UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
***CAMPUS* ARAPIRACA**
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE - PPGAA
MESTRADO EM AGRICULTURA E AMBIENTE

FRANCIELI COSTA PINHEIRO

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DE VARIEDADES DE MANDIOCA SOB ÉPOCAS DE COLHEITA NO AGRESTE DE ALAGOAS

ARAPIRACA
2025

Francieli Costa Pinheiro

Aspectos fisiológicos e produtividade agrícola de variedades de mandioca sob épocas de colheita no agreste de Alagoas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, *Campus* Arapiraca, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente, área de concentração: Manejo de Água e Solo.

Orientador: Prof. Dr. Cicero Gomes dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Barros Silva

Arapiraca

2025

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
***Campus* Arapiraca**
Biblioteca Setorial *Campus* Arapiraca - BSCA

P654a Pinheiro, Francieli Costa
Aspectos fisiológicos e produtividade agrícola de variedades de mandioca sob épocas de colheita no agreste de Alagoas [recurso eletrônico] / Francieli Costa Pinheiro. – Arapiraca, AL, 2025.
32 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Gomes dos Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Barros Silva.
Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, AL, 2025.
Referências: f. 29-32.

1. Plasticidade fisiológica. 2. Teor de amido. 3. Raízes - Rendimento. I. Santos, Cícero Gomes dos, orient. II. Silva, Ricardo Barros, coorient. III. Título.

CDU 631

Bibliotecário responsável: Nestor Antonio Alves Junior
CRB - 4 / 1557

Francieli Costa Pinheiro

Aspectos fisiológicos e produtividade agrícola de variedades de mandioca sob épocas de colheita no agreste de Alagoas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campus Arapiraca, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente, área de concentração: Manejo de Água e Solo.

Data da defesa: 22/09/2025.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Cicero Gomes dos Santos
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Barros Silva
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Coorientador)

Prof. Dr. Antônio Lucrécio dos Santos Neto
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Examinador)

Dr. Julianna Catônio da Silva
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus Arapiraca
(Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por ter me abençoado com a oportunidade de realizar este trabalho e por ter me acompanhado em cada passo dessa jornada.

Aos meus pais, Maria Josielma e José, meu mais profundo agradecimento pelo amor incondicional, apoio e sacrifícios que fizeram por mim. Vocês são meus pilares e minha inspiração.

Aos meus avôs, Maria Madalena e Custodio, que mesmo não estando mais conosco, suas lembranças e ensinamentos continuam a me guiar e inspirar. Onde quer que vocês estejam, espero que estejam orgulhosos de mim.

Aos meus irmãos, Fernanda, Davi e Guilherme, pelo carinho, compreensão e apoio. Vocês são meus companheiros de jornada e minha alegria.

Aos meus tios, Clécia, Maria José e Cleide, pelo apoio e orientação. Vocês foram fundamentais em minha formação e crescimento.

Aos meus orientadores, Cícero Gomes dos Santos e Ricardo Barros Silva, pela orientação, paciência e conhecimento compartilhado. Vocês me ajudaram a crescer.

Aos colegas de pós-graduação pela convivência e ajuda na pesquisa, em especial a minha amiga Larissa, pelo companheirismo e ajuda. Juntas, superamos desafios e celebramos conquistas.

Aos meus amigos e cunhado que me ajudou com incentivo para não desistir dos meus objetivos. Ao meu namorado Fernando, por sempre me apoiar e me mostrar que sou capaz.

Ao Professor Dr. Antônio Lucrécio dos Santos Neto, pela ajuda e por disponibilizar sua área para que eu fizesse a pesquisa, ajudando na condução e passando direcionamentos.

À Universidade Federal de Alagoas, por proporcionar um ambiente de aprendizado e crescimento. Aqui, encontrei oportunidades e desafios que me ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje.

Muito obrigado a todos por fazerem parte desta jornada! Esta conquista não é apenas minha, mas de todos que me apoiaram e acreditaram em mim.

RESUMO

A mandioca (Manihot esculenta Crantz) é uma cultura tropical de grande importância socioeconômica, sendo fonte primária de carboidratos para milhões de pessoas. Suas raízes e parte aérea possuem múltiplos usos na alimentação humana, animal e indústria. O objetivo do presente estudo consistiu em avaliar aspectos fisiológicos e a produtividade agrícola de duas variedades de mandioca de uso industrial (Caravela e Pretinha) cultivadas no Agreste de Alagoas, sob diferentes períodos de colheita (12, 14, 16, 18 e 20 meses). O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, implantado em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 × 5, com quatro repetições. Foram mensurados parâmetros fisiológicos (índice SPAD, taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração), produtividade de raízes e rendimento de amido. As condições climáticas da região apresentaram temperatura média adequada ao cultivo, com precipitação suficiente, porém distribuída sazonalmente. A análise de variância evidenciou efeito significativo da interação dos fatores estudados apenas para a variável produtividade. Houve efeito significativo das épocas de colheita para todas as variáveis, com resposta quadrática predominante, enquanto o fator variedades apresentou significância apenas para rendimento de amido e produtividade. A Caravela apresentou maior produtividade máxima (61,48 t ha^{-1}) e rendimento de amido (18,23 t ha^{-1}) em menor tempo, enquanto a Pretinha manteve incremento contínuo até 20 meses, mas com resultados inferiores. O teste de média para o fator variedades indicou resultados superiores da variedade Caravela em relação a variedade Pretinha para o rendimento de amido. A colheita entre 16 e 17 meses resultou em resultados superiores para as variáveis fisiológicas e maior rendimento de amido, coincidindo com condições climáticas mais amenas. Os resultados indicam que a escolha da variedade e a definição da época de colheita são determinantes para otimizar a produção de mandioca no Agreste de Alagoas, destacando a cultivar Caravela e épocas de colheita entre 16 e 17 meses após o plantio para maiores resultados fisiológicos, produtividade e rendimento de amido.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, rendimento de raízes, teor de amido, plasticidade fisiológica.

ABSTRACT

Cassava (Manihot esculenta Crantz) is a tropical crop of great socioeconomic importance, serving as a primary source of carbohydrates for millions of people. Its roots and aerial parts have multiple uses in human food, animal feed, and industry. The objective of this study was to evaluate the physiological aspects and agricultural productivity of two industrial cassava varieties (Caravela and Pretinha) grown in the Agreste region of Alagoas under different harvest periods (12, 14, 16, 18, and 20 months). The experiment was conducted at the experimental area of the Federal University of Alagoas – Arapiraca Campus, in a randomized block design arranged in a 2 × 5 factorial scheme with four replications. Physiological parameters (SPAD index, photosynthetic rate, concentration, transpiration), root yield, and starch content were measured. The region's climatic conditions showed average temperatures suitable for cassava cultivation, with sufficient rainfall, though seasonally distributed. Analysis of variance revealed a significant interaction effect only for productivity. Harvest time significantly influenced all variables, with a predominance of quadratic responses, while variety had a significant effect only on starch yield and productivity. Caravela showed the highest maximum productivity (61.48 t ha^{-1}) and starch yield (18.23 t ha^{-1}) in less time, whereas Pretinha maintained a continuous increase until 20 months, but with lower results. The mean comparison test for the variety factor indicated superior starch yield for Caravela compared to Pretinha. Harvest between 16 and 17 months resulted in superior physiological responses and higher starch yields, coinciding with milder climatic conditions. The results indicate that variety selection and harvest timing are key factors to optimize cassava production in the Agreste region of Alagoas, highlighting the Caravela cultivar and harvest between 16 and 17 months after planting for better physiological performance, productivity, and starch yield.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, root yield, starch content, physiological plasticity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica do o teste de média para as variedades de mandioca Pretinha e Caravela para a variável rendimento de amido (RA). 22
Figura 2 - Índice SPAD (A) e Taxa fotossintética (B) de cultivares de mandioca em função de épocas de colheita. 23
Figura 3 - Condutância estomática de cultivares de mandioca em função de épocas de colheita. 24
Figura 4 - Transpiração (A) e Rendimento de amido (B) de cultivares de mandioca em função de épocas de colheita. 25
Figura 5 - Produtividade da mandioca em função de épocas de colheita para cada variedade. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades químicas e físicas do solo experimental. 18
Tabela 2 - Precipitação mensal (mm) e temperatura média (°C) do período experimenta 19
Tabela 3 - Resumo da análise de variância e regressão de duas cultivares de mandioca em função de épocas de corte para as variáveis índice SPAD, A, gs, E, PR e RA. 21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....9

2 OBJETIVOS.....11

2.1 Objetivo Geral.....11

2.1 Objetivos Específicos.....11

3 REVISÃO DE LITERATURA.....12

3.1 Aspectos Gerais da Mandioca.....12

3.2 Exigências Edafoclimáticas.....13

3.3 Variedades.....14

3.4 Aspectos Ecofisiológicos.....15

3.5 Colheita.....16

4 MATERIAL E MÉTODOS.....18

4.1 Características da área experimental.....18

4.2 Delineamento estatístico e tratos culturais.....18

4.3 Variáveis meteorológicas, fisiológicas e produtividade.....19

4.4 Análise estatística.....20

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....21

6 CONCLUSÕES.....28

REFERÊNCIAS.....29

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das mais importantes fontes de carboidratos para população mundial, ocupa a terceira posição entre os alimentos mais consumidos nos trópicos, atrás apenas do milho e arroz (Udoro; Anyasi; Jieani, 2021). Sua relevância econômica é substancial, com destaque pelo impacto nos setores industrial e socioeconômico (Barata; Passos; Costa, 2021; Passos; Quintino; Costa, 2022). Em regiões agrícolas desafiadoras, a mandioca desempenha um papel crucial no fortalecimento da renda das famílias que dependem da agricultura, uma vez que contribui para a segurança alimentar e a sustentabilidade econômica (Polthanee, 2018).

Na safra 2023 a produção mundial de raízes de mandioca foi de 333 milhões de toneladas, com rendimento médio de 10 t ha^{-1}. No Brasil, a produção de raízes mandioca atingiu 18,5 milhões de toneladas nessa mesma safra, o que tornou o país o sexto maior produtor mundial, e o rendimento médio nacional foi de 15 t ha^{-1} (FAO, 2025). Nessa safra, Alagoas se destacou como o nono maior produtor no Brasil, com uma produção total de 518 mil toneladas e produtividade média de 15 t ha^{-1}, valor abaixo do potencial produtivo da mandioca que pode ser de até 100 t ha^{-1} de raízes sob condições irrigadas de cultivo e 72 t ha^{-1} sob condições de sequeiro em Alagoas (Silva*; Alves; Queiroz,* 2021; Silva; Alves; Queiroz, 2025).

A baixa produtividade agrícola da mandioca a nível mundial está relacionada ao cultivo da planta ser majoritariamente realizado sob condições de solos ácidos e de baixa fertilidade, onde a escassez de minerais essenciais, especialmente de potássio, limita significativamente os rendimentos de raízes (Alves, 2002; Ezui *et al*., 2018;). Além disso, o cultivo geralmente é realizado sob condições de sequeiro, o que gera déficit hídrico e impacta o crescimento e desenvolvimento da planta (Silva; Alves; Queiroz, 2025). Esses fatores também atuam sobre a mandiocultura do Nordeste, e além das condições edafoclimáticas adversas, a adoção de manejo empírico no cultivo na região favorece ainda mais para a baixa produtividade local, onde produtores não se atentam para utilização de boas práticas de cultivo, como preparo adequado do solo, seleção de variedades mais produtivas, adubação, manejo eficiente de pragas e doenças, plantio e colheita em épocas adequadas (Morais; Silva; Santiago, 2017; Silva; Alves; Queiroz, 2021).

Dentre estes problemas expostos, em Alagoas a utilização de variedades pouco produtivas destaca-se como um dos principais nos cultivos locais, uma vez que dados disponíveis sobre o crescimento e desempenho produtivo desses materiais sob as condições edafoclimáticas da região são limitados, principalmente no Agreste do estado, o que gera a

tomada de decisões inadequadas, como a colheita de variedades precoces ou tardias em épocas impróprias, o que reduz a produtividade de raízes e rendimento de amido (Santiago; Silva; Morais, 2015; Morais; Silva; Santiago, 2017). Portanto, identificar variedades com maiores rendimentos, período ideal de colheita e crescimento e desenvolvimento estáveis sob as condições edafoclimáticas locais torna-se importante, o que tende a garantir maior segurança alimentar e renda para agricultores da região.

Além disso, a escolha de variedades de maior eficiência quanto a aspectos fisiológicos em determinada região tende a impactar os componentes de produção da mandioca. Variedades com maior capacidade de regulação da condutância estomática e capacidade de concentrar CO_2 intercelular com pequena abertura estomática, tendem a assegurar maiores taxas fotossintéticas e eficiência no uso da água, consequentemente, gera maior produção de biomassa (EL-Sharkawy, 2007).

Diante do exposto, observa-se que a ausência de dados sobre variedades de mandioca de alta produtividade agrícola e respostas fisiológicas sob as condições edafoclimáticas do Agreste alagoano, é um dos principais fatores que impedem o aumento da produtividade local. Portanto, pesquisas que analisem respostas produtivas e fisiológicas das principais variedades cultivadas na região sob diferentes períodos de colheitas são importantes, uma vez que indicam quais as variedades de maior desempenho produtivo, a melhor época para realizar a colheita e respostas fisiológicas sob as condições edafoclimáticas locais. Isso, aliado a um manejo adequado pode possibilitar o crescimento e desenvolvimento adequado da cultura e conferir maior vigor às plantas para superar as adversidades do ambiente e reduzir o impacto na produção final de biomassa (Mélo Neto; Souza; Lima, 2018).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o rendimento agrícola de raízes e amido, e aspectos fisiológicos de variedades de mandioca tipo indústria, em função de diferentes períodos de colheita no Agreste de Alagoas, Nordeste do Brasil.

2.1 Objetivos Específicos

a) Quantificar qual variedade de mandioca gera maior rendimento de raízes e amido no Agreste de Alagoas;
b) Determinar qual épocas de colheita proporciona maior rendimento de amido e raízes;
c) Mensurar respostas fisiológicas de variedades de mandioca sob diferentes períodos de colheita nas condições edafoclimáticas do Agreste de Alagoas;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos Gerais da Mandioca

A mandioca é uma cultura que remonta a cerca de 9 mil anos, reconhecida como uma das mais antigas fontes alimentares da América do Sul. Os povos pré-colombianos já utilizavam a planta, que mais tarde foi assimilada pelos colonizadores portugueses, os quais a disseminaram pelo continente africano (Coêlho, 2018). Essa planta perene e arbustiva é fundamental, especialmente sua raiz, que é rica em fécula e amplamente utilizada na alimentação humana e animal, além de servir como matéria-prima para diversas indústrias (Bahia, 2010).

A mandioca, cientificamente chamada de *Manihot esculenta* Crantz, pertence à família botânica das Euphorbiaceae e tem suas raízes na América do Sul, sendo amplamente cultivada em todo o Brasil. Este cultivo é de extrema relevância econômica e social, uma vez que é utilizado para a subsistência das famílias, bem como para atender ao mercado interno e à exportação.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), a produção global de raízes de mandioca na safra 2023 foi de 333 milhões de toneladas, com rendimento médio de 15 t ha^{-1}. Nessa mesma safra, o Brasil produziu 18,5 milhões de toneladas, destacando-se como o sexto maior produtor mundial. Dentre as regiões brasileiras, o Norte destaca-se como maior produtor nacional, enquanto o Nordeste é o terceiro maior. Atualmente Alagoas é o nono maior produtor dentre os estados brasileiros, com produção e produtividade agrícola média de 518 mil toneladas e 15 t ha^{-1}, respectivamente.

Considerada uma das culturas agrícolas mais importantes no Brasil, especialmente para agricultura familiar, a mandioca apresenta uma área cultivada relativamente estável ao longo das últimas décadas. De acordo com o IBGE (2018), houve um aumento de quase 20% na área cultivada de mandioca na região Norte do Brasil entre 1990 e 2017, enquanto na Região Nordeste observou-se uma redução superior a 20%.

A versatilidade da mandioca no consumo é um dos seus principais atrativos, podendo ser ingerida in natura, processada em farinha e fécula ou utilizada na alimentação de animais. Um aspecto importante que aumenta o aproveitamento da planta é o uso da parte aérea, que pode ser empregada como forragem fresca, feno ou silagem para a nutrição animal (Streck; Ferreira; Oliveira, 2014).

A propagação da mandioca é realizada principalmente por estaquia. A qualidade das manivas utilizadas influencia diretamente o ciclo de produção, sendo que essa multiplicação resulta na obtenção de clones que possuem características idênticas à planta mãe. No entanto, essa prática também pode acarretar riscos fitossanitários devido ao acúmulo de pragas e patógenos no material vegetativo (Santos; Araújo; Correia, 2009).

Embora a mandioca seja uma planta robusta, requer cuidados adequados em seu manejo e adubação para garantir uma alta produtividade. Silva (2017) enfatiza a importância de estudos aplicados que se concentrem no manejo, adubação e fitossanidade da cultura da mandioca, a fim de manter a produção em níveis ascendentes.

Nas áreas mais áridas do semiárido, a irregularidade das chuvas compromete a oferta de matéria-prima de qualidade por longos períodos, dificultando o desenvolvimento do setor industrial vinculado à produção de farinha e fécula (Cavalcanti, 2004). Porém, a utilização da mandioca na alimentação animal é uma opção valiosa, podendo ser utilizada isoladamente ou misturada na ração de ruminantes. Essa utilização não só garante a sobrevivência dos animais, mas também serve como uma alternativa de renda para os produtores rurais. Dessa forma, a mandioca pode ser considerada uma reserva estratégica de alimento tanto para humanos quanto para animais em anos de seca severa, que ocasionalmente ocorrem em regiões áridas (Calvacanti, 2004).

3.2 Exigências Edafoclimáticas

As interações entre variáveis climáticas, como chuva, temperatura e radiação solar, desempenham um papel fundamental na produção agrícola, uma vez que impactam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Para elucidar as exigências climáticas da mandioca, são necessários estudos que indiquem as respostas produtivas da planta sob a oscilação de variáveis climáticas em diferentes regiões do planeta (EL- Sharkawy, 2004).

Em a temperatura, essa pode afetar significativamente a produtividade de variedades de mandioca. Variedades de mandioca respondem de maneira diferente à temperatura, algumas podendo apresentar maior produtividade sob temperaturas mais elevadas que outras. Combinação de fatores climáticos, como a temperatura e a radiação solar, não afetam apenas o crescimento das variedades, mas também altera a eficiência do uso da água e a produção de amido nas raízes, sendo crucial para a melhoria do rendimento agrícola em diferentes condições ambientais (Alves, 2002).

A radiação solar é uma das principais variáveis climáticas que impacta cultivos, uma vez que afeta tanto a temperatura do solo quanto do ar, além de ser essencial para o processo fotossintético das plantas. Regiões equatoriais, como a dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro, são particularmente adequadas ao cultivo da mandioca devido à alta incidência de radiação solar (Silva; Modesto Júnior; Alves, 2022). Áreas de cultivo de mandioca estão predominantemente localizadas nas proximidades da zona equatorial (entre 30° Sul e 30° Norte), onde a média anual de luz solar atinge 12 horas diárias, um fotoperíodo ideal para a cultura (Daryanto; Wang; Jacinthe, 2016).

No que diz respeito à precipitação, as principais regiões produtoras de mandioca no mundo possuem chuva anual média que varia de 600 a 1.500 mm, com a predominância de cultivos em áreas com chuvas acumuladas de aproximadamente 800 mm por ano e estações secas bem definidas (Borges; Homma; Alves, 2021). A mandioca é relativamente tolerante à seca em comparação com outras culturas, mas enfrenta um período crítico ao déficit hídrico do 1º ao 5º mês após o plantio, quando há o estabelecimento da planta no campo. Nesse período, o estresse hídrico pode reduzir o crescimento radicular, o que impacta a formação de raízes que no futuro serão órgãos de armazenamento, além de dificultar a formação da parte aérea (Conceição, 1981).

Quanto as condições edáficas, a mandioca é uma planta que se adapta bem a diferentes tipos de solo, porém o ideal é que sejam solos profundos, bem drenados e com pH entre 5,5 e 6,5 e saturação por bases superior a 50%. Solos compactados ou mal drenados podem dificultar o desenvolvimento das raízes, resultando em menor produtividade. Além disso, solos ricos em matéria orgânica e com boa aeração favorecem o crescimento radicular e a absorção de nutrientes, o que melhora o desempenho produtivo da cultura. Torna-se importante salientar que embora a mandioca seja tolerante a solos de baixa fertilidade, um manejo adequado com correção de acidez melhora a produtividade agrícola (Embrapa, 2020).

3.3 Variedades

Variedades de mandioca são amplamente cultivadas em várias partes do mundo, especialmente em regiões tropicais. Sua rusticidade e relevância social são notáveis, especialmente entre comunidades de baixa renda, onde ela se adapta bem aos diversos ecossistemas (Cartay, 2004; Vidal; Santos; Alves, 2014).

O Brasil apresenta uma ampla diversidade de cultivares de mandioca, adaptadas a diferentes usos e condições regionais. Entre as cultivares de mesa, destacam-se a BRS 1668 e a BRS 399, reconhecidas pelo alto potencial produtivo e sabor diferenciado. A BRS 1668 possui

polpa amarela e potencial produção de até 25 t ha^{-1}, enquanto a BRS 399 pode atingir até 70 t ha^{-1}, sendo mais adequada para solos de média a alta fertilidade. Outras cultivares, como a BRS 396 e a BRS Dourada, são ricas em betacaroteno e possuem características culinárias e sensoriais valorizadas para o consumo humano. A BRS Gema de Ovo combina alta produtividade com bom desempenho em diferentes tipos de solo e clima, além de apresentar um ciclo produtivo reduzido (Embrapa, 2021).

Entre as cultivares industriais, destacam-se a BRS 417, BRS 418, BRS 419 e BRS CS 01, que oferecem elevada produtividade, resistência a doenças e facilidade para o plantio mecanizado. Essas variedades são indicadas para a produção de farinha e amido, com rendimentos superiores a 30 toneladas por hectare e teores de amido superiores a 30%. A BRS Tapioqueira e a BRS Poti Branca são cultivares que se destacam pela alta produção de matéria seca, sendo essenciais para a cadeia produtiva de farinha. (Embrapa, 2020; Embrapa, 2019).

Algumas cultivares foram desenvolvidas para enfrentar desafios específicos de determinadas regiões. A BRS Kiriris, por exemplo, é ideal para os Tabuleiros Costeiros, com produtividade superior às variedades locais e facilidade de colheita. A BRS Formosa combina resistência à bacteriose com alto rendimento em diversas regiões, sendo também tolerante à seca (Embrapa, 2018).

Em Alagoas são cultivadas diversas variedades de mandioca, dentre as mais cultivadas destacam-se Pretinha e Caravela. A variedade Pretinha é caracterizada por sua capacidade de adaptação a solos pobres, morfologicamente, apresenta folhas de tamanho médio, com um sistema radicular robusto, formado por raízes longas e de bom diâmetro, o que resulta em alta produtividade de raízes sob condições adversas. A Caravela, por sua vez, tem como principais características morfológicas um sistema radicular extenso e bom diâmetro de raízes. É popular em áreas com maior umidade, sendo recomendada para regiões com solos argilosos e bem drenados. Sua produtividade é elevada, e apresenta boa tolerância a pragas e doenças, o que a torna valorizada pelos agricultores do Nordeste brasileiro (Morais; Silva; Santiago, 2017).

3.4 Aspectos Ecofisiológicos

A mandioca é uma planta adaptada as condições climáticas tropicais, com características fisiológicas que favorecem seu crescimento e produtividade sob tais condições. Mediante o exposto, destaca-se a capacidade fotossintética da mandioca que é um indicador importante da eficiência de uma planta que converte luz solar em energia química em regiões tropicais (Silva *et al.*, 2021). Por exemplo, Alves e Modesto Junior, (2022) relatam que a mandioca pode

alcançar taxas fotossintéticas de até 30 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1} sob condições tropicais, e essa alta taxa fotossintética é crucial para o acúmulo de carboidratos nas raízes, que são a principal parte comercial da planta.

A condutância estomática, que regula a assimilação de CO_2 e transpiração nas folhas, desempenha papel fundamental no crescimento da mandioca. Em condições de estresse hídrico, a planta reduz a condutância estomática para minimizar a perda de água e mantém uma relação eficiente entre a fotossíntese e a transpiração (Santos, 2021). Essa capacidade adaptativa permite que a mandioca sobreviva em ambientes com disponibilidade limitada de água. Portanto, em climas mais secos, a mandioca tende a reduzir a transpiração para conservar água, o que mantém a produtividade em níveis aceitáveis (Oliveira; Souza; Lima 2020).

A resposta do fechamento estomático ao déficit de pressão de vapor atmosférico (DPVA) varia conforme a variedade de mandioca. O aumento do DPVA está ligado ao aumento da temperatura e à diminuição da umidade, frequentemente observado durante as horas mais quentes do dia em regiões tropicais. Estudos indicam que a alta sensibilidade estomática da mandioca ao DPVA (El-Sharkawy; Cock, 1984; Cock, 1985). Essa sensibilidade permite uma melhor eficiência no uso da água pela planta sob condições limitantes (Damatta, 2003).

Em relação a temperatura foliar, que influencia diretamente o metabolismo da planta e é um reflexo do equilíbrio entre a absorção de luz solar e a dissipação de calor, a mandioca tende a apresentar temperaturas foliares mais baixas devido à sua adaptação às condições de alta radiação solar, o que favorece o funcionamento adequado dos processos fotossintéticos (Silva, 2022).

3.5 Colheita

As variedades de mandioca são divididas em três categorias principais de acordo com o período de colheita: precoce, intermediária e tardia. As variedades precoces geralmente podem ser colhidas de 9 a 12 meses após o plantio, sendo ideais para mercados que necessitam de rotação rápida de culturas. As variedades intermediárias são colhidas de 12 a 14 meses. Enquanto as variedades tardias são colhidas com 15 meses ou mais e, geralmente, apresentam alto rendimento de amido e raízes (Pinto, 2020).

Uma boa variedade de mandioca deve apresentar na colheita alto rendimento de amido nas raízes, pois esse é um dos principais fatores que influenciam o valor econômico da planta, especialmente para a indústria. Além disso, espera-se uma alta produtividade de raízes, algumas variedades alcançam até 70 t ha^{-1}, a depender de condições de cultivo (EMBRAPA, 2022).

Preferencialmente, no momento da colheita, as raízes devem ser grandes, bem formadas e livres de doenças, como podridões radiculares, para garantir qualidade para o uso industrial.

A colheita da mandioca pode ser facilitada ou dificultada por vários fatores. Solos arenosos e bem drenados facilitam a retirada das raízes, enquanto solos argilosos e compactados tornam o processo mais difícil e necessitam maior esforço físico ou o uso de maquinário especializado. Além disso, plantas com raízes superficiais são mais fáceis de colher manualmente, enquanto raízes profundas exigem mais trabalho e podem sofrer danos durante o arranquio (Silva, 2018). Outro fator que facilita a colheita é a uniformidade das plantas, pois, variedades que crescem de maneira uniforme em termos de altura e desenvolvimento radicular são mais simples de colher, pois permitem uma colheita mais eficiente e com menor perda de raízes (Alves, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características da área experimental

O período experimental foi de abril de 2023 a dezembro de 2024. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, no município de Arapiraca, estado de Alagoas, Nordeste do Brasil (9º 45' 58' 'S, 35º 38' 58' 'O, 324 m de altitude). De acordo com (Barros; Pereira; Gomes, 2012), a região da pesquisa detém chuva anual média de 800 mm, com estação seca de primavera a verão e chuvosa de outono a inverno. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Santos; Lima; Barbosa,, 2018). Na Tabelas 1 encontra-se as propriedades químicas e físicas do solo experimental na camada de 0 a 0,2 metros.

Tabela 1 - Propriedades químicas e físicas do solo experimental.

Determinações	Valores	Determinações	Valores	Determinações	Valores
pH (em água)	5,86	C.T.C. Efetiva	2,79	Areia Grossa (g/kg)	620
Na (ppm)	8	C.T.C. (pH 7,0)	4,79	Areia Fina (g/kg)	190
P (ppm)	12	% V (Ind. de Sat. de Bases)	58	Silte (g/kg)	100
K (ppm)	105	% M (Ind. Sat. de Al)	0	Argila (g/kg)	90
Ca + Mg (meq/100mL)	2,49	Mat. Org. Total (%)	17,7	Relação Silte/Argila	1,11
Ca (meq/100mL)	1,53	Sat. em Ca (%)	31,9	Class. Textural (SBCS)	Areia-Fı
Mg (meq/100mL)	0,96	Sat. em Mg (%)	20,0		
Al (meq/100mL)	0,00	Sat. em K (%)	5,6		
H + Al (meq/100mL)	2,00	Sat. em Na (%)	0,6		
S (Soma das Bases)	2,76				

Fonte: A autora (2025).

4.2 Delineamento estatístico e tratos culturais

O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos foram variedades de mandioca tipo indústria (Caravela e Pretinha) e períodos de colheita (D_1 – 12 meses, D_2 – 14 meses, D_3 – 16 meses, D_4 – 18 meses e D_5 – 20 meses), o que totalizou 10 tratamentos, em esquema fatorial 2 x 5. As parcelas possuíram dimensões de 5 x 5 metros (25 m²). O plantio da mandioca foi realizado em espaçamento de 1,0 x 0,5 metros (população de 20 mil plantas por hectare).

Na adubação de fundação aplicou-se 40 kg ha^{-1} de P_2O_5, utilizou-se como fonte de P o fertilizante superfosfato simples (18% de P_2O_5). A adubação de cobertura foi realizada 45 dias após o plantio (DAP), em que aplicou-se 40 kg ha^{-1} de N e K_2O, utilizou-se os como fonte de N e K os fertilizantes ureia (45% de N) e cloreto de potássio (58% de K_2O), respectivamente, conforme (Ribeiro; Lima; Barbosa, 1999). Capinas foram realizadas no controle de plantas invasoras. O controle do mandarová da mandioca foi realizado com aplicação de inseticida químico a base de Cipermetrina (50 ml p.c. ha^{-1} / 300 L de calda ha^{-1}).

4.3 Variáveis meteorológicas, fisiológicas e produtividade

Dados de variáveis meteorológicas (temperatura do ar e chuva), foram obtidos de estação agrometeorológica instalada na UFAL – *Campus* Arapiraca (Datalogger – CR 1000, Campbell Scientific, Logan, Utah) a 100 m do cultivo de mandioca (Tabela 2).

Tabela 2 - Acumulado de chuva mensal (mm) e temperatura do ar média (°C), durante o período experimental.

Mês	**Precipitação Mensal (mm)**		**Temperatura Média (°C)**	
	Ano		**Ano**	
	2023	**2024**	**2023**	**2024**
Janeiro	-	29	-	27,2
Fevereiro	-	74	-	26,7
Março	-	20	-	27,3
Abril	72	146	25,5	26,1
Maio	84	190	24,5	25,0
Junho	231	149	22,8	23,3
Julho	190	90	22,4	22,8
Agosto	81	27	22,8	22,9
Setembro	56	14	23,0	24,0
Outubro	13	3	24,5	25,1
Novembro	5	2	26,0	26,0
Dezembro	32	3	25,9	25,7
Total	763	745	-	-

Fonte: A autora (2025).

As avaliações experimentais iniciaram aos 12º meses após o plantio da mandioca, em intervalos bimestrais até os 20º meses de cultivo (última colheita), para isso realizou-se medidas e/ou estimativas das variáveis fisiológicas: taxa de fotossíntese líquida (*A*), taxa transpiratória (*E*) e condutância estomática (*gs*). Essas variáveis foram obtidas utilizando o analisador de gás infravermelho (IRGA, ADC modelo LCi, Hoddesdon, UK) com fonte de luz acoplada de 2.000 mmol m^{-2} s^{-1}, conforme a curva de resposta a luz determinada para a mandioca. Essas avaliações

foram realizadas entre 8 e 10 horas da manhã, em duas plantas úteis, na quinta folha completamente expandida, contadas a partir do ápice do ramo principal da planta, em sentido descendente. Utilizando o clorofilômetro SPAD-502 (*Soil Plant Analysis Development Section*, Minolta Camera CO., Osaka, Japan) o teor de clorofila foliar também foi determinado indiretamente. Obteve-se a massa de raízes pela pesagem em balança digital (Mila, China) do sistema radicular de seis plantas provenientes de área útil da parcela (9,0 m²), em seguida foi determinada a produtividade de raízes (t ha^{-1}) multiplicando o peso médio de raízes por planta pela população (20 mil plantas). Raízes com diâmetro e comprimento maiores de 2,0 e 10 cm, respectivamente, foram consideradas comerciais, conforme Tironi; Santos; Ferreira, 2015). O rendimento de amido foi estimado conforme Grossmann e Freitas (1950).

4.4 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, tiveram suas médias submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,05$) para o fator variedades, enquanto, o fator períodos de colheita foi submetido a análise de regressão, conforme Ferreira, 2018.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 encontra-se o resumo da análise de variância das variáveis: índice SPAD (SPAD), taxa fotossintética (*A*), condutância estomática (g_s), transpiração (*E*), produtividade de raízes (*PR*) e rendimento de amido (*RA*). Observa-se que o efeito da interação foi significativo apenas para a variável *PR*. O fator variedades avaliado de forma isolada apresentou efeito significativo apenas para as variáveis *PR e RA,* enquanto o fator épocas de colheita apresentou efeito significativo para todas as variáveis estudadas.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e regressão de duas cultivares de mandioca em função de épocas de corte para as variáveis índice SPAD, A, gs, E, PR e RA.

F.V.	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS					
		SPAD	***A***	g_s	***E***	***PR***	***RA***
Variedades (V)	1	29,89^{NS}	1,92^{NS}	0,00^{NS}	0,00^{NS}	756.90*	58.12*
Bloco	3	5,43^{NS}	20,23^{NS}	0,00^{NS}	1,13^{NS}	40.10^{NS}	5.65^{NS}
Épocas (E)	4	125,45*	89,53*	0,03*	16,90*	239.25*	42.21*
Reg. Linear	1	100,80^{NS}	20,24^{NS}	0,00^{NS}	0,85^{NS}	634.89*	71.66^{NS}
Reg. Quadrática	1	315,73*	182,63*	0,14*	59,24*	160.63^{NS}	66.86*
V × E	4	19,03^{NS}	3,30^{NS}	0,00^{NS}	0,06^{NS}	164.31*	25.19^{NS}
Resíduo	27	11,19	1,83	0,00	0,23	48.64	9.29
C.V. (%)		7,45	12,61	22,64	18,99	13,96	17,91
Média Geral		44,89	10,72	0,13	2,57	49.94	17.02

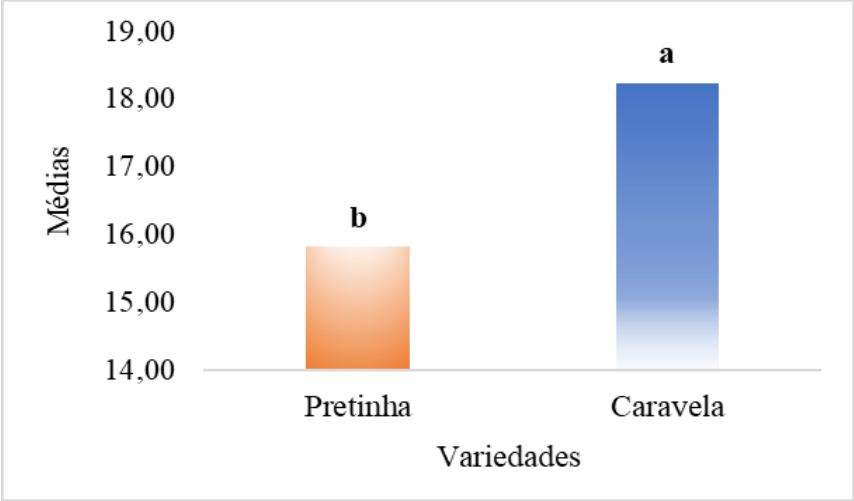
Fonte: A autora (2025).

* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Observando-se os dados médios de rendimento de amido (*RA*) contidos no Figura 1, constata-se que a variedade de mandioca Caravela produziu cerca de 13% mais amido comparada a variedade Pretinha. As produções médias respectivas para rendimento de amido foram de 18,23 t ha^{-1} e 15,82 t ha^{-1}. Apesar da diferença entre as variedades para o rendimento

de amido, onde a variedade caravela apresentou desempenho superior, as produções de cada uma apresentam resultados corroborativos com produções obtidas em outros trabalhos realizados com a cultura da mandioca em diferentes tipos de manejo.

Figura 1 - Representação gráfica do teste de média para as variedades de mandioca Pretinha e Caravela para a variável rendimento de amido (RA).



Fonte: A autora (2025).
Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Estudos desenvolvidos por Amabile; Fernandes; Castro (1997) apresentam resultados médios de 11,4 t ha^{-1} para rendimento de amido na cultura da mandioca. Com resultados similares, estudos desenvolvidos por Vieira; Costa; Barbosa (2020), apresentam resultado de amido em torno de 12,6 t ha^{-1} para a cultivar BRS 418. Além destes trabalhos, resultados de teores de amido de 27% na variedade Cumaru, 31% na variedade Mulatinha e 29% na variedade Caboquinha foram encontrados nos trabalhos realizados pela Embrapa Acre (2023), o que correspondem a rendie 19,9 respectivamente.

A Caravela demostrou ter maior eficiência na alocação de fotoassimilados nas raízes de armazenamento, mesmo sob condições de sequeiro, característica desejável em variedades destinadas à produção de amido e farinha. Isso foi confirmado pelo maior rendimento de raízes, uma vez que é um indicador importante de eficiência fisiológica em alocação de fotoassimilados.

Existe relatos científicos que variedades de mandioca podem priorizar metabolicamente o desenvolvimento das raízes de reserva, direcionando mais amido para elas em vez de investir na parte aérea. Essa característica está associada à capacidade genética da

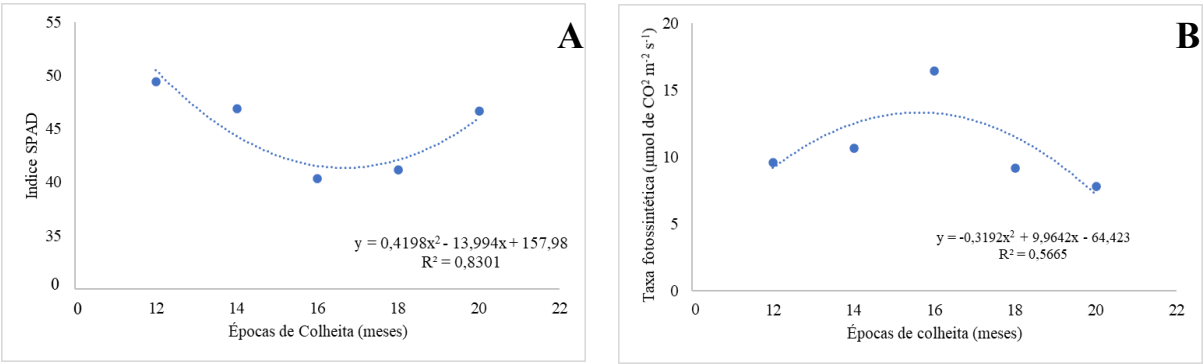
variedade em direcionar carbono eficientemente o que é essencial para melhorar rendimento final de amido, conforme constatado por Chiewchankaset (2022).

De acordo com a análise de regressão (Tabela 3), observa-se efeito quadrático ($p \leq 0.05$) para as variáveis Índice SPAD e Taxa fotossintética (*A*) (Figura 2A e 2B). O ponto crítico para o índice SPAD apresenta o menor valor (41) observado na época de colheita estudada de 16 meses. Já a variável taxa fotossintética apresenta seu máximo resultado (13,41 µmol de CO^2 m^{-2} s^{-1}) quando realizada a colheita em 16 meses.

A taxa fotossintética e o índice SPAD geralmente apresentam relação positiva, visto que maiores teores de clorofila tendem a favorecer a absorção de luz e, consequentemente, a assimilação de carbono. Entretanto, em condições de estresse hídrico, essa relação pode se inverter: mesmo havendo acúmulo de clorofila nas folhas, a redução da abertura estomática limita a difusão de CO_2 para o mesófilo, restringindo a taxa fotossintética. Essa condição gera um aparente "desacoplamento" entre o índice SPAD e a fotossíntese, pois a planta mantém pigmentos fotossintéticos, mas não consegue utilizá-los de forma eficiente devido à limitação estomática e, em casos mais severos, também à limitação não-estomática (como danos fotoquímicos e excesso de espécies reativas de oxigênio) (Flexas; Medrano, 2002; Wang; Noguchi; Terashima, 2018).

Em mandioca, El-Sharkawy (2006) já havia destacado que sob déficit hídrico a cultura mantém teores elevados de clorofila, mas com fotossíntese limitada pela condutância estomática, evidenciando que a desordem é resultado direto da interação entre disponibilidade hídrica, regulação estomática e metabolismo fotossintético.

Figura 2 - Índice SPAD (A) e Taxa fotossintética (B) de cultivares de mandioca em função de épocas de colheita.

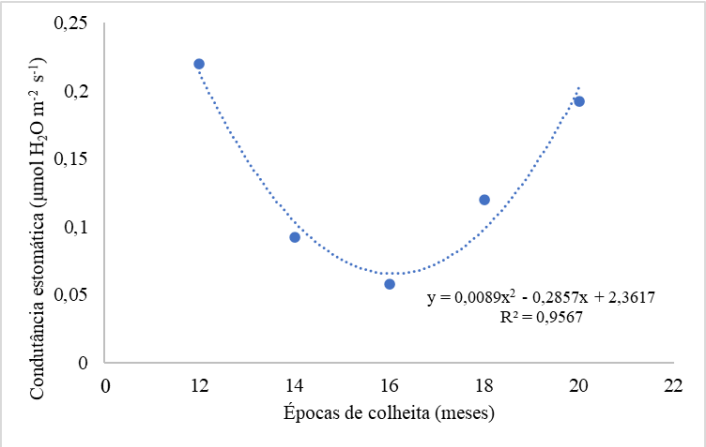


Fonte: A autora (2025).

De modo diretamente relacionado, de acordo com a regressão ($p \leq 0.05$), o modelo quadrático aponta os menores resultados observados para a variável condutância estomática (Figura 3).

Observa-se que, quando realizada a colheita em torno de 16 meses de cultivo, estas variáveis apresentam seu menor desempenho, 0,07 µmol H_2O m^{-2} s^{-1} e 145,52 µmol CO_2 mol^{-1}, respectivamente. Há uma relação direta entre condutância estomática e concentração interna de CO_2, isso porque, quanto maior a abertura estomática, maior a entrada de CO_2 pelos estômatos presentes nas folhas da planta.

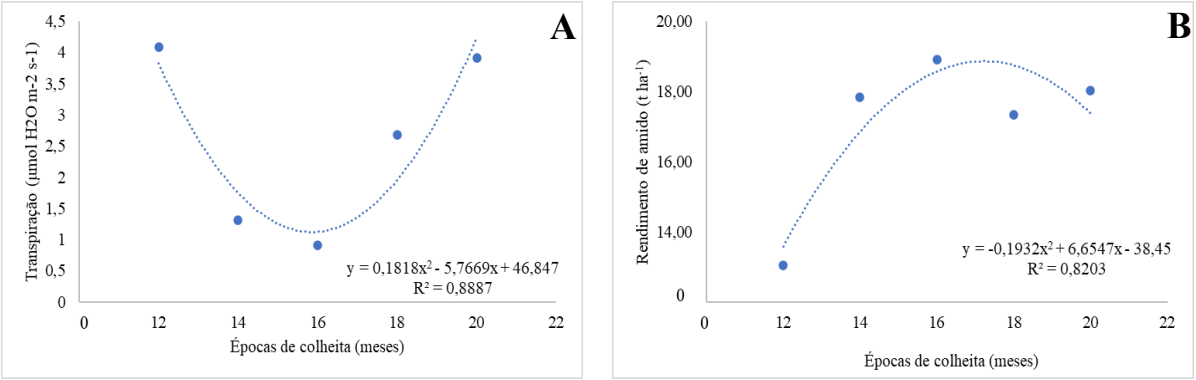
Figura 3 - Condutância estomática de cultivares de mandioca em função de épocas de colheita.



Fonte: A autora (2025).

De acordo com a regressão ($p \leq 0.05$) que consta na Tabela 3, observa-se, também, que houve efeito quadrático para as variáveis estudadas transpiração e rendimento de amido em função das épocas de colheita realizadas (Figura 4A e 4B). A variável transpiração (*E*) apresentou parábola voltada para cima, portanto, o menor resultado (1,06 µmol H_2O m^{-2} s^{-1}) foi observado quando foi realizada a colheita em torno de 16 meses. Durante os primeiros meses após a emergência da mandioca, é natural que a transpiração seja mais intensa, durante o crescimento vegetativo vigoroso, quando a planta possui maior área foliar e metabolismo elevado.

Figura 4 - Transpiração (A) e Rendimento de amido (B) de cultivares de mandioca em função de épocas de colheita.



Fonte: A autora (2025).

Observa-se que o período em que a mandioca apresentou menor resultado de transpiração, coincide com fase do ano, de junho a julho, onde a temperatura é menor e há maior índice pluviométrico (Tabela 2), explicando possivelmente a menor taxa de transpiração em decorrência das condições climáticas mais amenas locais. Segundo Taiz e Zeiger (2017), a transpiração vegetal tem papel fundamental na dissipação de calor, transporte de nutrientes e regulação estomática. Com isso, uma menor temperatura e maior umidade, acabam influenciando a abertura estomática, principal meio onde ocorre a transpiração vegetal.

Também se observa que a menor taxa de transpiração foi encontrada na mesma época de colheita em que foi observada a menor taxa de condutância estomática, ou seja, em períodos que os estômatos têm menor abertura, há uma menor transpiração o que coincide com a época mais fria e chuvosa do ano.

Além disso, no pico do verão, mesmo com menor disponibilidade de água no solo, a mandioca apresentou aumento na taxa transpiratória em razão da maior demanda evaporativa da atmosfera, provocada pelas altas temperaturas que intensificam o gradiente de pressão de vapor entre a folha e o ar (Taiz; Zeiger, 2017). Esse processo atua também como um mecanismo de resfriamento foliar, funcionando como estratégia fisiológica para evitar o superaquecimento e permitir a continuidade da fotossíntese (El-Sharkawy, 2006). Além disso, a mandioca possui adaptações morfofisiológicas à seca, como raízes profundas e ajuste osmótico celular, que possibilitam manter transpiração mesmo em condições de déficit hídrico moderado (Silva; Santos; Barros, 2021). O controle estomático flexível da espécie faz com que, mesmo com estômatos parcialmente fechados, ainda ocorra perda significativa de água em resposta à forte demanda atmosférica, explicando a elevação da taxa transpiratória observada nesse período (Taiz; Zeiger, 2017; El-Sharkawy, 2006).

O fator abiótico umidade é considerado determinante para o crescimento e desenvolvimento da cultura, seja em seus limites ótimos ou negativos, a depender da necessidade real da planta, que pode acarretar modificações na abertura e fechamento estomático, no processo fotossintético, além do crescimento e expansão das folhas (Morais; Santos; Lima, 2009), e tem destaque no processo transpiratório das plantas (Silva; Santos; Barros, 2021).

Para a variável rendimento de amido (Figura 4B), a regressão mostrou efeito quadrático para os dados, apresentando o maior resultado da variável quando realizada a colheita em torno de 17 meses, atingindo sua máxima produção em torno de 18,88 t ha^{-1}. Um estudo realizado por Costa (2025) avaliando a cultura da mandioca em função de épocas de colheita no agreste de Alagoas, apresentou rendimento de amido de 18,67 t ha^{-1}. Costa; Nascimento; Souza (2014) também observou valores superiores de rendimento de amido em épocas de colheita em torno de 16 meses em três cidades no estado de Sergipe, com rendimentos médios de 9 a 15 t ha^{-1}. Além deste trabalho, Silva; Pereira; Santos (2023) avaliou genótipos industriais de mandioca, identificando rendimentos de amido de até 20 t ha^{-1} no segundo ciclo vegetativo, em solos de baixa fertilidade.

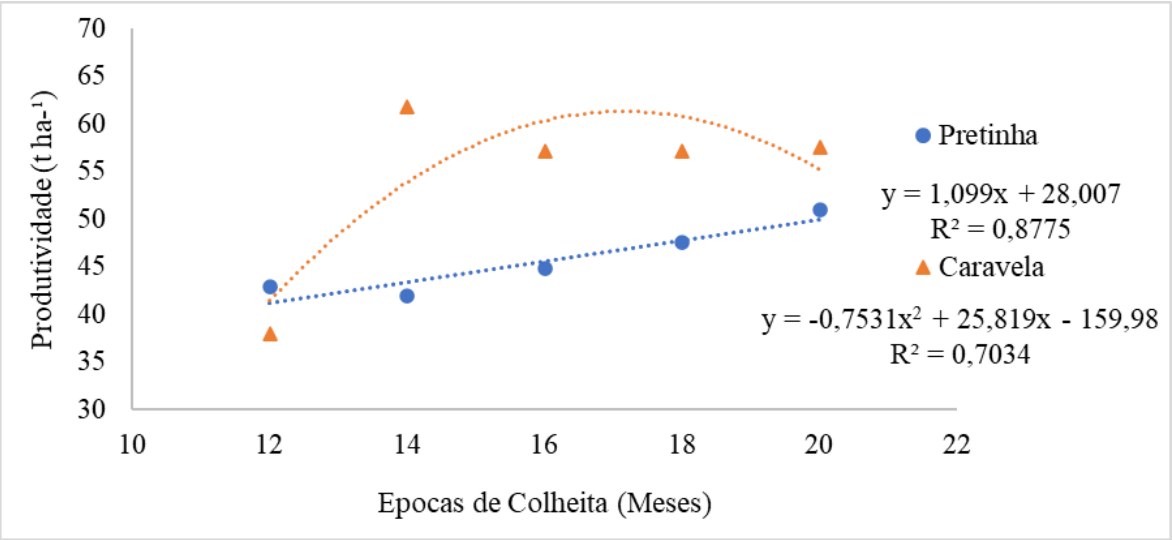
O rendimento de amido na mandioca está diretamente associado ao teor de matéria seca acumulado nas raízes, uma vez que o amido constitui a principal fração do tecido parenquimatoso dessas estruturas subterrâneas (Ribeiro; Lima; Barbosa, 2013). Assim, variedades com maior teor de matéria seca tendem a apresentar maior concentração e produtividade de amido (Siviero; Alves; Ferreira, 2009).

Na análise da interação entre os fatores estudados (variedades × épocas de colheita), a Caravela apresentou uma produtividade de raízes de 41,5 e 55,4 t ha^{-1} aos 12 e 20 MAP, respectivamente, com valor de máxima produtividade identificado aos 17 MAP, equivalente a 61,5 t ha^{-1}. A Pretinha, por sua vez, apresentou uma produtividade de 41,1 e 50,0 t ha^{-1} aos 12 e 20 MAP, respectivamente, sem um ponto de máxima produtividade como observado na Caravela, o que indica uma curva de crescimento mais contínua e gradual. Comparativamente, a Caravela demonstrou maior eficiência no acúmulo de massa radicular, por apresentar vantagem de 5,4 t ha^{-1} aos 20 MAP e superioridade ao longo do período estudado (Figura 5A).

Santiago; Silva; Morais (2022), avaliaram o desempenho produtivo de variedades de mandioca no Agreste de Alagoas, nessa pesquisa a variedade Pretinha obteve desempenho médio de 35 t ha^{-1} de raízes. Enquanto, Santiago; Silva; Morais (2015) na mesma região, observou rendimento de raízes da variedade Caravela equivalente a 55,5 t ha^{-1}. Isso aliado aos dados desta pesquisa sugerem que a Caravela possui um sistema radicular mais vigoroso ou

mecanismos fisiológicos mais eficazes na translocação de fotoassimilados para as raízes durante o acúmulo de reservar, atingindo a máxima produtividade mais precocemente (17 MAP).

Figura 5 - Produtividade da mandioca em função de épocas de colheita para cada variedade.



Fonte: A autora (2025).

Estudos da EMBRAPA (2015) avaliando as variedades BRS 401, BRS 400 e BRS 399 apresentaram produtividade média de raízes de 61,26 t ha^{-1}, 52,34 t ha^{-1} e 49,70 t ha^{-1}, respectivamente, dez meses após o plantio. Estudos realizados pela EMBRAPA Tabuleiros costeiros (2019), apresentou resultados para as variedades caravela e pretinha, A pesagem da parcela cultivada com a variedade Pretinha rendeu 22 toneladas por hectare, enquanto a Caravelas atingiu 25 t ha^{-1}.

6 CONCLUSÕES

A variedade Caravela apresenta maior produtividade e eficiência fisiológica na alocação de fotoassimilados para as raízes, destacando-se no rendimento de raízes e amido, o que a torna mais apropriada para fins industriais em relação a Pretinha.

Colheitas realizadas aos 17 meses após o plantio resultaram em maior rendimento de amido, o que indica que colheitas mais precoces ou tardias em relação a essa época de colheita podem comprometer a eficiência produtiva das raízes para esse fim específico.

A mandioca apresenta plasticidade fisiológica notável frente às condições ambientais do Agreste alagoano, sendo capaz de ajustar a condutância estomática, a transpiração e a atividade fotossintética ao longo do ciclo, mesmo sob variações acentuadas na disponibilidade hídrica. A redução da fotossíntese líquida em fases avançadas está mais associada a limitações metabólicas internas do que diretamente à seca, evidenciando mecanismos adaptativos robustos.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. *In*: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (ed.). ***Cassava***: biology, production and utilization. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 67–89.

ALVES, A. A. C.; SILVA, A. F.; QUEIROZ, D. C.; DITA, M. A. Avaliação de variedades de mandioca para tolerância à seca, em condições semiáridas do Brasil. **Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, p. 5, 2007.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. de S. Potencialidades da cultura da mandioca no estado do Pará. *In*: HOMMA, A. K. O. (ed.). **Sinergias de mudança da agricultura amazônica**: conflitos e oportunidades. Brasília, DF: Embrapa, 2022. p. 310-338.

AMABILE, R. F. *et al*. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 8, p. 1193-1199, ago. 1994.

AMABILE, R. F.; FERNANDES, F. D.; CASTRO, A. M. G. Desempenho agronômico e teor de amido em cultivares de mandioca em diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 3, p. 111–117, 1997.

ARAÚJO, J. L. P.; CAVALCANTI, J.; CORREIA, R. C.; RAMALHO, P. J. P. Raspa de mandioca como alternativa para melhorar a renda da pequena produção do semiárido do Nordeste. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Petrolina, PE: Embrapa, v. 60, jun. 2004.

BARATA, H. da S. *et al*. The importance of agro-economic characteristics for minimal cassava processing: a review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e57110716904, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16904.

BARROS, A. H. C; ARAUJO FILHO, J. C. ; SILVA, A. B; SANTIAGO, G. A. Climatologia do Estado de Alagoas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Recife, PE: Embrapa Solos, n. 211, p. 1-33, dez. 2012.

BORGES, A. L. *et al*. Calagem e adubação para a mandioca. *In*: Borges, A. L. (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 205-224.

CARTAY, R. Difusión y comercio de la yuca (*Manihot esculenta*) en Venezuela y en el mundo. **Agroalimentaria**, v. 9, n. 18, p. 13-22, 2004.

CHIEWCHANKASET, P. *et al*. Effective metabolic carbon utilization and shoot-to-root partitioning modulate distinctive yield in high yielding cassava variety. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 176, p. 36-48, 2022.

COCK, J. H.; PORTO, M. C. M.; EL-SHARKAWY, M. A. Water use efficiency of cassava. III. Influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava. **Crop Science**, v. 25, p. 265-272, 1985.

COELHO, G. B. *et al*. Digestibilidade de dietas de ovinos com mistura múltipla à base de raspa integral da mandioca em substituição ao milho. **Pubvet**, v. 12, p. 136, 2018.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1981. 382 p.

COSTA, B. R. S. **Crescimento e produtividade agrícola de variedades de mandioca sob diferentes épocas de colheita no Agreste de Alagoas**. 2025. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2025.

COSTA, F. C.; NASCIMENTO, L. A.; SOUZA, J. R. Produtividade e teor de amido em mandioca sob diferentes épocas de colheita. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, p. 87–94, 2014.

COSTA, E. F. N. *et al*. Estimativas de adaptabilidade e estabilidade para rendimento de amido em híbridos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no estado de Sergipe. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador, BA. **Anais** [...]. Salvador, BA: SBM: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. p. [1-5].

DAMATTA, F. M. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. *In*: HEMANTARANJAN, A. (ed.). **Advances in Plant Physiology**, Jodhpur: Scientific Publishers, v. 5. p. 227-265, 2003.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P.-A. Drought effects on root and tuber production: a meta-analysis. **Agricultural Water Management**, v. 176, p. 122-131, 2016.

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 56, n. 4, p. 481-501, 2004. DOI: https://doi.org/10.1007/s11103-005-2270-7.

EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H. Water use efficiency of cassava: effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. **Crop Science**, v. 24, p. 497-502, 1984.

EL-SHARKAWY, M. A. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. **Photosynthetica**, v. 44, n. 4, p. 481–512, 2006.

EMBRAPA. **Mandioca**. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023.

EMBRAPA. **Cultivares de mandioca**: características e recomendações técnicas. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021.

EMBRAPA. **Desempenho produtivo de variedades de mandioca no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2023. (Comunicado Técnico, 258).

EMBRAPA. **Prosa Rural**: BRS Formosa e BRS Kiriris: variedades de mandioca para o Nordeste/Vale do Jequitinhonha. Brasília, DF: Embrapa, 30 abr. 2018.

EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS**. Avaliação de variedades de mandioca nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe e Alagoas**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019.

EZUI, K. S. *et al*. Simulating drought impact and mitigation in cassava using the LINTUL model. **Field Crops Research**, v. 219, p. 256-272, 2018.

FARQUHAR, G. D.; EHLERINGER, J. R.; HUBICK, K. T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 40, p. 503-537, 1989.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v. 89, n. 2, p. 183–189, 2002.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: https://www.ibge.gov.br.

MÉLO NETO, B. A.; SOUZA, F. A.; LIMA, R. P. Fisiologia e ecofisiologia da mandioca sob condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, p. 501–510, 2018. DOI: https://doi.org/10.5039/agraria.v13i4a5573

MODESTO JÚNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B. (ed.). **Cultura da mandioca***:* aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

MORAIS, O. P. Fisiologia vegetal aplicada ao cultivo de raízes e tubérculos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 3, p. 345–352, 2009.

MORAIS, F. A.; SANTOS, A. L.; LIMA, D. C. Efeito da disponibilidade hídrica no desenvolvimento fisiológico da mandioca. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 101–107, 2009.

PASSOS, A. M. A.; QUINTINO, S. M.; COSTA, R. S. C. Agronomic, economic and energy performance of cassava genotypes in the southwestern Amazon region. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 9, n. 12, 2022. DOI: https://doi.org/10.22161/ijaers.912.50.

PAZ, Rogério B. de O. *et al*. Desempenho agronômico de cultivares de mandioca de mesa em ambiente do cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 3, p. 37-47, maio/jun. 2020.

PINTO, C. C. *et al*. Parâmetros físico-químicos e resíduos cianogênicos em farinhas de mandioca de diferentes casas de um município do estado do Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43459-43473, 2020.

POLTHANEE, A. Cassava as an insurance crop in a changing climate: the changing role and potential applications of cassava for smallholder farmers in Northeastern Thailand. **Forest and Society**, v. 2, n. 2, nov. 2018. DOI: https://doi.org/10.24259/fs.v2i2.4275.

RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RIBEIRO, A. S.; LIMA, M. A.; BARBOSA, J. R. Teor de matéria seca e produtividade de amido em cultivares de mandioca. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 810–817, 2013.

SANTIAGO, A. D.; SILVA, F. S.; MORAIS, L. P. Avaliação da produtividade de variedades de mandioca no Agreste de Alagoas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 17, n. 2, p. 214–223, 2022.

SANTIAGO, D. A.; SILVA, F. R.; MORAIS, J. B. Avaliação da produtividade de cultivares de mandioca em diferentes condições edafoclimáticas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 212–219, 2015.

SANTOS, E. L. *et al*. Digestibilidade de subprodutos da mandioca para a Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 358-362, 2009.

SANTOS, R. S. dos. *et al*. Diagnóstico higiênico-sanitário e medidas corretivas no processamento da farinha de mandioca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 3, p. 307-315, 2021.

SILVA, D. C. O. *et al*. Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 2, p. 158-165, 2017.

SILVA, L. E. B. *et al*. Aspectos gerais e peculiaridades sobre mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Diversitas Journal**, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2018.

SILVA, M. E. P. da. Potencialidade dos resíduos oriundos do processamento e cultivo da mandioca. *In*: SANTOS, A. C. dos; OLIVEIRA, J. R. de (org.). **Ciências agrárias**: o avanço da ciência no Brasil. v. 5. São Paulo: Editora Científica Digital, 2022. p. 358–370. DOI: 10.37885/221110759.

SIVIERO, A.; ALVES, A. A. C.; FERREIRA, M. E. Relação entre matéria seca e rendimento de amido em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1112–1119, 2009.

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

UDORO, E. O.; ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I. O. Process-induced modifications on quality attributes of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. **Processes**, v. 9, n. 11, p. 1891, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/pr9111891.

WANG, Y.; NOGUCHI, K.; TERASHIMA, I. Photosynthesis-dependent and -independent responses of stomata to blue, red and green light. **Plant, Cell & Environment**, v. 41, n. 3, p. 523–536, 2018.