

FERNANDO BRUNO FERNANDES BRASILEIRO

**CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) SOB
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NO
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

**Juazeiro – BA
2023**

FERNANDO BRUNO FERNANDES BRASILEIRO

**CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) SOB
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NO
SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS *Campus* III, Curso de Engenharia Agrônômica, como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Lígia Borges Marinho.

**Juazeiro – BA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CPI)
Regivaldo José da Silva/CRB-5-1169

B823c Brasileiro, Fernando Bruno Fernandes

Cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) sob diferentes estratégias de irrigação no Submédio São Francisco / Fernando Bruno Fernandes Brasileiro. Juazeiro-BA, 2023.

30 fls.: il.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Lígia Borges Marinho.

Inclui Referências

TCC (Graduação – Engenharia Agrônoma) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. 2023.

1. Déficit hídrico – Irrigação. 2. Sertão do Submédio São Francisco.
3. Mandioca – Cultivo. I. Marinho, Lígia Borges. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. III. Título.

CDD: 633.682

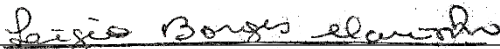
FERNANDO BRUNO FERNANDES BRASILEIRO

**CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) SOB
DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO NO SUBMÉDIO
SÃO FRANCISCO**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS *campus* III, Curso de Engenharia Agrônômica, como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Aprovado em 21/12/2023

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Lígia Borges Marinho (Presidenta/Orientadora)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – III



Ma. Larissa de Sá Gomes Leal (primeira examinadora)

Programa de Pós-graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada, Universidade do Estado da Bahia



Mestrando Frenisson Reis Santana (segundo examinador)

Programa de Pós-graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada, Universidade do Estado da Bahia

**Juazeiro – BA
2023**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que são a base para todas as minhas conquistas.
A meus irmãos, companheiros de toda vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao decorrer do curso.

Aos meus pais Valdir Brasileiro Alves e Deijanete Pereira Fernandes Alves, e a meus irmãos Felipe Fernandes e Bruno Fernandes que sempre me acompanharam, me incentivaram, me aconselharam em todos os momentos desafiadores de minha vida.

À minha noiva Cibele Queiroz, por me acompanhar sempre me incentivando e me apoiando incondicionalmente, minha eterna gratidão.

Ao meu sobrinho Lorenzo, por todo amor dado.

À Keisiane, minha amiga e parceira nesses 5 anos de universidade, gratidão por toda ajuda, incentivo e por todos os momentos compartilhados.

À Vagner, meu amigo nesses anos de universidade e fora dela também, gratidão por tudo.

À professora Ligia Marinho, pelo carinho, orientações, e ensinamentos que levarei para vida profissional.

Aos amigos que compartilharam risos e desafios, aos professores que guiaram meus passos com sabedoria, aos colaboradores de campo da Universidade do Estado da Bahia. Este trabalho é fruto de esforço coletivo, e dedico a cada pessoa que acreditou em meu potencial. Que este seja um tributo ao aprendizado, à superação e à persistência. A todos vocês, o meu mais sincero agradecimento.

A todos que, de algum modo, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A mandioca é de grande importância socioeconômica, por ser um alimento rico em carboidrato, especialmente em países subdesenvolvidos com baixos índices pluviométricos, em torno de 600 mm/ano. Estratégias de irrigação, como o déficit regulado, podem ser implementadas para lidar com a escassez de água e alcançar produtividades satisfatórias. Dessa forma, o objetivo do estudo foi avaliar as diferentes estratégias de irrigação na fisiologia da planta, na qualidade e produção de mandioca no Submédio do Vale do São Francisco. A pesquisa foi conduzida em campo, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS), *Campus III*, da Universidade do Estado da Bahia, em Juazeiro-BA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com os seguintes tratamentos: T1: irrigação plena (irrigar para retornar à umidade do solo na capacidade de campo, equivalente ao potencial mátrico de -6kPa); T2: déficit moderado (irrigar após o potencial mátrico menor ou igual a -40kPa, retornar a umidade do solo a umidade respectiva ao potencial de -40kPa) e T3: déficit severo (irrigar após o potencial mátrico menor ou igual a -60kPa, retornar a umidade do solo a umidade respectiva ao potencial de -60kPa), em quatro repetições. Até os 154 Dias após plantio (DAP) a irrigação foi feita para manter o solo próximo à capacidade de campo e posteriormente, executada a diferenciação da irrigação de acordo com os tratamentos programados. Avaliou-se: o Conteúdo Relativo de Água (CRA); o Índice Relativo de Clorofila a (IRCa) e b (IRCb); a Massa Fresca Total de Raízes por planta (MFTRP); o Número Total de Raízes (NTR); o Número de Raízes Não Comerciais por Planta (NRNCP); o Número de Raízes Comerciais por Planta (NRCP); a Massa Fresca de Raízes Comerciais por Planta (MFRCP); o Comprimento de Raiz (CR); a Produtividade Total de Raiz (PTR); o Diâmetro de Raiz (DR); e a Firmeza (FR). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo método Scott Knott à 5% de probabilidade, em função das estratégias de irrigação impostas. A mandioca cv. Recife atinge boa produtividade aos 7 meses no Submédio do Vale do São Francisco. Déficit hídrico reduz qualidade e produtividade das raízes, mas irrigação com déficit moderado após cinco meses pode resultar em perda de 27,76% na produtividade, porém com economia de 31% de água, viável em cenários de escassez hídrica na região.

Palavras-chave: déficit hídrico; sertão; mandioca.

ABSTRACT

Cassava is of great socioeconomic importance, as it is a food rich in carbohydrates, especially in underdeveloped countries with low rainfall, around 600 mm/year. Irrigation strategies such as regulated deficit can be implemented to address water scarcity and achieve satisfactory yields. Thus, the objective of the study was to evaluate the different irrigation strategies on the physiology of the plant, on the quality and production of cassava in the sub-middle region of the São Francisco Valley. The research was conducted in the field, at the Department of Technology and Social Sciences (DTCS), Campus III, of the State University of Bahia, in Juazeiro-BA. The experimental design used was in randomized blocks, with the following treatments: T1: full irrigation (irrigating to return soil moisture to field capacity, equivalent to the matric potential of -6kPa); T2: moderate deficit (irrigate after matric potential less than or equal to -40kPa, return soil moisture to the respective moisture potential of -40kPa) and T3: severe deficit (irrigate after matric potential less than or equal to -60kPa, return soil moisture, the respective moisture at the potential of -60kPa), in four repetitions. Up to 154 days after planting (DAP), irrigation was carried out to keep the soil close to field capacity and subsequently, irrigation was differentiated according to the programmed treatments. The following were assessed: Relative Water Content (CRA); the Relative Chlorophyll Index a (IRCa) and b (IRCb); the Total Fresh Root Mass per plant (MFTRP); the Total Number of Roots (NTR); the Number of Non-Commercial Roots per Plant (NRNCP); the Number of Commercial Roots per Plant (NRCP); the Fresh Mass of Commercial Roots per Plant (MFRCP); the Root Length (CR); Total Root Productivity (PTR); the Root Diameter (DR); and Firmness (FR). The results were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Scott Knott method at 5% probability, depending on the irrigation strategies imposed. Cassava cv. Recife achieves good productivity at 7 months in the Lower São Francisco Valley. Water deficit reduces root quality and productivity, but irrigation with a moderate deficit after five months can result in a loss of 27.76% in productivity, but with savings of 31% of water, viable in scenarios of water scarcity in the region.

Keywords: water deficit; backcountry; cassava.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Manivas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivar Recife utilizadas no experimento.....17
- Figura 2.** Croqui do arranjo experimental utilizado no estudo com mandioca, em Juazeiro – BA.....18
- Figura 3.** Detalhe de tensiômetros instalados no estudo com mandioca, em Juazeiro – BA.....18
- Figura 4.** Detalhe da leitura das tensões da água no solo, estudo com mandioca, em Juazeiro – BA.....19

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo, na camada de 0-40 cm antes da instalação do experimento. Juazeiro-BA, 2023.....16
- Tabela 2.** Parâmetros físico hídricas do solo da área experimental.....16
- Tabela 3.** Lâminas de irrigação aplicadas para cada tratamento, durante o ciclo produtivo da mandioca cv. Recife, em Juazeiro-BA, 2023.....21
- Tabela 4.** Médias de Conteúdo relativo de água (CRA) para cada tratamento, nos dias após o plantio da mandioca cv. Recife (200, 207 e 214), Juazeiro-BA, 2023.....21
- Tabela 5.** Médias de Índice relativo de clorofila (ICF) a (IRCa) e b (IRCb) para os tratamentos, nos dias após o plantio da mandioca cv. Recife, Juazeiro-BA, 2023.....22
- Tabela 6.** Massa fresca total de raízes por planta (MFTRP), número total de raízes (NTR), número de raízes não comerciais por planta (NRNCP) e número de raízes comerciais por planta (NRCP) em função das diferentes estratégias de irrigação para mandioca cv. Recife. Juazeiro-BA, 2023.....24
- Tabela 7.** Massa fresca de raízes comerciais por planta (MFRCP), comprimento de raiz (CR), produtividade total de raiz (PTR), diâmetro de raiz (DR) e firmeza de raiz (FR) em função das diferentes estratégias de irrigação para mandioca cv. Recife. Juazeiro-BA, 2023.....24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1. Área de estudo	15
2.2. Tipo de solo	15
2.3. Implantação e condução do experimento.....	16
2.4. Delineamento Estatístico e Tratamentos.....	17
2.5. Manejo da Irrigação	19
2.6. Avaliações Experimentais.....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4. CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tem como centro de origem a região sul-americana, é uma planta arbustiva, perene, pertencente à família da Euphorbiaceae (Silva *et al.*, 2014). Atualmente, é cultivada globalmente, especialmente em países como Brasil, Nigéria, Tailândia, Indonésia e República Democrática do Congo em razão da grande amplitude de aplicação para a alimentação humana e animal. Seu ciclo de cultivo varia de 6 a 24 meses e passa por estágios de plantio, crescimento vegetativo, formação de raízes e colheita (Duarte *et al.*, 2016).

É um alimento rico em carboidratos presente na dieta de milhões de pessoas ao redor do mundo. Seus tubérculos são ricos em amido, tornando-se uma fonte de energia acessível e de fácil armazenamento. Além disso, a mandioca é resistente a condições adversas de crescimento, como solos pobres e secas, o que a torna uma cultura valiosa para comunidades que enfrentam desafios climáticos (Daryanto *et al.*, 2016).

Em 2022, o Brasil produziu 17.648.564 toneladas de mandioca, gerando cerca de R\$ 152.984.080,00 em uma área de 1.197.450 hectares, sendo o nordeste brasileiro um dos maiores produtores de mandioca, com produção de 3.768.334 toneladas e produtividade média de 10.541 kg ha⁻¹ e, o Vale do São Francisco obteve nesse ano uma produção de 2.347.982 toneladas (IBGE, 2022).

A mandioca é classificada, quanto ao teor de ácido cianídrico, em duas categorias: de indústria e de mesa. Conforme indicado por Lorenzi (2003), as variedades de mesa apresentam níveis de ácido cianídrico inferiores a 100 ppm em suas polpas, sendo seguras para o consumo *in natura* sem riscos para a saúde dos consumidores, como exemplo podemos citar a cultivar Recife. Além do consumo direto, a mandioca desempenha um papel essencial na produção de farinha, tapioca e outros subprodutos, enriquecendo ainda mais a dieta e a culinária local.

A produção de mandioca é predominantemente focada na colheita das raízes, cujo ciclo varia geralmente de 12 a 18 meses. O desenvolvimento da cultura é segmentado em cinco fases fenológicas, conforme delineado por Mendonça *et al.* (2003). A primeira fase, com duração de 5 a 15 dias após o plantio (DAP), inicia-se com o surgimento das primeiras raízes, marcando o início da brotação. Na fase 2, entre 15 e 90 DAP, observa-

se o desenvolvimento inicial das raízes e folhas, com um armazenamento de carboidratos nas raízes de forma menos acentuada. A fase 3, estendendo-se dos 90 aos 180 DAP, é definida pelo crescimento significativo do caule e das folhas, formando um dossel uniforme. Nas fases 4 e 5, dos 180 a 360 DAP, ocorre um alto armazenamento de carboidratos nas raízes, lignificação do caule e uma marcante senescência das folhas.

Segundo Alves (2005), as regiões de maior destaque na produção a nível mundial da mandioca geralmente registram índices pluviométricos anuais variando entre 600 e 1500 mm. É notável a preferência por áreas que recebam uma precipitação anual acumulada de cerca de 800 mm, com a característica marcante de uma estação seca definida. Trócolis, Laurent e Sue (2014) propõem que acumulações anuais entre 400 e 750 mm sejam suficientes para um ciclo de 300 dias. Apesar do consenso de que um acúmulo de chuva próximo a 800 mm é adequado para o estudo, indicam estudos que maiores produtividades são alcançadas em condições de alta disponibilidade de água, como ressaltado por El-Sharkawy (2004).

O amplo potencial da mandioca para prosperar em ambientes menos favoráveis, torna uma cultura altamente interessante e estratégica para aumentar a produção de alimentos, explorando vastas extensões de terras aráveis em ecossistemas semiáridos e áridos nos trópicos. A riqueza dos recursos genéticos e a diversidade genética que ela oferece foram aproveitadas no seu aprimoramento, atualizando sua tolerância à seca (Mansour *et al.*, 2017).

De acordo com Okogbenin *et al.*, (2013), tem grande importância a identificação de mecanismos úteis relacionados à adaptação da mandioca às condições de seca, abrangendo estratégias para prevenir a desidratação, tolerância a situações de desidratação e processos condicionados a um crescimento e metabolismo otimizado.

As fases críticas para o estresse hídrico na cultura da mandioca são o estabelecimento das mudas e o desenvolvimento das raízes tuberosas (Coelho Filho, 2020). Na fase de emergência (Fase I), tanto a falta quanto o excesso prolongado de água no solo afetam negativamente a diferenciação meristemática e emergência das plantas, a irrigação pode ser uma solução para evitar a falta de água durante essa fase (Gomes Junior, 2018).

Os efeitos adversos da falta de água no solo continuam sendo significativos nos quatro meses seguintes, quando o crescimento vegetativo é mais intenso. A planta aumenta seu consumo diário de água (ET_c - mm dia^{-1}) na Fase II, que começa cerca de 40 dias após o plantio ($K_c = 0,56$) e continua até aproximadamente 120 dias após o plantio ($K_c = 0,98$), quando o crescimento vegetativo é mais vigoroso e, após esse período, as necessidades hídricas diminuem gradualmente, com os valores de K_c diminuindo até 300 dias após o plantio. Depois desse ponto, a demanda por água permanece constante ($K_c = 0,5$) até 360 dias (Silva, 2021; Coelho Filho, 2020). Portanto, diante do exposto pode-se inferir que a melhor época para aplicar o manejo com déficit hídrico na cultura da mandioca é aproximadamente cinco meses após o plantio.

O estudo do comportamento fisiológico da mandioca em relação à disponibilidade de água é essencial para melhorar sua produtividade e adaptabilidade. A mandioca possui características fisiológicas que lhe permitem realizar a fotossíntese com baixa disponibilidade de água, tornando-a uma planta intermediária entre os ciclos C3 e C4 (Nicoli *et al.*, 2019). Ela desenvolve mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, como a diminuição da área foliar e o fechamento estomático em situações de escassez de água. No entanto, esse fechamento estomático pode comprometer sua capacidade fotossintética (Santos *et al.*, 2021).

A demanda de água para a cultura da mandioca é influenciada por diversos fatores, sendo essencial otimizar o uso dos recursos hídricos. A evapotranspiração da cultura (ET_c) é uma medida fundamental, que leva em consideração a perda de água do solo devido à evaporação e a transpiração das plantas (Coelho Filho, 2020). Além disso, o coeficiente de cultura (K_c) é uma variável que varia ao longo do ciclo da mandioca e influencia diretamente na quantidade de água necessária em cada fase de desenvolvimento da planta.

Existem diversas estratégias de irrigação que podem ser adotadas para enfrentar o desafio da escassez hídrica na produção de mandioca. O Déficit Contínuo de Irrigação (DCI) fornece água de forma limitada, mantendo o solo em condições de estresse hídrico controlado durante todo o ciclo da cultura. Já o Déficit Regulado de Irrigação (DRI) permite uma flexibilidade maior, ajustando a irrigação de acordo com as necessidades da planta em diferentes estágios de crescimento. Por fim, a Irrigação Plena consiste em

atender 100% da demanda de água da cultura, mantendo o solo sempre próximo à capacidade de campo (Nascimento *et al.*, 2011).

Para tomar decisões quanto à adoção de técnicas de DRI na produção de mandioca, são necessários estudos específicos para cada região e condição de cultivo. Isso envolve a análise das características do solo, disponibilidade de água, seleção das variedades de mandioca mais adequadas e da implementação de sistemas de irrigação eficientes (Rangel *et al.*, 2018). Além disso, a pesquisa contínua é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias e práticas de manejo que permitam a produção sustentável de mandioca nessas regiões semiáridas, garantindo a segurança alimentar e a prosperidade dos agricultores locais. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferentes estratégias de irrigação na fisiologia da planta, na qualidade e produção de mandioca no Submédio do Vale do São Francisco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O experimento foi conduzido em área experimental, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS), *Campus* III, da Universidade do Estado da Bahia, em Juazeiro/BA (09° 25'43.6"S, 40° 32'14"W, 384m). O Submédio do Vale do São Francisco é caracterizado, de acordo com classificação climática Köppen como BWh, sendo assim apresenta um clima árido de caatinga com precipitação média anual inferior a 800 mm, cerca de 2800 horas de sol por ano, temperaturas médias anuais entre 23° C e 27° C, evaporação de 2000 mm por ano e umidade relativa do ar média em torno de 50% (Moura *et al.*, 2015).

2.2. Tipo de solo

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Flúvico, textura franco arenoso, declive 0 a 3% (Santos *et al.*, 2018). A caracterização química e físico-hídrica do solo foi realizada na Embrapa Semiárido conforme Embrapa, (1997), para isso, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na camada de 0-40 cm do solo e os resultados estão expostos nas Tabelas 1 e 2.

Figura 1. Manivas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivar Recife utilizadas no experimento. Juazeiro-BA, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Foi realizada uma adubação orgânica, por meio da incorporação de esterco caprino ao solo, 30 dias antes do plantio. A adubação mineral foi ajustada com base na análise do solo, conforme (Tabela 1) e recomendação para a cultura da mandioca (Souza; Silva, 2020).

2.4. Delineamento Estatístico e Tratamentos

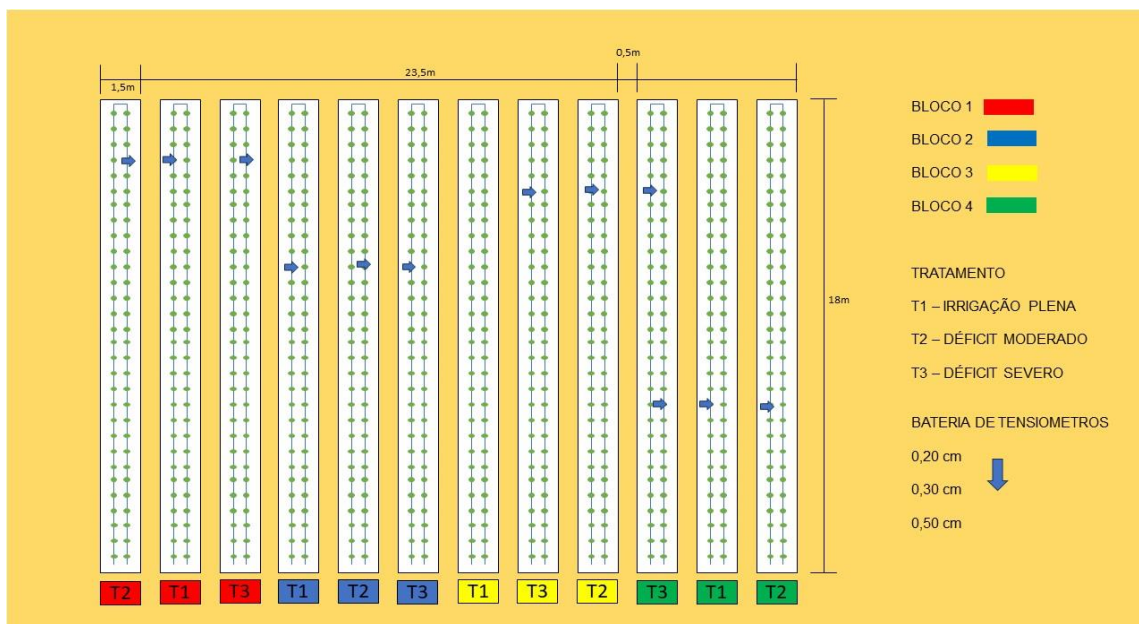
O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com três tratamentos, quatro repetições. Os tratamentos consistiram em: T1: irrigação plena (irrigar para retornar à umidade do solo na capacidade de campo, equivalente ao potencial mátrico de -6kPa); T2: déficit moderado (irrigar após o potencial mátrico menor ou igual à -40kPa, retornar à umidade do solo a umidade respectiva ao potencial de -40kPa) e T3: déficit severo (irrigar após o potencial mátrico menor ou igual à -60kPa, retornar a umidade do solo a umidade respectiva ao potencial de -60kPa).

As parcelas experimentais foram compostas por canteiros de cultivo com 1,50 m de largura e com 18,0 m de comprimento, com linhas duplas de cultivo por parcela, utilizando-se um espaçamento entre linhas de 1,0 m e de 0,5 m entre plantas, totalizando 72 plantas. Cada parcela constitui uma área total de 27m², com uma área útil total de 324 m². Para serem consideradas as unidades experimentais, por tratamento, em cada bloco,

foram escolhidas seis plantas representativas em cada parcela.

Na Figura 2 encontra-se o desenho esquemático do estudo, com detalhamento da distribuição das plantas na área e dos tratamentos adotados.

Figura 2. Croqui do arranjo experimental utilizado no estudo com mandioca, em Juazeiro-BA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento, com uma linha lateral por linha de cultivo, com espaçamento entre gotejadores de 0,5 m, com vazão de $2,1 \text{ L h}^{-1}$, a uma pressão de serviço de 10 m.c.a. Aos 40 dias após o plantio foram instaladas baterias de tensiômetros nas profundidades de 20, 30 e 50 cm, (Figura 3), em quatro repetições por tratamento. Estes foram colocados a 10 cm de distância da planta e do tubo gotejador e distando de 10 cm entre eles.

Figura 3. Detalhe de tensiômetros instalados no estudo com mandioca, em Juazeiro-BA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

2.5. Manejo da Irrigação

As leituras das tensões foram realizadas diariamente, antes de cada irrigação e com o auxílio do tensímetro digital (Figura 4). Os valores de tensão foram convertidos em potencial mátrico e, depois em umidade volumétrica do solo, por meio de curva de retenção ajustada por equação de van Genuthchen com uso de Software SWRC Fit (Seki, 2007).

Até os 154 Dias após plantio (DAP) a irrigação ocorreu de modo a manter o solo próximo à capacidade de campo (Umidade volumétrica do solo equivalente ao potencial mátrico de -6kPa) e após, executada a diferenciação da irrigação, de acordo com os tratamentos programados.

Figura 4. Detalhe da leitura das tensões da água no solo, estudo com mandioca, em Juazeiro-BA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

2.6. Avaliações Experimentais

Os dados de potenciais mátricos foram expostos em função dos dias após o plantio e de acordo com os tratamentos impostos, a fim de apresentar a sua variação ao longo do ciclo e após diferenciação da irrigação. Para avaliar a economia de água, por uso das estratégias de irrigação, para o cultivo da mandioca foram computados os volumes de água aplicados em cada tratamento e posteriormente, comparados ao da irrigação plena.

Foram avaliados o Conteúdo Relativo de Água (CRA); o Índice Relativo de Clorofila a (IRCa) e b (IRCb); a Massa Fresca Total de Raízes por planta (MFTRP); o Número Total de Raízes (NTR); o Número de Raízes Não Comerciais por Planta

(NRNCP); o Número de Raízes Comerciais por Planta (NRCP); a Massa Fresca de Raízes Comerciais por Planta (MFRCP); o Comprimento de Raiz (CR); a Produtividade Total de Raiz (PTR); o Diâmetro de Raiz (DR); e a Firmeza (FR).

O conteúdo relativo de água foi quantificado por meio de metodologia e equação proposta por Wellburn (1994). Para isto, foram retirados 20 discos foliares de 6 mm de diâmetro de plantas, em quatro repetições por tratamento.

O teor de clorofila *a* e *b* total foram determinados em uma folha fisiologicamente madura (quarta folha a partir do ápice da planta) com o auxílio do equipamento Clorofilog CFL1030 (Falker), em uma planta por parcela, em quatro repetições por tratamento.

As plantas de mandioca foram colhidas aos 214 DAP. As raízes foram contadas e a massa foi definida, com casca, por meio de uma balança analítica. As medidas de comprimento e diâmetro de raízes foram realizadas, sendo essa última na porção central da raiz, respectivamente com o auxílio de régua e de um paquímetro digital. Adicionalmente, houve a classificação das raízes da mandioca em comerciais, para as que possuíam o diâmetro maior que 2 cm e comprimento maior que 10 cm, conforme Tironi *et al.* (2015). A firmeza das raízes comerciais foi obtida por penêmetro digital, após corte transversal.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo método Scott Knott à 5% de probabilidade, em função das estratégias de irrigação impostas, utilizando o software para análise estatística AgroEstat, versão 1.1 (Barbosa; Maldonado, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores acumulados de lâminas de irrigação aplicada para cultura da mandioca em função das diferentes estratégias de irrigação encontram-se apresentados na Tabela 3. Houve uma economia de água de 31,32% e de 44,4% quando adotado o, déficit moderado e severo de irrigação, respectivamente, comparados à plena.

Tabela 3. Lâminas de irrigação aplicadas para cada tratamento, durante o ciclo produtivo da mandioca cv. Recife, em Juazeiro-BA, 2023.

Tratamentos	Lâmina aplicada (mm)		
	0-154 DAP	155-214 DAP	0-214 DAP
T1	403,2	343,32	746,52
T2	403,2	109,46	512,66
T3	403,2	11,91	415,11

T1: irrigação plena (irrigar para retornar à umidade do solo na capacidade de campo, equivalente ao potencial mátrico de -6kPa); T2: déficit moderado (irrigar após o potencial mátrico menor ou igual à -40kPa, retornar à umidade do solo a umidade respectiva ao potencial de -40kPa) e T3: déficit severo (irrigar após o potencial mátrico menor ou igual à -60kPa, retornar a umidade do solo a umidade respectiva ao potencial de -60kPa).

Ao analisar o Conteúdo Relativo de Água (CRA), verificou-se que aos 200 DAP, o tratamento de irrigação plena apresentou uma média em comparação com os demais tratamentos, (Tabela 4). No entanto, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre eles aos 207 e 214 DAP. A baixa sensibilidade da variável CRA para detectar estresse hídrico da mandioca, foi semelhante ao que foi documentado por Rocha *et al.* (2011) em Cruz da Almas-BA para a mesma cultura, sob condição de manejo (irrigação e não irrigado), com diferenças significativas para a fonte de variação época (seca e úmida) e interação manejo x época, em que observaram um acréscimo no conteúdo relativo de água foliar, em torno de 24% na época úmida.

Tabela 4. Médias de Conteúdo relativo de água (CRA) para cada tratamento, nos dias após o plantio da mandioca cv. Recife (200, 207 e 214), Juazeiro-BA, 2023.

Tratamento	Dia após plantio		
	200	207	214
	CRA (%)		
T1	87,61 a	56,25 a	54,46 a
T2	66,77 b	47,04 a	49,47 a
T3	53,89 b	43,73 a	45,95 a
MÉDIA GERAL	69,42	49,00	49,96
BLOCO	0,44 ^{ns}	0,23 ^{ns}	3,95 ^{ns}
CV (%) ¹	19,04	31,08	8,22

¹Coefficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5%, ns não significativo pelo teste F.

Aos 200 DAP, torna-se evidente a diferença dos níveis de água nas folhas entre os tratamentos, resultado de um déficit hídrico acumulado de 46 dias, visto que o início da diferenciação dos tratamentos passou a ocorrer após 154 DAP. Esta observação sugere que as plantas estavam passando por um processo de ajuste em resposta as alterações de

umidade do solo. Após esse período, em condições de déficit hídrico moderado e severo, os níveis relativos de água nas folhas não variaram significativamente em função das estratégias de irrigação, apesar de uma redução de CRA, para todos os tratamentos, quando comparadas as datas de avaliações, podendo a condição meteorológica ter influenciado mais essa variável (análise não efetuada). As plantas adotam a estratégia de tolerância à seca, por meio do retardamento da desidratação, impedindo que o déficit hídrico no solo resulte na desidratação das folhas (El-Sharkawy, 2007).

O retardamento da desidratação é um mecanismo crucial de tolerância à seca (Matos *et al.*, 2014 e Matos *et al.*, 2016). Este fenômeno está frequentemente vinculado às eficientes estratégias de controle da transpiração, por meio do fechamento estomático, e é particularmente prevalente em espécies de plantas perenes e semi-perenes. Essa adaptabilidade permite às plantas enfrentar condições adversas, minimizando assim os impactos negativos sobre o seu crescimento e produção, e revela-se como uma resposta eficaz para assegurar a sua sobrevivência.

Em relação ao Índice Relativo de Clorofila a (IRCa) e b (IRCb), não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em nenhuma das datas estudadas (aos 82, 200, 207 e 214 DAP) (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de Índice relativo de clorofila (ICF) a (IRCa) e b (IRCb) para os tratamentos, nos dias após o plantio da mandioca cv. Recife, Juazeiro-BA, 2023.

Tratamento	Dias após o plantio							
	82		200		207		214	
	IRCa	IRCb	IRCa	IRCb	IRCa	IRCb	IRCa	IRCb
T1	22,52 ^{ns}	8,67 ^{ns}	21,27 ^{ns}	6,85 ^{ns}	29,60 ^{ns}	9,50 ^{ns}	29,87 ^{ns}	9,72 ^{ns}
T2	24,17 ^{ns}	8,57 ^{ns}	23,87 ^{ns}	8,80 ^{ns}	28,45 ^{ns}	9,35 ^{ns}	26,55 ^{ns}	8,20 ^{ns}
T3	23,67 ^{ns}	8,30 ^{ns}	21,52 ^{ns}	7,55 ^{ns}	28,85 ^{ns}	9,55 ^{ns}	29,20 ^{ns}	9,62 ^{ns}
MÉDIA GERAL	23,45	8,51	22,22	7,73	28,96	9,46	28,54	9,18
BLOCO	3,17 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV (%) ¹	6,09	21,23	15,13	22,75	13,92	25,61	17,13	29,81

¹Coefficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5%, ns não significativo pelo teste F.

De acordo com Silva (2021), plantas submetidas à irrigação plena geralmente demonstram um ICF mais elevado, indicando um maior teor de clorofila foliar. Em contraste,

áreas sujeitas a déficit hídrico experimentam uma redução nesse índice, sugerindo uma capacidade fotossintética reduzida nas plantas sob essas condições. Essa diminuição resulta em uma menor produção de fotoassimilados, o que impacta negativamente a produtividade agrícola. No entanto, neste estudo, não foi possível evidenciar diferenças significativas nas concentrações foliares de clorofilas, provavelmente devido ao material genético e/ou a duração da imposição do déficit e condições meteorológicas reinantes.

Estes resultados não corroboram com os encontrados por Oliveira *et al.* (2015), que, ao estudarem as características fisiológicas, produção total de raízes e de parte aérea em acessos de *Manihot esculenta* sob condições de déficit hídrico por doze meses, identificaram variações nos índices de clorofila em plantas de mandioca sob déficit hídrico. No entanto, os resultados obtidos assemelham-se aos encontrados por Matos *et al.* (2016), que ao avaliar a produtividade de cultivares de mandioca BRS 399, BRS 396, BRS 397 e BRS 398 submetidas a déficit hídrico por nove meses (novembro de 2014 a julho de 2015), não foram encontradas diferenças significativas nas concentrações foliares de clorofila *a* e *b*. Essa semelhança sugere uma possível influência da duração do período de estresse hídrico na manifestação de alterações nas concentrações de clorofila nas folhas das plantas de mandioca.

A massa fresca total e comercial, a produtividade total e comercial de raízes da mandioca, o diâmetro e a firmeza das raízes variaram significativamente entre os tratamentos, com maior média sob irrigação plena em comparação com as demais estratégias de manejo, ele não foi observado para as demais variáveis (Tabela 6 e 7). Os déficits moderados e severos ocasionaram, respectivamente uma redução de 32,18 e 46,41% (MFTRP), de 27,76 e 44,54% (MFRCP), 32,18 e 46,41% (PT), 21,30 e 18,19% (DR) e de 15,17 e 14,48% (FR) em relação à irrigação plena.

Um suprimento adequado de água e nutrientes durante o processo de crescimento pode levar a uma maior produção de carboidratos, que são armazenados nas raízes. O acúmulo de reservas, como carboidratos, nas raízes pode resultar em um aumento na massa média das raízes. Isso, por sua vez, pode ser associado a raízes mais pesadas, indicando um impacto positivo da irrigação plena na qualidade das raízes da mandioca (Alves, 2006).

A ausência de diferenças significativas no número total de raízes sugere que, a imposição do déficit hídrico foi posterior a formação da quantidade delas, sofrendo influência da idade e material genético. Apesar de não ter ocorrido variação no número

total de raízes de reservar, as condições específicas de irrigação implementadas impactaram negativamente na MFTRP, MFRCP e PTR, bem como, na qualidade dos tubérculos, reduzindo o DR e a FR, diminuindo a produtividade comercial, por meio da alteração negativa no diâmetro da raiz, ocorrendo a desclassificação delas como comerciais conforme critério adotados (Tironi *et al.*, 2015). Adicionalmente, houve a diminuição da firmeza das mandiocas, que não influenciou negativamente na classificação, mas, é importante para comercialização, por diminuir a vida útil e/ou permitir maiores danos no transporte e/ou reduzir a atratividade para o cliente (resultados não avaliados).

Tabela 6. Massa fresca total de raízes por planta (MFTRP), número total de raízes (NTR), número de raízes não comerciais por planta (NRNCP) e número de raízes comerciais por planta (NRCP) em função das diferentes estratégias de irrigação para mandioca cv. Recife. Juazeiro-BA, 2023.

Tratamento	MFTRP (g planta ¹)	NTR	NRNCP	NRCP
T1	3688,958 a	8,916 a	2,208 a	6,708 a
T2	2501,875 b	8,416 a	2,250 a	5,958 a
T3	1976,875 b	8,416 a	2,583 a	5,833 a
MÉDIA GERAL	2722,569	8,583	2,347	6,166
BLOCO	0,55 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,78 ^{ns}
CV (%) ¹	30,725	22,440	46,726	19,783

¹Coefficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5%, ns não significativo pelo teste F.

Tabela 7. Massa fresca de raízes comerciais por planta (MFRCP), comprimento de raiz (CR), produtividade total de raiz (PTR), diâmetro de raiz (DR) e firmeza de raiz (FR) em função das diferentes estratégias de irrigação para mandioca cv. Recife. Juazeiro-BA, 2023.

Tratamento	MFRCP (g planta ¹)	CR (cm)	PTR (t h ⁻¹)	DR (mm)	FR (N)
T1	3.230,416 a	32,637 a	73,77 a	46,060 a	104,389 a
T2	2.333,750 b	32,843 a	50,03 b	36,246 b	88,554 b
T3	1.791,666 b	32,301 a	39,53 b	37,679 b	89,277 b
MÉDIA GERAL	2451,944	32,594	54451389	39,995	94,073
BLOCO	0,58 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,41	1,10 ^{ns}
CV (%) ¹	29,228	13,00	52,937	11,903	3,128

¹Coefficiente de variação.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5%, ns não significativo pelo teste F.

O déficit hídrico no sexto mês após plantio da mandioca resultou em considerável redução na produtividade final das raízes (Conceição, 1979), por se tratar de um período

de maior acúmulo de carboidrato.

Amma *et al.* (2019), ao estudarem níveis de irrigação no cultivo de mandioca, observaram a maior produtividade de raízes, alcançando 44,0 t ha⁻¹, sob o maior nível de irrigação a mandioca responde positivamente à irrigação, resultando em maior produtividade de raízes comerciais em comparação com os tratamentos com restrição hídrica. De mesmo modo, Silva *et al.* (2021), avaliando respostas fisiológicas, crescimento e produtividade da mandioca sob níveis de irrigação concluiu que quando essas estão sobre irrigação plena (129 e 136% da ETc) obtiveram uma produtividade de raízes de 97 t ha⁻¹.

O déficit hídrico ocasionado por restrição de irrigação até os potenciais mátricos programados, moderado e severo, resultaram em uma perda de produtividade total e comercial e diminuição da qualidade das raízes de reserva para a cultura da mandioca, em comparação à irrigação plena; entretanto, a produtividade foi superior ao valor de 25 t ha⁻¹ (média nacional) e foram superiores as reportadas por Junior Gomes, (2018), para as variedades estudadas (Rosinha, Saracura, Eucalipto, Dona Rosa, Dourada, Neilton, Branca, Amarelo I, Talo Branco, Kiriris, Gema de Ovo e Imbé) e colhidas aos 8 meses. Vale destacar que, as respostas da mandioca ao déficit hídrico variam em função do material genético, da época (condições ambientais) e da sustentação da limitação de irrigação.

4. CONCLUSÕES

A mandioca cv. Recife apresenta produtividade satisfatória aos 7 meses de idade, no Submédio do Vale do São Francisco.

O deficit hídrico reduz a produtividade e a qualidade das raízes da mandioca cv. Recife, por diminuição da sua massa média fresca, do diâmetro e da firmeza.

A limitação de água no solo por irrigação com déficit moderado, após cinco meses de plantio, imprime uma perda de 27,76 % da produtividade comercial (ainda maior do que a nacional) e economia de 31% de água e, face à uma situação de escassez de recursos hídrico, pode ser considerada a possibilidade de sua adoção, no Submédio do Vale do São Francisco.

Considerando o objetivo de otimizar o uso da água sem comprometer

significativamente a produtividade, seria pertinente investigar, em estudos posteriores, potenciais mátricos de déficit hídrico mais baixos do que os empregados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

Alves, A. A. C. Fisiologia da mandioca. Aspectos Socioeconômicos da Mandioca. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, 2006, 138-69.

Alves, A; Cansian, R. L; Stuart, G; Valduga, E. (2005). Alterações na qualidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas. **Ciência e Agrotecnologia**, 29, 330-337.

Amma, S. S; George, J. (2019). Water Productivity of Micro-Irrigated Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz). In: GOYAL MR *et al.* (Ed.) Management Strategies for Water Use Efficiency and Micro Irrigated Crops. **Apple Academic Press**. p.63-70.

Barbosa, J. C; Maldonado Júnior, W. Experimentação agrônômica e AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: **Multipress**. 2015.

Coelho Filho, M. A. Irrigação da cultura da mandioca – Comunicado técnico. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas: Bahia. 2020, p. 1-12. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212614/1/ComunicadoTecnico172-Mauricio-Coelho-AINFO-2.pdf>. Acesso em: 23 set. 2023.

Conceição, A. J. 1979. A mandioca. Cruz das Almas: **UFBA/EMBRAPA/BNB/BRASCAN NORDESTE**. 382p.

Daryanto, S; Lixin, W; Pierre, A. J. "Efeitos da seca na produção de raízes e tubérculos: uma meta-análise." **Gestão da água agrícola** 176 (2016): 122-131.

Duarte, F. F; Guimarães Júnior, R; Vieira, E. A; Fialho, J. F; Malaquias, J. V. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2016, v. 17, n. 1, p. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000100001>. Acesso em: 28 set. 2023

El-Sharkawy, M. A. "Biologia e fisiologia da mandioca." **Biologia molecular de plantas** 56 (2004): 481-501.

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**, Piracicaba, v.19, n.4, p.257-286, 2007.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

Falker-automação agrícola. Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila: Dados Técnicos clorofiLOG CFL1030. 2018.

Gomes, J. F. de A. Produtividade de variedades de mandioca em diferentes arranjos de plantio, épocas de colheita, fisiologia do estresse e déficit hídrico. 2018. 86 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, **Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, Cruz das Almas-BA, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrb.edu.br/handle/prefix/1025>. Acesso em: 23 set. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola - Lavoura Temporária. **IBGE**, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/0>. Acesso em: 26 set. 2023.

Lorenzi, J. O. Mandioca. Vol. 245. Campinas: **CATI**, 2003.

Mansour, E. *et al.* Identificação de genótipos de cevada tolerantes à seca e suas respostas a vários níveis de irrigação em um ambiente mediterrâneo. **Gestão da Água Agrícola**, 194: 58-67, 2017.

Matos, F. S; Oliveira, R. C. P; Gil, J. L. R. A; Sousa, P. V; Gonçalves, G. A; Sousa, M. P. B. L; Silveira, P. S; Silva, L. M. (2016). *Eucalyptus urocan* drought tolerance mechanisms. **African Journal of Agricultural Research** 11(18): 1617-1622.

Matos, F. S; Torres Junior, H. D; Rosa, V. R; Santos, P. G. F; Borges, L. F. O; Ribeiro, R. P; Neves, T. G; Cruvinel, C. K. L. (2014). Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra** 26(1): 19-27.

Mendonça, H. A; Moura, Geraldo, M; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2003, 38: 761-769.

Moura, M. S. B; de Souza, L. S. B; Randow, C. V; da Silva, T. G. F. Perfil vertical de CO₂ na Caatinga preservada: resultados preliminares. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Lavras: Minas Gerais, 2015. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/5426.pdf>. Acesso em: 26 set. 2023.

Nascimento, R; Araújo, A. D. B; Silva, G; Oliveira, J; Oliveira, V; Bassoi, L; Pereira, G. Efeitos de diferentes estratégias de irrigação sobre as características físico-químicas de vinhos tropicais Syrah. In: Jornada de Iniciação Científica, Anais. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/906807>. Acesso em: 26 set. 2023.

Nicoli, N. A. N; Bonomo, R; Souza, J. M; Nascimento, A. L; Magalhães, A. M. P. Produtividade e qualidade de mandioca para mesa em diferentes épocas de colheita e lâminas de irrigação. **Irriga**, v.24, n.4, p.704-718, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n4p704-718>. Acesso em: 26 set. 2023.

Oliveira, E. J; de T, S; Morgante, C. V; de Melo, C. A. R; Cruz, J. L; Coelho Filho, M. A. (2015). Parâmetros genéticos da mandioca quanto à tolerância ao déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 50(3), 233-241.

Okogbenin, E; Setter, T; Ferguson, M; Mutegi, R; Ceballos, H; Olasanmi, B; Fregene, M. Abordagens Fenotípicas Da Seca Na Mandioca: Revisão. **Fronteiras Em Fisiologia**, V.4, P.1-15, 2013. Doi: 10.3389/Fphys.2013.00093.

Otsubo, A. A; Brito, O. R; Mercante, F. M; Otsubo, V. H. N; Gonçalves, M. A; Telles, T. S. Desempenho de cultivares elites de mandioca industrial em área de cerrado do Mato Grosso do Sul. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, p. 1155-1162, 2009. Disponível em:
<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/4652/3958/16684>
 Acesso em: 26 set. 2023.

Rangel, M. A. S; Fey, E; Neubert, E. D. O; Fidalski, J. Plantio direto de mandioca aspectos do manejo. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas: Bahia, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1099626/plantio-direto-de-mandioca-aspectos-do-manejo>. Acesso em: 12 set. 2023.

Rocha, J. D. S.; Coelho Filho, M. A.; Ledo, C. D. S.; Santos, V. D. S.; Ribeiro, R. D. S.; Gomes Junior, F. D. A. Avaliação de clones de mandioca mansa sob condições de sequeiro e irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 14.; **FEIRA BRASILEIRA DA MANDIOCA**, 1., 2011, Maceió. Mandioca: fonte de alimento e energia: anais. Maceió: ABAM: SBM, 2011. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/915263>. Acesso em: 01 nov. 2023.

Santos, C. A. F. D; Lima, N. S; Vieira, T. A. D. S; Moreira, T. M. D. O; Moreira, E. D. O; Silva, L. V; Leonardo, F. D. A. P. Aspectos fisiológicos e de crescimento de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em casa de vegetação. In: Extensão rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar. **Editora Científica Digital**, vol. 1. 2021, p. 84-97. Disponível em:
<https://downloads.editoracientifica.org/articles/201202655.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

Santos, H.G; Jacomine, P. K. T; Anjos, L. H. C; Oliveira, V. A; Lumberras, J. F; Coelho, M.R., Almeida, J. A; Cunha, T. J. F; Oliveira, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 356 p.

Seki, K. (2007) SWRC fit - a nonlinear fitting program with a water retention curve for soils having unimodal and bimodal pore structure. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 4: 407-437. doi:10.5194/hessd-4-407-2007

Silva, H. R. F.; Melo, V. L.; Pacheco, D. D.; Assis, Y. J. M.; Sales, H. R. Acúmulo de matéria seca e micronutrientes em mandioca consorciada com bananeira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 15-23, 2014. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100008>. Acesso em: 28 set. 2023.

Silva, R. B. Crescimento e produtividade da mandioca sob níveis de irrigação. 2021. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia, **Universidade Federal de Alagoas**, Rio Largo, 2020. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/8043>. Acesso em: 29 set. 2023.

Silva, R. B; Teodoro, I; Souza, L. J; Júnior, F. A. R; Santos, A. M. Análises fisiológicas e de crescimento e produtividade da mandioca sob níveis de irrigação. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 2022, 21.1: 16-26.

Souza, L. D.; Silva, A. F. Sistema de produção de mandioca no Semiárido. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas: Bahia, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131107/sistema-de-producao-de-mandioca-no-semiarido>. Acesso em: 29 set. 2023.

Tironi, L.F; Uhlmann, L. O; Streck, N. A; Samboranha, F. K; Freitas, C. P. O. D; Silva, M. R. D. (2015). Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia** 74: 58-66.

Trócolis, A; Laurent, D; Sue, E. H. **O clima é importante para a energia**. Vol. 528. Nova York: Springer, 2014.

Welburn, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, 144, 307-313, 1994.