1,5 m x 1,0 m x 0,6 m). As parcelas compreenderam duas fileiras duplas com um comprimento total de 8,0 m, e largura de 5,2 m, com 13 plantas por linha na parcela e um total de 52 plantas. As subparcelas (época de colheita) consistiram na colheita de oito plantas por parcela. O sistema de irrigação empregado foi por microaspersão com a linha de microaspersores posicionada entre as duas fileiras duplas.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada, segundo Allen et al. (1998), por meio de medidas dos elementos velocidade do vento (m s⁻¹), radiação solar (MJ m⁻² dia⁻¹), umidade relativa do ar e temperatura do ar (°C), obtidos em uma estação meteorológica automática da rede do INMET instalada a 850 metros do local.

Os valores de K_c empregados, para cada fase de desenvolvimento das plantas, nas estimativas da evapotranspiração da cultura (ET_c = ET_o K_c, mm dia⁻¹) foram 0,30 do plantio aos 30 DAE, crescentes até a fase 03, e 0,80 (fase 03) até a colheitas, baseados nos valores apresentados por Coelho Filho et al. (2009). A lâmina de irrigação aplicada foi determinada pela Eq.1, já o KL foi obtido segundo Eq.2, proposta por Keller e Bliessner (1990).

$$La = (ET_c \times LAP) - P \quad (1)$$

Em que, La = lâmina de irrigação localizada, (mm); ET_c = evapotranspiração da cultura (ET_o x K_c), mm; LAP = fração da lâmina aplicada em cada parcela, em decimal; P = precipitação no período, mm.

O turno de rega adotado foi variável com irrigações realizadas sempre antes de consumir 50% da capacidade real de armazenamento de água do solo – CRA (BERNARDO et al., 2006), considerando uma profundidade efetiva do sistema

radicular de 0,30 m e capacidade de retenção de água no solo conforme tabela 1.

Os parâmetros avaliados em cada uma das três colheitas foram: a) Massa da parte aérea – determinado pela pesagem do material vegetal fresco logo após a colheita das raízes de cada parcela; b) Massa total de raízes; c) Massa de raízes comerciais – determinado pela pesagem de todas as raízes comerciais colhidas na parcela (foram consideradas raízes comerciais aquelas com comprimento e diâmetro maior ou igual a 0,20 m e 0,03 m, respectivamente); d) Produtividade de raízes tuberosas comerciais – relação entre a massa de todas as raízes tuberosas comerciais produzidas na parcela por colheita pela área da parcela; e) Produtividade total de raízes tuberosas - relação entre a massa de todas as raízes tuberosas produzidas na parcela por colheita pela área da parcela; f) Número total de raízes tuberosas comerciais; g) Número total de raízes tuberosas; h) Diâmetro médio das raízes tuberosas – medidos em dez raízes comerciais de cada parcela. Também foi determinado o tempo de cozimento.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento dos efeitos, segundo sua significância. A escolha do modelo de regressão baseou-se no modelo de maior grau significativo pelo teste F, cujo desvio da regressão tenha sido não significativo. Para análise das épocas de colheitas foi utilizado teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat (Silva; Azevedo, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de precipitação total, coeficiente da cultura (K_c), evapotranspiração da cultura (ET_c) e

lâminas de água aplicadas, em função dos tratamentos, durante o período experimental, compreendido entre o plantio em 06/07/2015 e a última colheita (05/09/2016), estão apresentados na Tabela

3. Os valores de precipitação, observados nesse intervalo de tempo, foram inferiores a menos da metade da média normal anual observada para São Mateus de 1225 mm.

Tabela 3. Precipitação, Coeficiente de cultivo (Kc), Evapotranspiração da cultura (ETc), e consumo mensal bruto de água de irrigação para cada um dos tratamentos de lâminas de irrigação.

Meses	Precipitação (mm)	Kc	ETc (mm)	Lâminas de Irrigação (mm)			
				33%	66%	100%	133%
jul/15*	39,8	0,3	21,2	1,7	3,4	5,1	6,9
ago/15	65,2	0,5	44,5	8,7	17,5	26,2	35,0
set/15	4,4	0,6	89,3	30,9	61,7	92,6	123,4
out/15	35,8	0,8	112,4	28,6	57,1	85,7	114,3
nov/15	26,6	0,8	130,9	35,1	70,3	105,4	140,5
dez/15	34,4	0,8	154,4	39,4	78,8	118,3	157,7
jan/16	193,8	0,8	114,9	0,0	0,0	0,0	0,0
fev/16	6,2	0,8	135,6	44,8	89,7	134,5	179,4
mar/16	52,6	0,8	128,8	26,9	53,7	80,6	107,4
abr/16	27,4	0,8	100,1	17,7	35,4	53,1	70,8
mai/16	22,2	0,8	81,0	14,9	29,7	44,6	59,4
jun/16	28,4	0,8	62,2	20,6	41,1	61,7	82,3
jul/16	47,8	0,8	57,3	21,1	42,3	63,4	84,6
ago/16	9,6	0,8	60,9	28,6	57,1	85,7	114,3
set/16	18,2	-	-	-	-	-	-
¹ Totais até colheita 01	486,2		1032,1	233,8	467,7	701,5	935,4
² Totais até colheita 02	553,0		1188,5	272,7	542,0	811,2	1080,5
³ Totais até colheita 03	594,2		1293,5	319,0	638,0	956,9	1275,9
Totais	612,4		1293,5	319,0	638,0	956,9	1275,9

*Plantio realizado em 06/07/2015; ¹Primeira colheita: 28/04/2016; ²Segunda colheita: 07/07/2016; ³Terceira colheita: 05/09/2016.

Com base na análise de variância, observou-se que não houve interação entre as lâminas e épocas de colheita, exceto para a massa média das raízes comerciais. Já o número de raízes total e comerciais por planta e o diâmetro médio das raízes

por planta não apresentaram diferença estatística significativa para as épocas de colheita. Resultado semelhante foi encontrado por Andrade et al. (2014), que verificaram que não houve diferença significativa no número de raízes em

quatro épocas de colheita, sendo elas aos 8,10,12 e 14 meses de idade, resultado que pode ser explicado, já que normalmente após a diferenciação das raízes, até 120 dias depois do plantio, não é comum a diferenciação de novas raízes, mas sim, o desenvolvimento das existentes (LORENZI; DIAS, 2003; AGUIAR et al., 2011).

A produtividade total de raízes e a massa total de raízes não apresentaram diferenças significativas para as duas últimas épocas de colheita avaliadas,

mostrando que não é necessário esperar um tempo maior para a colheita, quando esta for destinada a fins industriais (Tabela 4). Resultado semelhante foi encontrado por Vitor et al. (2016), em que as épocas de colheita das raízes de mandioca destinadas à indústria não influenciaram a produtividade, tendo apenas influência na característica altura de planta. Os mesmos autores verificaram ainda que o diâmetro médio de raiz não apresentou significância entre as épocas de colheitas, resultado semelhante a este trabalho.

Tabela 4. Massa total de raízes (MTR), massa de raízes comerciais (MRC), massa da parte aérea (MPA), produtividade total de raízes (PT), produtividade comercial de raízes (PC) e tempo de cozimento (COZ) em diferentes épocas de colheita.

Época de colheita	MTR (kg planta ⁻¹)	MRC (kg planta ⁻¹)	MPA (kg planta ⁻¹)	PT (kg ha ⁻¹)	PC (kg ha ⁻¹)	COZ (min)
9 MPE	2,382 b	1,629 c	1,490 c	31767,96 b	21716,71 c	17,74 c
11 MPE	2,841 a	2,000 b	2,002 b	37878,93 a	26731,00 b	23,49 b
13 MPE	3,151 a	2,361 a	2,563 a	42021,49 a	31491,13 a	27,25 a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. MPE – Meses após a emergência.

Já o comportamento em relação às raízes para fins comerciais, apresentaram-se maiores na última colheita (13 MPE), diferindo-se das demais épocas de colheitas, com um aumento de 15% da produtividade e massa total de raízes em relação à colheita realizada 11 meses pós-emergência. Resultado semelhante foi encontrado por Andrade et al. (2014), que verificaram que as colheitas das raízes aos 12 e 14 meses de idade resultaram em maiores produtividades. Semelhantemente, Lopes et al. (2010) observaram que a produtividade de raízes aumentou com as épocas de colheita sendo que, aos 18 meses após o plantio, produziu 40590,60 kg ha⁻¹ de raízes - aumento de 100,94% em relação à colheita efetuada aos 8 meses. Já neste trabalho ocorreram aumentos de 24% e 31% para as produtividades de raiz total e comercial respectivamente, em relação à colheita efetuada a 9 meses (Tabela 4).

A massa total e comercial de raiz por planta (Tabela 4) ficou acima do mencionado por Gomes et al. (2007), que relatam que produções de raízes tuberosas inferiores a 1,2 kg planta⁻¹ são consideradas muito baixas. Esses mesmos autores encontraram aos 11 meses após emergência uma média de 2,72 e 2,61 kg planta⁻¹ para alguns clones, equivalente a 45 e 43,8 t ha⁻¹ respectivamente, referente a um estande de 16660 plantas ha⁻¹, ou seja, cerca de 3326 plantas a mais em relação ao presente trabalho.

A massa da parte aérea foi crescente e diferindo entre as épocas de colheita, tendo a colheita realizada aos 13 MPE apresentado maior massa da parte aérea. Oliveira et al. (2010) constataram também que com o maior ciclo de permanência das plantas em campo notou-se um aumento da parte aérea da planta. Outro fator importante a ser considerado

em relação à produção de parte aérea está relacionado com a possibilidade de a mesma ser usada como uma fonte alternativa na alimentação animal, pois apresenta um alto valor nutritivo, principalmente em proteína, além de ter boa aceitabilidade pelos animais (LEONEL, 2001; SILVA et al., 2011). Gomes et al. (2007) encontraram resultados de massa da parte aérea média aos 11 meses após emergência de 0,68 kg por planta avaliando 100 clones, entretanto, teve clone que apresentou uma massa da parte aérea de 1,89 kg planta⁻¹, resultado próximo ao encontrado neste trabalho.

Quando se avaliou o tempo de cozimento nas diferentes épocas de colheita, observou-se que quanto maior o tempo para a colheita, maior é o tempo de cozimento, sendo que não foi igual ou superior a 30 minutos que, segundo Talma et al. (2013), é considerado inadequado para consumo de mesa. Isso já era esperado, pois a tendência é que quanto mais cedo for a colheita das raízes, menor será seu tempo de cozimento.

Ainda, segundo Fialho et al. (2009), podem ocorrer variações no tempo de cozimento e parâmetros culinários das raízes da mandioca entre as raízes da mesma planta, entre plantas da mesma variedade, entre diferentes materiais genéticos e dependendo do estado fisiológico das plantas de mandioca, como solo e condições climáticas.

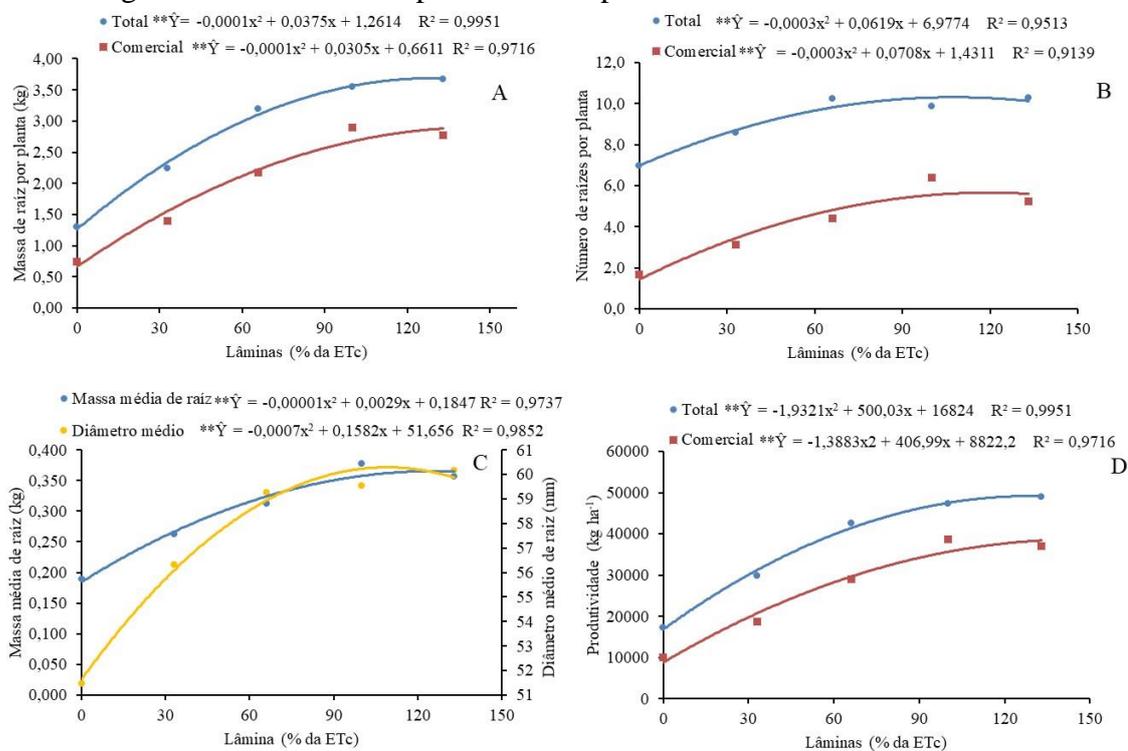
De forma geral, o tempo de cozimento da variedade manteiga foi classificado entre bom e regular, de acordo Pereira et al. (1985), que classificam o tempo de cozimento em quatro níveis: ótimo (até 10 minutos); bom (11 a 20 minutos); regular (21 a 30 minutos); ruim

(maior do que 30 minutos). Teixeira et al. (2017) relatam que o tempo de cozinhar é a principal característica relacionada à qualidade culinária. Os consumidores de mandioca *in natura* são exigentes sobre o tempo de cozimento das raízes, o que deve ser o mais curto possível para ser considerado de boa qualidade.

As lâminas de irrigação proporcionaram um comportamento quadrático para massa e número de raiz por planta, massa e diâmetro médio, como também para produtividade tanto para raiz total, como comercial (Figura 1). A massa de raiz por planta obteve ponto máximo nas lâminas de 187,5% (total) e 152,5% (comercial) da ETc, com massas de 4,77 e 2,98 kg por planta respectivamente, valores esses superiores aos encontrados por Jesus et al. (2013) que, avaliando cultivares e clones de mandioca em área irrigada no norte de Minas Gerais, encontraram produção maior que 1,45 kg planta⁻¹, acima da considerada muito baixa (1,2 kg planta⁻¹), na produção de raízes tuberosas com época de colheita superiores a 10 meses para as cultivares precoces.

O maior número de raiz por planta foi obtido com aplicação de lâminas de irrigação de 103,2 e 118,0% da ETc para raízes total e comercial respectivamente, proporcionando números de raiz de 10,2 e 5,6, os quais então dentro dos limites mostrados na literatura, em que uma planta adulta de mandioca apresenta, em média, de 3 a 12 raízes por planta (ALBUQUERQUE et al., 2015) (Figura 1A e 1B). Valores próximos de lâminas foram encontrados por Odubango, Olufayo e Oguntunde (2011), em que os atributos de rendimento do número médio de raízes por planta foi favoravelmente influenciado pela porcentagem de água aplicada.

Figura 1. Massa de raiz (A), número de raízes por planta (B), massa média de raiz e diâmetro médio (C) e produtividade (D) de mandioca para mesa submetida a diferentes lâminas de irrigação nas condições edafoclimáticas de São Mateus-ES. * ** Significativo a 5% e 1% pelo teste t respectivamente. Fonte: Autores.



A massa e o diâmetro médio de raiz tiveram maior expressão nas lâminas de 145 e 113% da ETc alcançando valores de 0,400 kg e 60,59 mm respectivamente (Figura 1C). Esta mesma tendência foi encontrada em trabalho de Adjebeng-Danquah et al. (2016), em que a massa média de raiz de mandioca cultivada sob irrigação variou entre 0,229 e 0,527 kg com média de 0,364 kg em comparação com o observado sob o cultivo em estresse que variou entre 0,128 e 0,294 kg com uma média de 0,205 kg, superior a 0,184 kg encontrado neste trabalho. Já para o diâmetro, esses mesmos autores encontraram valores de 19,93 e 13,34 mm sob irrigação e estresse respectivamente, valores inferiores aos encontrados neste trabalho com cultivo da mandioca sem suplementação de água via irrigação a uma estimativa de diâmetro de 51,65 mm.

Resultado semelhante foi encontrado por Gomes et al. (2007), que encontraram um diâmetro de raízes de 34,5 mm, porém alguns clones se destacaram e atingiram valores acima de 50 mm. Já Jesus et al. (2013) relatam que as características de comprimento e diâmetro de raízes tuberosas são importantes componentes da produção. Esses mesmos autores encontraram, para o diâmetro de raízes tuberosas, uma média geral de 44,1 mm, valor inferior a este trabalho.

A produtividade total e comercial de raiz de mandioca máxima foi atingida com uma lâmina de irrigação de 129,4 e 146,6 % da ETc obtendo-se 49176,1 e 38650,2 kg ha⁻¹ respectivamente. Essas produtividades em relação a uma lâmina de 100% da ETc foram 3,5 e 8,4% superior (Figura 1D). Quando aplicada uma menor lâmina, de 50% da ETc, ocorre uma redução de 28,4 e 38,6% para a

produtividade total e comercial respectivamente, representando redução de cerca de 10 mil kg ha⁻¹, resultado que corrobora com Sunitha, George e Sreekumar (2013) em que a irrigação em 60% de ETc resultou em um rendimento significativamente mais baixo em comparação com níveis mais altos de irrigação, e que a irrigação por gotejamento a 100% ETc produziu o maior rendimento de raízes, mas foi semelhante com irrigação em 80% da ETc.

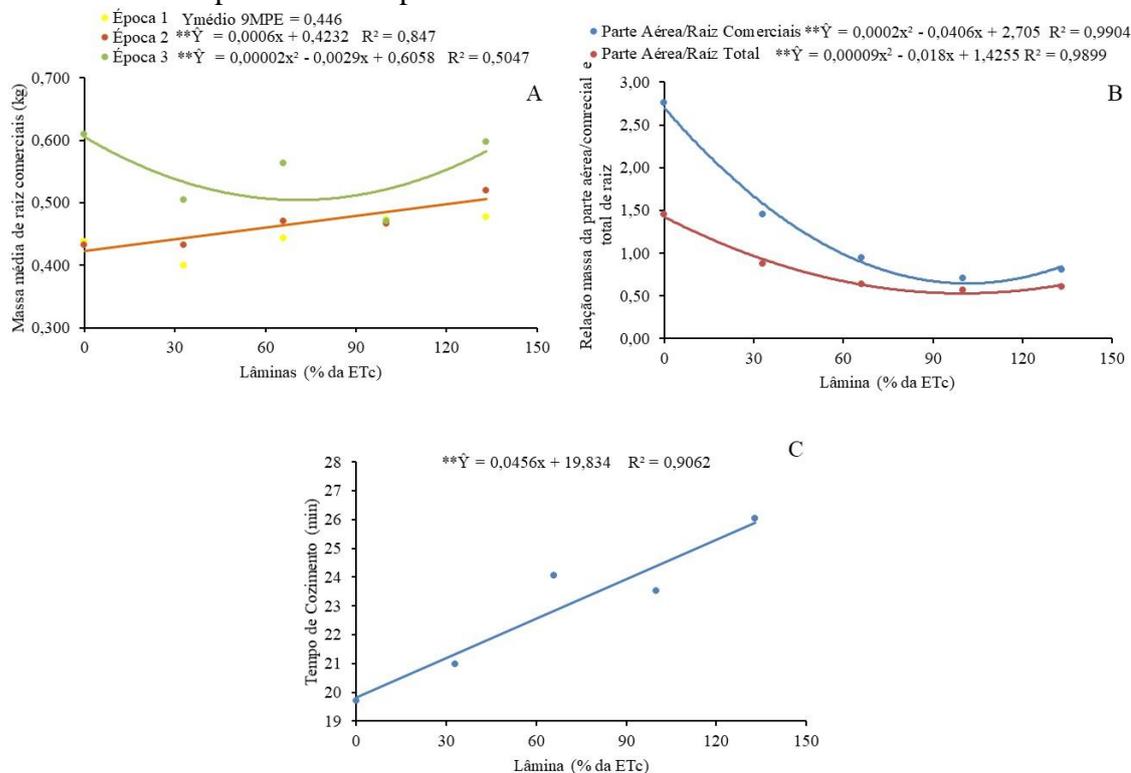
Sunitha, George e Sreekumar (2013), também observaram que a produção de raízes apresentou tendência decrescente com diminuição do nível de irrigação, como visto neste trabalho, já com o cultivo sem a suplementação da irrigação nas condições edafoclimáticas desse trabalho ocorre uma redução de 64,5 e 75,2% na produtividade de mandioca total e comercial respectivamente. Pastrana et al. (2015) encontraram redução de 56% em cultivo sem irrigação suplementar, mostrando a importância do uso da irrigação para cultivo da mandioca nessa região.

Matos et al. (2016) observaram que todas as cultivares sob déficit hídrico apresentaram reduções no crescimento em altura e, principalmente em produtividade, como este trabalho, porém mantiveram o teor relativo de água estável sugerindo que

as plantas apresentam como estratégia de tolerância à seca o retardo da desidratação impedindo que o déficit hídrico no solo resulte no primeiro momento ou estádios. Outro fator importante é o relatado por Adjebeng-Danquah et al. (2016) que encontraram maior conteúdo de ácido abscísico (ABA) em mandioca sob estresse do que sob irrigação, e uma correlação negativa com o rendimento da raiz, sugerindo que mecanismos de sobrevivência mediados pela ABA com uma maior eficiência de uso da água, o qual pode não necessariamente se traduzir em maior rendimento de raiz de armazenamento.

Neste estudo verificou-se um comportamento diferente em cada época de colheita, em relação a massa média de raiz comercial, a primeira colheita realizada 9 MPE apresentando uma massa média de 0,446 kg independentemente da lâmina aplicada, não se ajustando nenhuma equação (Figura 2A). Já a massa de raiz comercial na segunda colheita apresentou comportamento linear com aumento da lâmina de irrigação, porém ao se aplicar 100% da ETc ocorreu acréscimo de apenas 60 gramas na massa de raiz comercial, e sem suplementação da irrigação obteve-se valor próximo ao encontrado na primeira colheita.

Figura 2. Massa média de raiz comercial (A), relação parte aérea/raiz total e comercial (B) e o tempo de cozimento (C) de mandioca para mesa submetida a diferentes lâminas de irrigação nas condições edafoclimáticas de São Mateus-ES. * ** Significativo a 5% e 1% pelo teste t respectivamente. **Fonte:** Autores.



O comportamento da massa média de raiz comercial na terceira colheita (13 MPE) apresentou-se quadrático de forma que se aplicando uma lâmina de 72,5% da ETc obtém-se menor massa média estimada de 0,495 kg de raiz de mandioca comercial. Aplicado a lâmina de 146,6% da ETc correspondente a maior produtividade estimada de raiz comercial obtém-se massa de aproximadamente 0,600 kg, valor esse bem próximo ao encontrado para essa época de colheita sem o suplemento de água via irrigação, mostrando que para a cultivar estudada mesmo em condições de déficit hídrico a mesma conseguiu produzir raízes com características comerciais (Figura 2A).

Porém, este resultado pode ser fruto do maior tempo de cultivo da cultura, proporcionando maior acúmulo de fotoassimilados, devido a maior parte aérea, com observado na Figura 2B, em

que a relação parte aérea/raiz comercial é superior a relação parte aérea/raiz total. Essa relação superior mostra que, apesar da maior massa média sem a suplementação da irrigação, ocorre menor número de raiz comercial, com relação de 1:10 (raiz comercial/total). Já aumentando a lâmina de irrigação, ocorre uma diminuição da parte aérea e um incremento na massa de raiz total e comercial, obtendo-se menor relação (0,5 e 0,4 respectivamente) quando utilizada lâmina de 100 e 101,5% para massa de raízes total e comercial (Figura 2B).

O tempo de cozimento em relação às lâminas de irrigação aplicadas mostrou comportamento linear (Figura 2C) com aumento das lâminas, fato que pode estar relacionado ao potencial osmótico das células das raízes, que é maior em função das mesmas estarem em solos mais secos. Com isso, essas raízes tuberosas teriam

maior facilidade de absorver água para gelatinização do amido, ou seja, maior quantidade de água no solo, fato que ocorre devido as células das raízes tuberosas apresentarem um potencial osmótico maior em seu interior, o que dificultaria a entrada de água nas mesmas durante o processo de cozimento (OLIVEIRA; MORAES, 2009)

Esses mesmo autores recomendaram o acompanhamento nos últimos 10 dias que antecedem a colheita do índice pluviométrico, sendo que, se for superior a 100 mm não se recomenda realizar a colheita, pois haverá interferência no tempo de cozimento.

6 CONCLUSÕES

As maiores produtividades de mandioca de mesa são alcançadas com lâmina de irrigação 130% e 146% da ETc, para raiz total e comercial respectivamente.

As lâminas de irrigação 130% e 146% da ETc são as melhores para serem indicadas para a região norte do estado do Espírito Santo.

Lâminas de irrigação entre 101,5% a 118% proporcionam maiores estimativas para raízes total e comercial por planta, diâmetro médio e relação parte aérea/raiz total e comercial.

A massa de raiz total e comercial por planta requer a aplicação de uma lâmina de irrigação superior a 100%.

O aumento das lâminas de irrigação e a colheita mais tardia aumentam o tempo de cozimento de raiz.

7 REFERÊNCIAS

- ADJEBENG-DANQUAH, J.; MANU-ADUENING, J.; GRACEN, V. E.; ASANTE, I. K. Genotypic Variation in Abscisic Acid Content, Carbon Isotope Ratio and Their Relationship with Cassava Growth and Yield Under Moisture Stress and Irrigation. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, Seoul, v.19, n.4, p.263–273, 2016.
- AGUIAR, E. B.; VALLE, T. L.; LORENZI, J. O.; KANTHACK, R. A. D.; MIRANDA FILHO H.; GRANJA, N. P. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de raízes de mandioca de mesa. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 561-569, 2011.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; OLIVA, L. S. C.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, C. P.; MELO, D. A. Cultivation of cassava and cowpea in intercropping systems held in Roraima's savannah, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.46, n. 2, p. 388-395, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage, n.56).
- ANDRADE, D. P.; BRITO, F. A. L.; CARVALHO E SÁ, M. J. B.; VIEIRA, M. R. S.; JÚNIOR, A. P. B.; SILVA, S. L. F.; SIMÕES, A. N. Avaliação de cultivares de mandioca de mesa em diferentes idades de colheita. **Revista de ciencia y tecnología de América**, Santiago, v.39, n.10, p.736-741, 2014.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ed. Viçosa: UFV, 2006, 625p.

COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; GOMES Jr, F. A.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, V. V. M. Crescimento e evapotranspiração da cultura da mandioca solteira e consorciada em condições irrigadas. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte, MG, 2009 - Minas Centro, Belo Horizonte, MG. **Anais ...** Belo Horizonte, MG, 2009.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Mandioca**. Brasília: CONAB, v.4, n.1, 2017. 90p.

MESIAS, I. C. P.; TAN, J. D. Moisture Characteristics of Dried Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Grates. **Journal of Society & Technology**, Philippines, v.5, n.1, p.152-161, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 412p.

FIALHO, J. DE F.; VIEIRA, E. A.; SILVA, M. S.; PAULA-MORAES, S. V. DE; FUKUDA, W. M. G.; SANTOS FILHO, M. O. S. DOS; SILVA, K. N. Desempenho de variedades de mandioca de mesa no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p. 31-35, 2009.

GOMES, C. N.; CARVALHO, S. P.; JESUS, M. A. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1121-1130, 2007.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; CUSTÓDIO, T. N.; OLIVEIRA, P. M.; GOMES, C. N. Avaliação agrônômica de cultivares e clones de mandioca em área irrigada no Norte de Minas Gerais. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 3, p.205-210, 2013.

LEONEL, M. Uso dos subprodutos da industrialização da mandioca na alimentação animal. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**, Cap.18, v.4, Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. Fundação Cargill, São Paulo, 2000.

LOPES, A. C.; VIANA, A. E. S.; MATSOMOTO, S. N.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; SÃO JOSÉ, A. R. Complementação da irrigação e épocas de colheita de Mandioca da cultivar Coqueiro no Planalto de Vitória da Conquista-BA. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.579-587, 2010.

LORENZI, J. O.; DIAS, J. O. **Cultura da mandioca**. Campinas: CATI, 1993. (Boletim Técnico, 211).

MATOS, F. S.; FELICIO, R.; SILVEIRA, P. S.; GUIMARÃES, R. R.; SANTOS, P. G. F.; NASCENTE, A. C. S.; CUSTÓDIO, J. P. C.; SILVA, L. M. Produtividade de cultivares de mandioca sob déficit hídrico. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 2, n. 1, p.15-24, 2016.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: AnaviBook, Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KOTTEK, M.; GRIESER J.; BECK, C.; RUDOLF B.; RUBEL, F. World map of Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006

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, S. P.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARDOSO JÚNIOR, N. S.; SEDIYAMA, T.; SÃO JOSÉ, A. R. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agrônômicas da mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 99-108, 2010.

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

PASTRANA, F. E.; ALVIZ, H. S.; SALCEDO, J. G. Response of two cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars (CM 3306–4 and MCOL 2215) to irrigation under different water conditions. **Acta Agronômica**, Palmira, v.64, n.1, p.48-53, 2015.

PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. **Revista Brasileira da Mandioca**, Cruz das Almas, v. 4, p. 27-32, 1985.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.41, n.3, p.341-348, 2010.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, M. A. da.; COSTA, B. M. da.; TAVARES, J.T. de.; OLIVEIRA, G. J. C. de; JAEGER, S. M.P.L.; STRADA, E. S. de O. Variação nos teores de compostos cianogênicos durante o processo de fenação de ramas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 3, p. 149-153, 2011.

SUNITHA, S.; GEORGE, J.; SREEKUMAR, J. Productivity of Cassava (*Manihot esculenta*) as affected by drip fertigation in the Humid Tropics. **Journal of Root Crops**, Kerala, v.39, n.2, p.100-104, 2013.

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

TEIXEIRA, P. R. G.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, A. D.; MOREIRA, G. L. P.; MATSUMOTO, S. N.; RAMOS, P. A. S. Physical-chemical characteristics of sweet cassava varieties. **Agrária**, Recife, v.12, n.2, p.158-165, 2017.

VITOR, L. A.; ARCHANGELO, E. R.; JÚNIOR, T. T.; SOARES, M. M.; VIEIRA, F. L.; MADEIRO, I. I. C. Produtividade e qualidade das raízes da mandioca em função de diferentes épocas de colheita. **Revista Agri-environmental sciences**, Palmas, v.1, n.2, p.2525-4804, 2016.