

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE
MANDIOCA E SELEÇÃO BASEADA EM ÍNDICE NÃO-
PARAMÉTRICO**

Ana Carolina da Silva Novaes dos Santos

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
MARÇO – 2025**

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA E SELEÇÃO BASEADA EM ÍNDICE NÃO-PARAMÉTRICO

Ana Carolina da Silva Novaes dos
Santos

Bacharel em Engenharia Agrônômica, UFRB, 2022

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Agricultura Tropical).

Orientadora: Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo

Coorientador: Dr. Vanderlei da Silva Santos

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
MARÇO – 2025**

FICHA CATALOGRÁFICA

S237a	<p>Santos, Ana Carolina da Silva Novaes dos. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mandioca e seleção baseada em índice não-paramétrico / Ana Carolina da Silva Novaes dos Santos. – Cruz das Almas, BA, 2025. 101f.; il.</p> <p>(Dissertação) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo. Coorientador: Prof. Dr. Vanderlei da Silva Santos.</p> <p>1.Mandioca – Melhoramento genético. 2.Mandioca – Condições ambientais. 3.Produtividade agrícola – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD: 633.682</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA CENTRO DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA E
SELEÇÃO BASEADA EM ÍNDICE NÃO-PARAMÉTRICO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de

Ana Carolina da Silva Novaes dos Santos

Aprovado em 06 de março de 2025

Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - EMBRAPA
Orientador

Dr. Lauro Saraiva Lessa
Embrapa Acre – EMBRAPA
Examinador Externo

Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, com amor e gratidão:

A Deus, por me dar força, sabedoria e saúde ao longo desse processo.

Ao meu cônjuge, Max, por todo apoio e confiança em mim.

A minha mãe, pelo apoio e por ser minha fonte de inspiração.

À memória de Hélio Wilson, cuja contribuição foi essencial para a realização deste trabalho. Seu legado será sempre lembrado.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a concretização desta etapa tão importante da minha vida

É o senhor quem dá sabedoria,
a sabedoria e o entendimento vêm dele.
(Provérbios 2:6)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força, saúde e sabedoria concedidas ao longo dessa jornada.

Ao meu cônjuge, Max, pelo amor, compreensão e apoio durante todo esse processo.

A minha mãe, Sueli, pelo amor incondicional, apoio e ensinamentos que sempre me guiaram. Sua confiança em mim foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, Carlos Ledo, pela paciência, dedicação e por acreditar no meu potencial. Sua orientação foi crucial para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Vanderlei, que através de sua dedicação e generosidade, conseguimos acessar os dados essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Ciências Agrárias, pela oportunidade de crescimento acadêmico e pessoal, e aos colegas e professores, que contribuíram com seus conhecimentos e experiências ao longo do curso, em especial, Catrine, Ralph, Juliana Lopes, Vanessa Pierote, Poliana e Juliana Nascimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço aos meus pastores, Eduardo e Alessandra, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, incentivo e compreensão.

Um agradecimento especial à Hélio Wilson, que, mesmo não estando mais entre nós, foi essencial para a realização desta pesquisa ao disponibilizar os dados fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição será sempre lembrada e valorizada.

Por fim, dedico este trabalho a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa trajetória. A cada um de vocês, minha eterna gratidão.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA E SELEÇÃO BASEADA EM ÍNDICE NÃO-PARAMÉTRICO

RESUMO GERAL

A mandioca é uma cultura de suma importância para a segurança alimentar, econômica, e nutricional em diversas partes do mundo. A produtividade das raízes de mandioca é influenciada por diversos fatores, como o ambiente, genótipo e interação genótipo \times ambiente. A interação genótipo por ambientes é um fator crucial na avaliação de cultivares de mandioca, pois a performance das plantas pode variar significativamente conforme diferentes condições ambientais e práticas agrícolas. Deste modo, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da interação genótipo por ambiente sobre a produtividade de raízes e matéria seca de mandioca, bem como, determinar adaptabilidade e estabilidade através do modelo AMMI e, identificar genótipos promissores através de índice de seleção de Mulamba e Mock. Foram utilizados dados de produtividade de raízes de mandioca de 15 genótipos, provenientes do programa de melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura, durante os anos agrícolas de 2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010, nos municípios de Umbaúba, Lagarto e Gloria do Goitá, localizados nos estados de Sergipe e Pernambuco, em duas épocas de colheita (12 e 18 meses). Todos os ensaios seguiram o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições. Foram analisadas as seguintes características: produtividade de raízes, matéria seca e produtividade de matéria seca. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância por época e local, em seguida, de forma conjunta, as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott. Houve efeito significativo para todos os caracteres avaliados tanto aos 12 meses quanto aos 18 meses de colheita, indicando diferença no desempenho dos genótipos de um ambiente para outro. O modelo AMMI permitiu identificar os genótipos com alta produtividade e estabilidade e também aqueles adaptados a ambientes específicos, sendo estes: Caravela, Jarina, BRS Tianguá, BRS Caipira e Verdinha. A variedade Mucuri se mostrou ser mais adaptada ao município de Umbaúba. O índice de Mulamba e Mock identificou os genótipos mais promissores, sendo estes, BRS Tapioqueira, BRS Caipira, Irará, e Lagoão, mostrando ser uma ferramenta eficiente e confiável na seleção de genótipos.

Palavras-chave: Adaptabilidade, AMMI, Cassava, Estabilidade, Melhoramento genético.

ADAPTABILITY AND STABILITY OF CASSAVA GENOTYPES AND SELECTION BASED ON NON-PARAMETRIC INDEX

GENERAL ABSTRACT

Cassava is a crop of paramount importance for food, economic, and nutritional security in various parts of the world. The productivity of cassava roots is influenced by several factors, such as environment, genotype, and genotype \times environment interaction. The genotype by environment interaction is a crucial factor in the evaluation of cassava cultivars, as plant performance can significantly vary under different environmental conditions and agricultural practices. Thus, this study aimed to assess the effect of genotype by environment interaction on cassava root and dry matter productivity, as well as to determine adaptability and stability using the AMMI model and identify promising genotypes through the Mulamba and Mock selection index. Data on cassava root productivity from 15 genotypes, originating from the Embrapa Mandioca e Fruticultura breeding program, were used during the 2007/2008, 2008/2009, and 2009/2010 agricultural years in the municipalities of Umbaúba, Lagarto, and Gloria do Goitá, located in the states of Sergipe and Pernambuco, at two harvest times (12 and 18 months). All trials followed a randomized block design with three replications. The following traits were analyzed: root productivity, dry matter, and dry matter productivity. The data obtained were subjected to analysis of variance by time and location, then, jointly, the means were subjected to the Scott-Knott test. There was a significant effect for all the evaluated traits at both 12 and 18 months of harvest, indicating variation in genotypes' performance from one environment to another. The AMMI model allowed for the identification of genotypes with high productivity and stability, as well as those adapted to specific environments, namely: Caravela, Jarina, BRS Tianguá, BRS Caipira, and Verdinha. The variety Mucuri seemed to be more adapted to the municipality of Umbaúba. The Mulamba and Mock index identified the most promising genotypes as BRS Tapioqueira, BRS Caipira, Irará, and Lagoão, proving to be an efficient and reliable tool in genotype selection.

Key words: Adaptability, AMMI, Cassava, Stability, Genetic improvement.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1: Identificação dos 15 genótipos de mandioca, avaliados em Umbaúba, Lagarto e Gloria do Goitá nos anos de 2008/2009 e 2009/2010[5346](#)

Tabela 2: Médias e resumos das análises de variância, por ambiente, referentes a produtividade de raízes (t.ha-1), obtidas em ensaios de avaliação de genótipos de mandioca. Região Nordeste do Brasil, 2008, 2009 e 2010.[5550](#)

Tabela 3: Médias e resumos das análises de variância, por ambiente, referentes ao teor de matéria seca (%), obtidas em ensaios de avaliação de genótipos de mandioca. Região Nordeste do Brasil, 2008, 2009 e 2010.[5852](#)

Tabela 4: Médias e resumos das análises de variância, por ambiente, referentes a produtividade de matéria seca (t.ha-1), obtidas em ensaios de avaliação de genótipos de mandioca. Região Nordeste do Brasil, 2008, 2009 e 2010.[6154](#)

Tabela 5: Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres produtividade de raiz (PR), teor de matéria seca (MS) e produtividade de massa seca (PMS) dos 15 genótipos de mandioca em três ambientes aos 12 meses de colheita.[6355](#)

Tabela 6: Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres produtividade de raiz (PR), matéria seca (MS) e produtividade de massa seca (PMS) dos 15 genótipos de mandioca em três ambientes aos 18 meses de colheita.[6456](#)

CAPÍTULO 2

Tabela 1: Identificação dos 15 genótipos de mandioca, avaliados em Umbaúba, Lagarto e Gloria do Goitá nos anos de 2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010[8879](#)

Tabela 2: Valores médios para as variáveis produtividade de raiz (t.ha-1), teor de matéria seca (%) e produtividade de matéria seca (t.ha-1); classificação dos genótipos entre parênteses e Índice de Mulamba e Mock (Imm) para a safra 2007/2008, na região de Umbaúba[8984](#)

Tabela 3: Valores médios para as variáveis produtividade de raiz (t.ha-1), teor de matéria seca (%) e produtividade de matéria seca (t.ha-1); classificação dos genótipos entre parênteses e Índice de Mulamba e Mock (Imm) para a safra 2008/2009, na região de Lagarto[9283](#)

Tabela 4: Valores médios para as variáveis produtividade de raiz (t.ha-1), teor de matéria seca (%) e produtividade de matéria seca (t.ha-1); classificação dos genótipos entre parênteses e Índice de Mulamba e Mock (Imm) para a safra 2008/2009, na região de Glória.....[9385](#)

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2007 a dezembro de 2009 pela estação meteorológica INMET. Umbaúba e Lagarto, Estado de Sergipe, 2024.

.....[5144](#)

Figura 2: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2009 a dezembro de 2010 pela estação meteorológica INMET. Glória de Goitá, Estado de Pernambuco, 2024.

.....[5245](#)

Figura 3: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de raízes (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 12 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.[6659](#)

Figura 4: Biplot da análise AMMI para ensaios de teor de matéria seca (%), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 12 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.[6860](#)

Figura 5: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de matéria seca (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 12 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.[6962](#)

Figura 6: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de raízes (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 18 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé, G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.[7163](#)

Figura 7: Biplot da análise AMMI para ensaios de teor de matéria seca (%), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 18 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.[7364](#)

Figura 8: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de teor de matéria seca (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 18 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.[7465](#)

CAPÍTULO 2

Figura 1: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2007 a dezembro de 2009 pela estação meteorológica INMET. Umbaúba e Lagarto, Estado de Sergipe, 2024.[8677](#)

Figura 2: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2009 a dezembro de 2010 pela estação meteorológica INMET. Glória de Goitá, Estado de Pernambuco, 2024.[8778](#)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Aspectos gerais da cultura.....	17
2.2 Melhoramento genético da mandioca.....	20
2.3 Interação genótipos x ambientes	22
2.4 Adaptabilidade e estabilidade	2423
2.5 Análise AMMI.....	2624
2.6 Índice de Seleção	2825
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3228
CAPÍTULO 1: Avaliação agronômica de genótipos de mandioca sob variação ambiental em duas épocas de colheita	4740
RESUMO.....	4740
ABSTRACT.....	4841
1. INTRODUÇÃO.....	4942
2. MATERIAL E MÉTODOS	5144
2.1 Localização da área de estudo	5144
2.2 Delineamento experimental e variáveis avaliadas	5245
2.3 Análise estatística	5447
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	5548
4. CONCLUSÃO	7567
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7567
CAPÍTULO 2: Identificação de genótipos promissores de mandioca por meio de índice de seleção.....	8273
RESUMO.....	8273
ABSTRACT.....	8374
1. INTRODUÇÃO.....	8475
2. MATERIAL E MÉTODOS	8576
2.1 Localização da área de estudo	8576
2.2 Delineamento experimental e variáveis avaliadas	8778
2.3 Análise estatística	8980

3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	8980
4.	CONCLUSÃO	9686
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9687

1. INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca, também conhecida como *Manihot esculenta* Crantz, é uma cultura de raízes tropicais que serve como importante fonte de sustento alimentar para milhões de pessoas em países da África, Ásia e América Latina (Adur et al., 2020; Ogbuewu e Mbajiorgu 2023). No Brasil, a produção anual é de 17,65 milhões de toneladas em 1,18 milhões de hectares colhidos (IBGE, 2022).

A mandioca representa uma cultura alimentar e industrial de muita importância, com grande potencial para combater a fome e a pobreza por meio da geração de empregos diretos e indiretos (Otum et al., 2023). Além de ser um alimento básico essencial para milhões de pessoas, a mandioca é extensivamente empregada como ração animal e matéria-prima na indústria (Parmar; Sturm e Hensel, 2017).

Pode desenvolver e produzir de maneira satisfatória em locais onde o cultivo de cereais e outras plantações não seria possível. Demonstrando uma notável resistência à seca e adaptando-se a solos pouco fértil, ainda assim, apresenta uma resposta positiva quando beneficiado com irrigação e fertilização adequadas (Amelework e Bairu, 2022).

Apesar da importância da mandioca, a produtividade média das raízes está significativamente abaixo de seu potencial devido à falta de manejo adequado e ao uso de variedades não aprimoradas. Isso representa um desafio para agricultores que dependem dessa cultura para sustento e geração de renda. Optar por variedades melhoradas representa uma alternativa viável para aumentar a produção da cultura sem necessidade de expandir a área de cultivo (Torres et al., 2019). A combinação de boas práticas agrícolas com o uso de tecnologias avançadas e cultivares adaptadas pode maximizar o rendimento de raízes e amido na cultura da mandioca, corroborando para a sustentabilidade e a rentabilidade do cultivo (Bandeira e Sousa et al., 2021).

A mandioca é cultivada vegetativamente. A maneira mais comum de conservar o germoplasma é por meio de campo, podendo ser conservada *in vitro*, *in situ* ou através de sementes botânicas (Fukuda et al., 2024). O progresso e a aplicação de estratégias de melhoramento genético da cultura são desafios devido à natureza heterozigótica e ao seu longo ciclo genético. Um programa convencional

de melhoramento genético da cultura geralmente envolve a caracterização fenotípica de plantas maduras que foram propagadas clonalmente, levando de 3 a 6 anos seu ciclo de seleção, com anos adicionais para liberação das variedades promissoras (Wolfe et al., 2017).

O melhoramento convencional da mandioca enfrenta desafios, como a escassez de genes úteis nas coleções de germoplasma, a floração irregular, problemas de fertilidade e germinação, dentre outros (Fondong e Rey, 2018). Nos programas de melhoramento genético, a análise da interação entre genótipos e ambientes (GEI) é crucial, já que, quando essa interação ocorre, o melhor genótipo em um ambiente pode não ser o melhor em outro. Essa dinâmica afeta os ganhos obtidos com a seleção e torna desafiadora a recomendação de cultivares com adaptabilidade ampla e estabilidade (Oliveira et al., 2017).

A GEI bem como adaptabilidade e estabilidade é frequentemente relatada para diferentes características em mandioca (AMELEWORK et al., 2023; Chipeta et al., 2017; Jiwuba et al., 2020; Phoncharoen et al., 2021) e outras espécies de culturas, como algodão (Teodoro et al., 2019), feijão (da Silva e Santos, 2017) e milho (Ndhlela, et al., 2014).

A estabilidade genotípica descreve genótipos com rendimento consistente diante condições ambientais adversas, é uma característica fundamental. Genótipos com pouca GEI são considerados estáveis (Kundy, Mkamillo e Misangu, 2014; Ubá e Nwobi, 2022). Genótipos adaptados são aqueles que sobrevivem sob condições adversas do ambiente (Adjebeng-Danquah et al., 2020).

Diversos métodos têm sido aplicados para mensurar a adaptabilidade e estabilidade, entre eles o modelo AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) e o GGE Biplot, que permitem avaliar a resposta dos genótipos em múltiplos ambientes (Abreu et al., 2019; Klein et al., 2024).

Para alcançar cultivares de maior qualidade em programas de melhoramento, é fundamental que todas ou a maioria das suas características agronômicas apresentem desempenho favorável. Nesse contexto, índices de seleção têm sido propostos como uma ferramenta eficaz para a seleção simultânea de múltiplas características desejáveis, contribuindo para aumentar a probabilidade

de sucesso do programa (Rezende et al., 2014). Métodos como o Índice de Mulamba e Mock vêm sendo cada vez mais utilizado para esse fim (Leite et al., 2018; Candido et al., 2020; Silva et al., 2021).

O Índice de Mulamba e Mock, baseado na soma de postos, destaca-se por sua simplicidade e eficácia na seleção simultânea de características agronômicas. Estudos recentes demonstram sua aplicação bem-sucedida em diversas culturas, como milho-verde, soja e feijão-caupi, proporcionando ganhos genéticos equilibrados e positivos para os caracteres avaliados (Bizari et al., 2017; Silva et al., 2021).

Portanto, entender a interação genótipo por ambiente (GEI), bem como avaliar a adaptabilidade, estabilidade e aplicar índices de seleção multivariados, são estratégias fundamentais para identificar genótipos superiores de mandioca.

Este estudo parte das seguintes hipóteses: A GEI tem um efeito significativo na produtividade de raízes e matéria seca de mandioca; alguns genótipos apresentam maior adaptabilidade e estabilidade, tornando-os mais adequados para recomendação em diversas condições ambientais; há variabilidade genética entre os genótipos, permitindo o índice de seleção identificar genótipos com melhor desempenho simultâneo.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da interação genótipo por ambiente sobre a produtividade de raízes e matéria seca de mandioca, bem como, determinar adaptabilidade e estabilidade e, identificar genótipos promissores através de índice de seleção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura

A mandioca (*Manihot esculenta*), identificada também como aipim, tapioca ou macaxeira, é uma cultura domesticada de tubérculo, cujas raízes foram inicialmente domesticadas há cerca de 8.000 a 10.000 anos no sul do Brasil e no leste da Bolívia, ao longo da fronteira sudoeste da bacia amazônica (Hirst, 2019). Com relação a produção mundial, o Brasil ocupa a quinta posição, com 5,7%, ficando atrás da Nigéria, que lidera com 20%, seguido da República Democrática do Congo, Tailândia e Gana, de acordo com os dados mais recentes (2023) da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO).

Esta cultura possui raízes tuberosas ricas em amido, que a torna uma planta rústica e importante fonte de energia, fazendo parte dos alimentos mais importantes da África Subsaariana, onde, seguida pela América do Sul e Ásia, é responsável pela grande parte da colheita. O Brasil é considerado como o centro principal de diversidade de espécie de mandioca (Nassar *et al.*, 2008).

No contexto da classificação botânica, a mandioca está categorizada como segue: classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamydae, ordem Euphorbiales, família Euphorbiaceae, tribo Minihoteae, gênero *Manihot* e espécie *Manihot esculenta* Crantz, sendo a única espécie deste gênero que é cultivada em larga escala para a produção de raízes comestíveis e possui os seguintes sinônimos: *M. utilissima*, *M. edulis* e *M. aipi* (Fuhrmann, 2015).

Esta cultura possui diversas características, dentre elas uma produção eficiente de carboidratos (77,6%) e resistência à escassez de nutrientes no solo. A mandioca apresenta uma produção de amido 40% superior à do arroz e 25% superior à do milho (Tonukari 2004).

Atualmente, ocupa o sexto lugar entre as culturas básicas mais importantes do mundo (Hirst, 2019), depois da soja, cana-de-açúcar, milho, café e algodão herbáceo (Santigo, et al., 2023). Em 2021, o mercado de exportação de mandioca e seus derivados atingiu 361,24 milhões de dólares, com o Vietnã como principal exportador e a China como maior importadora (EMBRAPA, 2024).

A mandioca emergiu como uma das culturas alimentares mais cruciais e amplamente cultivadas globalmente, e devido ao fato de suas raízes serem uma valiosa fonte de carboidratos, seu uso é particularmente proeminente em nações

em desenvolvimento, onde a escassez de calorias e a subnutrição são problemas generalizados (Silva et al., 2011). Suas raízes tuberosas são capazes de armazenar amido, que são fonte de energia e água, tornando esta cultura resistente a ambientes que tenham escassez de água (Alencar et al., 2015).

Embora o gênero *Manihot* englobe mais de 80 espécies, a mandioca cultivada pertence exclusivamente à espécie *Manihot esculenta* Crantz. No entanto, dentro dessa única espécie existem diversas cultivares que podem ser classificadas em duas categorias: doces ou de mesa e amargas ou mandiocas-bravas. As variedades doces, também conhecidas como aipim, macaxeira ou mandioca de mesa, são geralmente consumidas cozidas, assadas ou fritas, sob a forma de bolos, salgados, e às vezes servem como alimento para animais. Por sua vez, as mandiocas-bravas são destinadas principalmente às indústrias de produção de farinha e fécula (Fukuda, Santos, Cavalcanti, 2020).

A mandioca desempenha um papel significativo tanto na indústria alimentícia quanto em várias outras indústrias, devido à sua versatilidade e às múltiplas formas em que pode ser processada e utilizada, bem como na confecção de papel, colas, álcool ou amido (Kouakou et al., 2016).

A mandioca é plantada em todas as regiões do Brasil, abrangendo desde a Amazônia até o Rio Grande do Sul, e é adaptada a uma variedade de climas, solos e práticas de manejo (Fukuda, Oliveira, Iglesias, 2002). As maiores produções concentram-se em dois estados, Pará e Paraná. O estado do Pará obtém a maior área cultivada, sua produção é destinada a fabricação de farinha. Já o Paraná destina-se a maioria da produção para a fabricação de fécula, onde utiliza-se muita tecnologia, com isso sua produção quando comparada ao Pará não tem tanta diferença (CONAB, 2023).

Os estados do Pará, Paraná e São Paulo são os três principais estados produtores de mandioca do Brasil. O estado do Paraná lidera a produção de mandioca no Brasil, com foco na utilização industrial (Embrapa, 2022).

No ano de 2022, a área colhida no Paraná alcançou 19,6 mil hectares, resultando em uma produção de 399,4 mil toneladas e um Valor Bruto da Produção (VBP) de R\$ 615,1 milhões (SEAB, 2023).

A mandioca exerce um papel essencial na segurança alimentar e socioeconômica para diversos extratos sociais que a cultivam, gerando emprego e

renda. Grandes agricultores operam negócios em larga escala com boa rentabilidade. Médios e pequenos produtores encontram na mandioca uma fonte de segurança e estabilidade financeira devido à sua rusticidade e baixa necessidade de fertilizantes. Microprodutores visam a segurança alimentar de suas famílias e comercializam o que sobra, tanto na área rural quanto na agricultura periurbana (Valle e Lorenzi, 2014).

Na região nordeste, a produção de mandioca representa 35% da produção nacional. Essa produção é basicamente voltada para o consumo humano e é utilizada na produção de farinha, polvilho azedo e goma, que desempenham um papel fundamental na fabricação de alimentos, como pão de queijo e tapioca (Araújo et al., 2017).

A mandioca é predominantemente cultivada por pequenos agricultores em áreas marginais caracterizadas por solos de baixa fertilidade e longos períodos de seca (Bandeira E Souza et al., 2021). Por possuir esta habilidade de produzir em ambientes marginais com baixas precipitações e fertilidade do solo, a mandioca se torna essencial para a segurança alimentar e crescimento econômico (Ngongo et al. 2022).

Ao longo dos anos, a cultura tem sido propagada principalmente por meio de métodos vegetativos devido à intervenção humana. No entanto, a planta continua a se reproduzir sexualmente, o que aumenta a variabilidade genética da espécie. Isso permite aos melhoristas selecionar genótipos com maior relevância agrônômica (Silva, et al., 2001).

Apesar de a mandiocultura apresentar diversas vantagens, sua produtividade é considerada baixa, e isto pode estar vinculada ao método de cultivo por pequenos produtores, com foco na subsistência, que utilizam mão de obra familiar e tecnologia limitada. Outros fatores incluem solos pouco férteis e variedades de baixo potencial genético, afetados por elementos naturais e biológicos (Silva, 2016). Uma maneira de reduzir este problema é a seleção de genótipos superiores, adaptados e estabilizados em diversos ambientes, sendo isto, um dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético da cultura (Rimoldi et al., 2003).

Geralmente, a colheita da mandioca é realizada dos 12 aos 24 meses após o plantio, em função da necessidade de comercialização (Alves, Modesto Junior e

Nascimento, 2014). Segundo Souza et al. (2010) é de extrema importância realizar a colheita da mandioca no momento mais apropriado, pois a colheita excessivamente precoce pode resultar na redução da produtividade. Por outro lado, se as raízes forem colhidas tardiamente, isso pode levar à perda de qualidade das mesmas, com o desenvolvimento de raízes fibrosas e redução do teor de amido.

A mandioca cresce adequadamente com uma precipitação anual entre 1.000 e 1.500 mm, distribuída de forma uniforme ao longo do ano. A escassez de água nos primeiros cinco meses compromete o desenvolvimento da planta e diminui a produtividade (Dias et al., 2004).

O conhecimento do teor de matéria seca das raízes é fundamental na mandiocultura. Essa característica está diretamente ligada ao rendimento de farinha e fécula, além de influenciar os preços pagos aos agricultores pelas raízes. Também desempenha um papel crucial na programação da colheita, permitindo um planejamento eficaz e a otimização da capacidade industrial (Pola, Nunes e Moreto, 2020). O teor de matéria seca nas raízes de mandioca varia entre 30% e 40%, um valor considerado elevado em comparação com outras fontes de carboidratos (Ribeiro et al., 2013).

2.2 Melhoramento genético da mandioca

Entre as décadas de 1920 e 1960, os primeiros programas de melhoramento de mandioca surgiram de iniciativas de melhoramento genético conduzidas pelos governos coloniais. Hoje, mais de 20.000 acessos de mandioca e seus parentes selvagens são preservados em instituições como o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) e estações de pesquisa nacionais como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Os cientistas concentram-se em características como alto rendimento, maturação precoce, resistência a pragas e doenças, dentre outros (Parmar, Sturm e Hensel, 2017).

O melhoramento genético da mandioca é essencial para atender às necessidades crescentes dos agricultores e consumidores, enfrentar a evolução de pragas e doenças, e lidar com os desafios das mudanças climáticas, crescimento populacional e urbanização (Segatto et al., 2022).

O desenvolvimento e a aplicação de estratégias de melhoramento genético na mandioca são desafiadores devido à natureza heterozigótica da cultura e ao longo ciclo genético. Os programas tradicionais baseiam-se na caracterização fenotípica de plantas maduras propagadas clonalmente (Wolfe et al., 2017).

Há uma ampla diversidade de variedades de mandioca que pode ser explorada em programas de melhoramento genético (Silva et al., 2016). Essa diversidade resulta em variações na produtividade, reação a doenças e a adaptação a diferentes ambientes (CUNHA, FARIAS NETO, 2014).

Devido à adaptação das variedades de mandioca aos diversos ecossistemas, a Embrapa Mandioca e Fruticultura desde 1994 liderou o estabelecimento de seis bancos de germoplasma de mandioca. Esses bancos têm o objetivo de preservar a diversidade genética da mandioca em diferentes ecossistemas e apoiar programas de melhoramento regionais. Suas funções incluem a coleta, introdução, conservação e caracterização da diversidade genética da mandioca em cada região, garantindo o desenvolvimento de variedades adaptadas às condições locais e evitando a erosão genética (FUKUDA et al., 1999).

A estrutura reprodutiva orgânica da mandioca é característica de espécies alógamas. As plantas são monoicas, com inflorescências que produzem flores unissexuadas, essa espécie é heterozigótica, e no contexto do melhoramento genético, a taxa de cruzamento pode ser facilmente controlada, variando de 100% de autofecundação a 100% de cruzamento (Valle, 1990).

Os principais métodos empregados no melhoramento genético da cultura incluem a introdução e seleção de variedades, hibridação intraespecífica, hibridação interespecífica e a indução de poliploidia (Santos et al., 2011). A hibridação entre plantas com características contrastantes é amplamente empregada como método de melhoramento para o melhoramento da cultura. Essa técnica utiliza a polinização, que pode ser aberta, quando não há controle sobre o parental masculino, ou controlada, que é a mais comum devido à sua maior eficiência e à possibilidade de identificar ambos os parentais envolvidos no cruzamento (Fukuda e Iglesias, 2006).

A biotecnologia tem sido empregada desde os anos 1980 para simplificar e potencializar a eficácia do processo de melhoramento da mandioca (Fukuda, Oliveira, Iglesias, 2002).

O melhoramento genético da mandioca no Nordeste brasileiro tem desempenhado um papel fundamental na promoção da segurança alimentar e no fortalecimento da agricultura familiar na região. A Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada em Cruz das Almas (BA), é uma das principais instituições responsáveis por esses programas. Entre as cultivares desenvolvidas, destacam-se a BRS Formosa e a BRS Kiriris, recomendadas para o Nordeste desde 2001, que apresentam características como alto rendimento de raízes e resistência a pragas e doenças, sendo adaptadas aos biomas Caatinga e Mata Atlântica (Embrapa, 2018).

Além do desenvolvimento de novas variedades, a Embrapa também lançou o projeto RENIVA ("Rede de Multiplicação e Transferência de Manivas - Semente de Mandioca com Qualidade Genética e Fitossanitária"), uma estratégia para melhorar a qualidade e produtividade da mandioca. Essa rede permite aos agricultores acessar variedades desenvolvidas pelo Programa Nacional de Melhoramento Genético da Mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura, bem como multiplicar genótipos adaptados às regiões tradicionais de cultivo no Nordeste do Brasil, sem risco de doenças e pragas (Embrapa, 2013).

Outra estratégia adotada é o uso de espécies silvestres de mandioca no melhoramento genético, buscando genes relacionados à produtividade, resistência a doenças e maior teor de amido. Pesquisadores da Embrapa têm explorado essas variedades pouco conhecidas para introduzir características agronomicamente interessantes nas cultivares comerciais (Canal rural, 2022).

2.3 Interação genótipos x ambientes

O objetivo principal dos programas de melhoramento genético de qualquer cultura é identificar e recomendar os genótipos mais produtivos. Essa seleção ocorre tipicamente por meio da avaliação do desempenho dos genótipos em diversos ambientes. Entretanto, é desafiadora muitas das vezes a decisão de lançar novas variedades quando se tem interações genótipos x ambientes, o que torna as avaliações complicadas (Carvalho et al., 2002).

As características ligadas à produção de plantas são influenciadas pelo controle genético da característica, pelas condições do ambiente de cultivo e pela interação entre esses dois fatores. A variabilidade nas respostas fenotípicas diante

de mudanças nas condições ambientais leva a comportamentos distintos dos genótipos, o que caracteriza a interação (YAMAMOTO, 2006).

Esta interação ocorre devido às diferentes respostas dos genótipos em diversos ambientes. Ela pode ser simples quando resulta da variabilidade genética e não afeta muito a classificação dos genótipos, ou complexa quando há mudanças na classificação dos genótipos, de um ambiente para outro. A interação complexa torna a seleção de genótipos adaptados a diversos ambientes desafiadora, dificultando as recomendações dos melhoristas (Maia, Rocha, 2007).

A interação entre genótipos e ambientes diminui a relação entre a expressão fenotípica e o genótipo. Uma correlação baixa indica que um genótipo de destaque em um ambiente provavelmente não terá o mesmo desempenho em outro ambiente. A seleção com base nesse aspecto da interação entre genótipos e ambientes pode garantir que as variedades escolhidas sejam adequadas para os diferentes locais de cultivo (Cargnin et al., 2006).

As interações entre genótipos e ambientes desempenham um papel de extrema importância na escolha de variedades de mandioca, que demonstram alta estabilidade de produção e adaptação a diversos ambientes (Fukuda, Diniz, Calda, 1999).

Percebe-se que, mesmo dentro de um único ecossistema, o desempenho dos clones de mandioca varia consideravelmente entre as plantações, tornando a seleção de clones com bom desempenho em todos os locais uma tarefa desafiadora, tornando necessária a avaliação a nível local (Abreu et al., 2008; Fukuda et al., 2005), exigindo análises de adaptabilidade e estabilidade para avaliar essas variações e aumentar a confiabilidade na seleção e recomendação de variedades (Woyann et al., 2018).

Diversos estudos têm sido realizados para investigar o efeito dessa interação e sua influência no ganho genético. Em soja, Toledo et al. (2006) avaliaram a interação GEI no estado do Mato Grosso, utilizando dados de ensaios regionais realizados entre 1994 e 2000. Os resultados indicaram que a localização geográfica teve maior influência na produtividade do que os anos agrícolas, mostrando a importância de testar os genótipos em uma diversidade de ambientes para capturar a variabilidade ambiental.

No milho, um estudo recente avaliou 13 variedades, incluindo tradicionais e comerciais, em nove ambientes no Espírito Santo. Aplicando cinco metodologias diferentes de análise da interação G×E, os pesquisadores identificaram variedades como Aliança, Alfredo Chaves, Catete e Catetim como as que possuíam ampla adaptabilidade e estabilidade produtiva (do Couto et al., 2023).

Na cultura do feijão-caupi, uma pesquisa realizada no Cariri paraibano mostrou que a interação genótipo × ambiente foi classificada como simples, sugerindo que os genótipos testados apresentaram desempenho relativamente estável, possibilitando a recomendação direta em diferentes ambientes (Rolim et al., 2023).

Para a mandioca, Vieira et al. (2024) conduziram um estudo sob condições de déficit hídrico, avaliando 25 genótipos em duas safras. Os resultados mostraram interação significativa entre genótipos e safras para variáveis como número de hastes por planta, altura de plantas, diâmetro de caule e índice de colheita. As estimativas de herdabilidade variaram de 0,27 a 0,79, indicando variabilidade genética considerável e a necessidade de considerar a GEI na seleção precoce de genótipos adaptados a condições de estresse hídrico. Os autores Abreu et al. (2008), destacam que a mandioca possui elevada heterozigosidade, resultante de cruzamentos naturais intraespecíficos, o que contribui para uma ampla variabilidade genética e adaptabilidade a diferentes ambientes. Essa característica torna a cultura particularmente responsiva às condições ambientais, sendo essencial considerar a GEI em programas de melhoramento.

2.4 Adaptabilidade e estabilidade

A adaptabilidade de uma cultivar refere-se à sua habilidade de se beneficiar vantajosamente das variações no ambiente. A estabilidade de seu comportamento refere-se à capacidade de manter um desempenho consistente, mesmo diante das mudanças no ambiente (Borém e Miranda, 2013).

Em um programa de melhoramento de mandioca seus objetivos variam de acordo com a região e a finalidade, no entanto, geralmente buscam-se características como a tolerância ou resistência a fatores abióticos e bióticos. Além disso, os objetivos incluem o aumento da produção de raízes, parte aérea e látex, otimização dos teores de farinha e amido, e a diminuição do teor de HCN, entre outros (Cosmo et al., 2020; Lara et al., 2008).

Diversos genótipos de mandioca apresentam alta adaptabilidade e estabilidade em trabalhos realizados, como os genótipos MD-33, Pão e Baianinha Roxa (Mendonça et al., 2003), os genótipos BGM-0549, BGM-0400, BGM-1638, 2012.107.004 e 2011.34.45 (Silva, 2021), e variedades como BRS Japonesa, BRS Poti Branca, BRS 396, BRS Tapioqueira, BRS Caipira, Aipim Manteiga, BRS Gema de Ovo, Mãe Joana, entre outros (Embrapa, 2018).

A escolha do método de adaptabilidade e estabilidade depende dos objetivos do trabalho, dos dados disponíveis, do número de ambientes e genótipos e das condições específicas do experimento. Cada método tem suas vantagens e limitações, e a escolha deve ser baseada em uma avaliação cuidadosa desses fatores.

Diversos métodos têm sido propostos para mensurar a adaptabilidade e estabilidade, sendo que a diferença entre eles está relacionada aos próprios conceitos da estabilidade (Eberhart & Russell, 1966; Cruz et al., 1989; Lin & Binns, 1988; Nascimento et al., 2010; Nascimento et al., 2009; ROSSE & VENCOVSKY, 2000; WRICKE, 1965; ANNICCHIARICO, 1992 e a análise de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa (AMMI)). A variedade de métodos estatísticos disponíveis para investigar a adaptabilidade e estabilidade destaca a relevância e complexidade desse tema. Ao longo das últimas cinco décadas, novas abordagens e técnicas foram criadas para explorar a adaptabilidade e estabilidade, o que evidencia a significância desse campo de estudo (Rezende, 2019).

Diversos trabalhos têm sido realizados utilizando esses métodos em culturas de grande importância econômica. Em soja, por exemplo, Polizel et al. (2013) avaliaram 16 genótipos cultivados em diferentes ambientes do Mato Grosso, aplicando métodos clássicos e multivariados, como Eberhart e Russell, Lin e Binns, AMMI, entre outros. Os autores destacaram a linhagem UFU 23 como altamente estável e adaptável, independentemente da técnica utilizada, reforçando a confiabilidade das análises na seleção de genótipos superiores.

Seguindo a mesma linha, Pereira et al. (2009) realizaram um estudo com 16 genótipos de feijoeiro-comum usando dados de 71 ensaios regionais e constataram forte correlação entre os métodos de Eberhart e Russell e Cruz, indicando que as diferentes abordagens podem convergir para conclusões

semelhantes quando bem aplicadas, sendo recomendada a utilização conjunta de métodos de estudo de adaptabilidade e estabilidade.

No cultivo do tomateiro, Gualberto et al. (2002) avaliaram seis genótipos em nove ambientes na região de Marília, SP e observaram que as cultivares Carmen, Donador e Vita apresentaram alta estabilidade e ampla adaptabilidade, destacando-se também pelo elevado rendimento.

Para o cultivo da mandioca, Costa et al. (2013) utilizaram métodos de regressão bissegmentada e multivariada para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de mandioca. O estudo permitiu identificar cultivares com desempenho consistente em diferentes ambientes. Os modelos AMMI1 e Cruz identificaram a cultivar BRS Caipira como superior tanto em ambientes favoráveis como desfavoráveis. As cultivares BRS Tapioqueira, Iará, BRS Poti Branca, Híbrido 9783/13 devem ser recomendadas a ambientes específicos.

Em sua pesquisa, Fukuda et al. (2005) conduziram provas participativas com produtores nos estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, avaliando cinco variedades de mandioca em 27 ambientes. A variedade Amansa Burro apresentou desempenho superior em rendimento de raízes e coeficiente de regressão próximo a 1, indicando boa estabilidade.

2.5 Análise AMMI

A análise AMMI modela os efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. Integra a análise de variância com os componentes principais para ajustar tanto os efeitos principais (genótipos e ambientes) quanto os efeitos da interação G×E (Zobel et al., 1988; Duarte e Vencovsky, 1999).

Esse procedimento possibilita na identificação de genótipos com alto potencial produtivo e que apresentam boa adaptação a diferentes condições ambientais. Essas análises são particularmente úteis para fornecer subsídios na formulação de recomendações voltadas ao zoneamento agrônomo, permitindo uma distribuição mais precisa dos genótipos em regiões com características ambientais específicas, otimizando a produtividade agrícola (Morais et al., 2017).

A análise AMMI proporciona isolar o padrão associado a interação G x A e descartar o ruído, melhorando a capacidade preditiva do modelo. Além disto, os escores que descrevem a interação podem ser representados graficamente em biplots (Gabriel, 1971; Zobel et al., 1988).

Muitas pesquisas estão sendo realizadas utilizando este procedimento (Nachit et al., 1992; Oliveira, Duarte e Pinheiro, 2003; Faria et al., 2016; Szareski et al., 2018; Santos et al., 2019; Gabriel et al., 2019; Freiria et al., 2020; Gomes et al., 2020; Silva et al., 2020; Cardona-Ayla, 2021; Araméndiz-Tatis et al., 2021; Pradebon et al., 2023; Silva et al., 2024).

Silveira et al. (2016) aplicaram a análise AMMI para estudar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de dez cultivares de soja em doze ambientes no estado do Paraná. A análise AMMI capturou 66% da variação associada aos resíduos não aditivos, com 43,18% retidos no primeiro componente principal de interação (IPCA1) e 23,58% no segundo componente (IPCA2). Esses dois componentes foram suficientes para explicar a interação GxA. A cultivar SYN 1163, em particular, mostrou-se promissora pelo alto desempenho de rendimento de grãos, adaptação e previsibilidade de resposta.

Os autores Kvitschal et al. (2009) aplicaram a análise AMMI para avaliar oito genótipos de mandioca em oito ambientes no noroeste do Paraná. Os autores observaram que a análise AMMI, juntamente com a metodologia de Toler e Burrows, proporcionou um detalhamento eficaz das adaptações específicas dos genótipos a ambientes favoráveis e desfavoráveis. O clone IAC 190-89 destacou-se como o mais promissor, apresentando estabilidade e alto desempenho em múltiplos ambientes.

Os autores Santos et al. (2021) utilizaram a metodologia de efeitos principais aditivos e interação multiplicativo (AMMI) para avaliar o desempenho produtivo de linhagens de amendoim em ambientes competitivos. Eles observaram que o modelo AMMI foi significativo em descrever a interação GEI dos genótipos avaliados, as linhagens 10.677, 10.678 e 10.719 possuem adaptabilidade geral e estabilidade aos ambientes testados; sendo que as linhagens 10.677 e 10.678 têm adaptabilidade específica aos ambientes desfavoráveis, e a linhagem 10.719, adaptabilidade aos ambientes favoráveis, e essas linhagens são mais produtivas do que as cultivares controles IAC OL 3 e IAC OL 5.

Outras culturas também têm se beneficiado da aplicação da análise AMMI. Em feijão-caupi, Rocha et al. (2007) identificaram genótipos com ampla adaptação no Nordeste brasileiro, onde a análise permitiu identificar com êxito genótipos superiores, com média superior das testemunhas. No trigo, Silva et al. (2011)

utilizaram o modelo para selecionar linhagens com alta estabilidade em diferentes épocas de semeadura no Paraná, juntamente com as metodologias GGE biplot e a REML/BLUP, que favoreceram clara indicação das melhores épocas de semeadura e adaptação específica ou geral das cultivares às épocas de semeadura avaliadas. No arroz, Bueno et al. (2012) aplicaram a AMMI em acessos de uma coleção nuclear e destacaram materiais com adaptabilidade ampla e específica, entre os quais destacam-se CA880078, CA840182 e CNA00091.

Algumas vantagens desta metodologia: facilita uma análise mais aprofundada da interação genótipo x ambiente (GxA); assegura a escolha de genótipos, maximizando suas interações favoráveis com os ambientes; viabiliza uma interpretação gráfica simplificada dos dados por meio dos chamados Biplots, que representam simultaneamente genótipos e ambientes de forma visual (Zobel et al., 1988).

O modelo matemático AMMI é dado por:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ;

μ é a média geral;

g_i é o efeito do genótipo i ;

e_j é o efeito do ambiente j ;

λ_k é o k -ésimo autovalor do eixo da (ACP);

γ_{ik} é o autovetor do i -ésimo genótipo no eixo k da (ACP);

α_{jk} é o autovetor do j -ésimo ambiente no eixo k da (ACP);

ρ_{ij} é o desvio da interação não explicada pelos componentes principais retidos (porção ruído);

n é o número de eixos principais retidos para descrever o padrão da interação GxA;

ε_{ij} é o erro experimental médio associado à observação.

2.6 Índice de Seleção

Um índice de seleção busca condensar, em um único valor numérico, informações provenientes de múltiplos caracteres. Dessa forma, os melhores valores do índice permitem identificar os genótipos superiores com base na média dos caracteres avaliados (Lessa et al., 2010).

Os índices de seleção, diferentemente da seleção direta, permitem avaliar e selecionar múltiplas características de importância econômica simultaneamente, o que aumenta as chances de sucesso no melhoramento genético (Tassone et al., 2019).

Diversas são as metodologias de índice de seleção cujo objetivo é selecionar genótipos superiores. Smith (1936) e Hazel (1943), desenvolveram a teoria do índice de seleção, amplamente utilizada no melhoramento de plantas para agrupar diversas características e identificar genótipos superiores de forma eficiente. Eles combinam essas características em uma fórmula linear ponderada, considerando variâncias, covariâncias genéticas e fenotípicas, além de pesos econômicos que refletem a importância relativa de cada característica.

O índice paramétrico proposto por Pesek e Baker (1969), considera variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas entre as características avaliadas, com foco em maximizar os ganhos genéticos direcionados. Diferentemente de outros índices, ele utiliza valores de ganhos genéticos desejados para cada característica como base para a definição dos pesos no índice, permitindo alinhar a seleção aos objetivos específicos do programa.

O índice proposto por Williams (1962), utiliza uma combinação linear ponderada das características, equilibrando ganho genético e a importância relativa de cada uma. Considera variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas, sendo eficaz para reduzir conflitos entre características correlacionadas negativamente.

Existem índices não paramétricos que não requerem o uso de matrizes de variância e covariância para a construção dos índices de seleção. Tais índices não têm como objetivo aprimorar o valor genotípico, mas, somente classificar os genótipos (Garcia e de Souza Júnior, 1999). O índice de seleção proposto por Elston (1963) é caracterizado pela utilização de valores-padrão mínimos para cada característica, combinados em um índice que prioriza genótipos que superaram esses limites mínimos simultaneamente. Sendo útil quando o objetivo é garantir desempenho mínimo aceitável em todas as características avaliadas.

Outro índice não paramétrico é o índice de soma de postos proposto por Mulamba e Mock (1978), que classifica os genótipos com base no desempenho de cada característica, ordenando-os em uma sequência favorável ao objetivo do melhoramento, sem exigir a definição de importância econômica ou o cálculo de variância e covariância, tornando-o uma ferramenta simples e eficiente no melhoramento genético (Leite et al., 2018).

Na cultura da soja, de soja, Bizari et al. (2017) compararam diversos índices de seleção, incluindo o de Mulamba e Mock, e observaram que este proporcionou ganhos genéticos favoráveis para características como valor agrônomico e produtividade de grãos.

Em batata, Terres et al. (2015) avaliaram diferentes índices de seleção em três populações híbridas e concluíram que o índice de Mulamba e Mock foi um dos mais eficientes na obtenção de ganhos genéticos equilibrados entre os caracteres avaliados.

Na cultura do açaí (*Euterpe oleracea*), Teixeira et al. (2012) aplicaram o índice de Mulamba e Mock para aprimorar simultaneamente os componentes da produção de frutos. Os autores destacaram que esse índice, ponderado por razões de correlações, proporcionou estimativas robustas de ganhos para características como número de cachos colhidos e produção de frutos.

Segundo Lessa et al. (2017), o uso de índice de seleção no melhoramento da cultura da mandioca pode auxiliar os melhoristas em tomadas de decisões mais assertivas, facilitando a identificação de genótipos que combinem, alta produtividade e outras características desejáveis em um único indivíduo.

Em um estudo com híbridos topcross de milho-verde, Candido et al. (2020), compararam os índices de seleção de Smith e Hazel, Williams e Mulamba e Mock, ponderados por diferentes pesos econômicos. Os autores concluíram que os índices de Williams e de Mulamba e Mock foram os mais adequados para a seleção de híbridos de milho-verde, pois proporcionaram ganhos de seleção positivos e mais equilibrados em todos os caracteres avaliados.

Em um estudo de melhoramento de cana-de-açúcar energética, de Azeredo et al. (2017) onde os autores avaliaram diferentes índices de seleção, incluindo os de Smith e Hazel, Mulamba e Mock, Williams e Pesek e Baker. Os resultados indicaram que o índice de Mulamba e Mock, tanto sem estimativas de

pesos econômicos quanto com pesos baseados na herdabilidade, e o índice de Pesek e Baker, com ganhos desejados baseados em desvios-padrão genéticos, foram eficientes na seleção de clones de cana-de-açúcar energética com bom rendimento de fibra, teor de sacarose e toneladas de cana por hectare.

Esses estudos demonstram a versatilidade e eficácia dos índices de seleção, especialmente o de Mulamba e Mock, em diferentes culturas e contextos de melhoramento genético. A escolha do índice mais adequado depende das características da cultura, dos objetivos do programa de melhoramento e da disponibilidade de informações genéticas e fenotípicas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. de; BICUDO, S. J.; BRACHTVOGEL, E. L.; CURCELLI, F.; AGUIAR, E. B. Interação genótipo ambiente na cultura da mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, volume 4, p.44-54, 2008.
- ABREU, H. K. A., CECCON, G., CORRÊA, A. M., FACHINELLI, R., YAMAMOTO, E. L. M., & TEODORO, P. E. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi via REML/BLUP e GGE-Biplot. **Bioscience Journal**, 35(4), 1071–1082, 2019. <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n4a2019-42125>
- ADJEBENG-DANQUAH, J., ASANTE, I. K., MANU-ADUENING, J., AGYARE, R. Y., GRACEN, V. E., & OFFEI, S. K. Genotypic Variability in Some Morpho-Physiological Traits in Different Environments and Their Relationship with Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Root Yield. **Revista Internacional de Agronomia**, 2020, 1-19. <https://doi.org/10.1155/2020/5871351>
- ADU, G. B., YEBOAH, A., AKROMAH, R., BOBOBEE, M., AMOAH, S., ALEXANDER, W. K., RICHARD, A. A. Whole genome SNPs and phenotypic characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm in the semi-deciduous forest ecology of Ghana. **Ecol Genet Genom** 17:1–12. 2020.
- ALENCAR, F. H. H DE; SILVA, D. S. DA; ANDRADE, A. P. DE; CARNEIRO, M. S. DE S; FEITOSA, J. V. Chemical composition and digestibility of pornunça under two sources of organic fertilizer. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 215 – 222, jul. – set., 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n324rc>
- ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. de S.; NASCIMENTO, R. P. do. Produção de mandioca em um sistema semimecanizado no município de castanhal. In: Cultura da mandioca: apostila / Modesto Junior, M. de S.; Alves, R. N. B., editores técnicos. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 197 p.
- AMELEWORK, A. B; BAIRU, A. W. Advances in Genetic Analysis and Breeding of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): A Review. **Plants**, 2022, 11, 1617. <https://doi.org/10.3390/plants11121617>
- AMELEWORK, A. B, BAIRU, M. W, MARX, R, LAING, M, VENTER, S. L. Genotype x Environment Interaction and Stability Analysis of Selected Cassava Cultivars in South Africa. **Plants**. 2023; 12(13):2490. <https://doi.org/10.3390/plants12132490>

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Roma, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

ARAMÉNDIZ-TATIS, H., CARDONA-AYALA, C., & ESPITIA-CAMACHO, M. (2021). Stability and phenotypic adaptability by AMMI analysis in cowpea beans (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, 52(3), e20207304. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210032>

ARAÚJO, L. DE F; DE AGUIAR, E. M; COELHO, R. R. P; LUCIANO, R. C; BERNADINO FILHO, R; NAVARRO, L. A. DE O. Enriquecimento nutricional da cascada mandioca (*Manihot Esculenta*, Crantz) por processo biotecnológico destinado à alimentação animal. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 13, nº 1, p. 18-30, 2017. <http://dx.doi.org/10.17766/1808-981X.2017v13n1p18-30>

AZEVEDO, A. A. C. DE, BHERING, L. L., BRASILEIRO, B. P., CRUZ, C. D., SILVEIRA, L. C. I., OLIVEIRA, R. A., BESPALHOK FILHO, J. C., DAROS, E. Comparison between different selection indices in energy cane breeding. **Genetics and Molecular Research** 16 (1): gmr16019535. 2017. <http://dx.doi.org/10.4238/gmr16019535>

BANDEIRA E SOUSA M, ANDRADE L. R. B. DE, SOUZA E. H. DE, ALVES A. A. C; DE OLIVEIRA E. J. Reproductive barriers in cassava: Factors and implications for genetic improvement. **PLoS ONE** 16(11): E0260576. 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260576>

BORÉM, A. E MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. **Revista e ampliada - Viçosa**, Minas Gerais: 6. ed. UFV, 2013. 523 p.: il.; 22 cm 2013.

CANDIDO, W. S., SILVA, C. M., COSTA, M. L., SILVA, B. E. A., MIRANDA, B. L., PINTO, J. F. N., REIS, E. F. Selection indexes in the simultaneous increment of yield components in topcross hybrids of green maize. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55, e01206. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01206>

BUENO, L. G., VIANELLO, R. P., RANGEL, P. N., UTUMI, M. M., CENTENO, A. C., PEREIRA, J. A., FRANCO, D. F., MOURA NETO, F., MENDONÇA, J. A., COELHO, A. S., OLIVEIRA, J. P., BRONDANI, C. Adaptabilidade e estabilidade de acessos de uma coleção nuclear de arroz. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, Brasília, v.47, n.2, p.216-226, fev. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200010>

Canal rural. (2022). **Cientistas usam espécies silvestres no melhoramento da mandioca**. Disponível em: https://www.canalrural.com.br/agricultura/cientistas-usam-especies-silvestres-no-melhoramento-da-mandioca/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 03 de abril de 2025.

CARDONA -AYALA, C; ARAMENDIZ-TATIS, H; ESPITIA-CAMACHO, M. AMMI and SREG analysis for protein content in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, e20207650, 2021. DOI: 10.5935/1806-6690.20210074

CARGNIN, A; SOUZA, M. A. DE; CARNEIRO, P. C. S; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo.

Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.41, n.6, p.987-993, jun. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000600014>

CARVALHO, C.G.P. de; ARIAS, C. A. A; TOLEDO, J. F. F. DE; ALMEIDA, L. A. DE; KIIHL, R. A. DE S; OLIVEIRA, M. F. DE. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.989-1000, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000700013>

COSMO, B. M. N; GALERIANI, T. M; PETRONILIO, A. C; BENETON, A. G; FABIULA PATRICIA NOVAKOSKI, F. P. Melhoramento da mandioca. **Revista Agronomia Brasileira**. Vol. 4. Jaboticabal. 2020.

<http://dx.doi.org/10.29372/rab202009>

COSTA, E. F. N., CARVALHO, H. W. L. de, RANGEL, M. A. S.; SANTOS, V. da S.; PINHO, J. L. N. de; OLIVEIRA, M. C. S.; SILVA, A. D. A. da; GOMES, M. C. M.; MENEZES, W. M. M.; SANTOS, D. L. dos. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de mandioca via métodos de regressão bissegmentada e multivariada**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 18 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678 1961; 78). Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2013/bp81.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2025.

CRUZ, C.D; TORRES, R. A. A; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989

CUNHA, E. F. M; FARIAS NETO, J. T. de. **MELHORAMENTO GENÉTICO DA MANDIOCA PARA O ESTADO DO PARÁ**. In: Cultura da mandioca: apostila / MODESTO JUNIOR, M. de S; Alves, R. N. B. editores técnicos. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 197 p.: il.

CHIPETA, M. M; MELIS, R; SHANAHAN, P; JULIA SIBIYA, J; BENESI, I. R. M. GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION AND STABILITY ANALYSIS OF CASSAVA GENOTYPES AT DIFFERENT HARVEST TIMES. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, 27(3): 2017.

CONAB. **Análise mensal de mandioca**. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/agricultura-familiar/paanet>. Acesso em: 12 de março de 2024.

DA Silva, D. O. M; Santos, C. A. F. Adaptability and Stability Parameters of Iron and Zinc Concentrations and Grain Yield in Cowpea Lines in the Brazilian Semiarid Region. **Crop Science**, 57: 2922-2931.

2017. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.06.502>

DIAS, M. C; XAVIER, J. J. B. N; BARRETO, J. F; PAMPLONA, A. M. S. R.

Recomendações Técnicas do Cultivo de Mandioca para o Amazonas. 2004.

Disponível em: Circ Tec 23 (embrapa.br). Acesso em: 22 de maio de 2024.

DO COUTO, D. P.; OLIVEIRA, W. B. DOS S.; OLIVEIRA, J. S.; GUILHEN, J. H. S.; OLIVEIRA, C. DOS O.; POSSE, S. C. P.; OLIVEIRA, M. F. DOS S.;

FERREIRA, A. Análise do efeito da interação do genótipo e do ambiente sobre a estabilidade produtiva de variedades de milho; Recursos Genéticos para Melhoramento. **Agronomy**, 2023, 13, 1970.

<https://doi.org/10.3390/agronomy13081970>

DUARTE, J. B; VENCOVSKY, R. (1999). Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise "AMMI". **SBG**, Ribeirão Preto, 32p. (Série Monografias, 9).

EBERHART, S. A. e RUSSEL, W. A.. Parâmetros de estabilidade para comparar variedades. **Crop Sci**. 6 : 36 - 40 . 1966

ELSTON, R.C. A weight free index for the purpose of ranking of selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, Alexandria, 19:85-97, 1963

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **RENIVA: Rede de multiplicação e transferência de manivas-sementes de mandioca com qualidade genética e fitossanitária**. (2013). Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/970098/reniva-rede-de-multiplicacao-e-transferencia-de-manivas-semente-de-mandioca-com-qualidade-genetica-e-fitossanitaria>. Acesso em: 01 de outubro de 2023.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. (2022). **Produção brasileira de mandioca em 2022**. Disponível em: b1mandioca.xls (embrapa.br). Acesso em: 03 de abril de 2024.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. (2024). **Mandioca**. Disponível em: Mandioca - Portal Embrapa. Acesso em 15 de julho de 2024.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. (2018). **Principais variedades de mandioca recomendadas para o Norte, Nordeste e Centro-sul do Brasil**. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1088896/1/folderVariedadesMandiocaAinfo.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2024.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. (2018). **Prosa Rural - BRS Formosa e BRS Kiriris: variedades de mandioca para o Nordeste**. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/32858413/prosa-rural---brs-formosa-e-brs-kiriris-variedades-de-mandioca-para-o-nordeste?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 03 de abril de 2025.

FAO – Organização Das Nações Unidas Para Alimentação E Agricultura.

FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 15 de julho de 2024.

Faria, P. N., Dias, C. T. dos S., Pinheiro, J. B., Araújo, L. B. de ., Cirillo, M. Â., Araújo, M. F. C. AMMI methodology in soybean: Cluster analysis with bootstrap resampling in genetic divergence and stability. **Revista Ceres**, 63(4), 461–468, 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040005>

FREIRIA, G. H; GONÇALVES, L. S. A., ZEFFA, D. M., LIMA, W. F., FONSECA JÚNIOR, N. DA S., PRETE, C. E. C., & FONSECA, I. C. de B. Bayesian AMMI applied to food-type soybean multi-environment trials. **Revista Ciência Agronômica**, 51(4), e20207333, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200077>

FUHRMANN, E. **Caracteres morfo-agronômicos e bioquímicos de clones elite de mandioca de mesa com raízes de polpas amarelada e rosada**. 2015. iv, 99 f. il. Tese (Doutorado em Agronomia) -- Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

FUKUDA, W. M. G; CALDAS, R. C.; MAGALHÃES, J. A.; CAVALCANTI, J.; TAVARES, J. A.; IGLESIAS, C.; HERNANDEZ ROMERO, L. A. Análise de estabilidade de variedades em mandioca selecionadas em provas participativas com produtores do semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 18, n. 1, p. 13-18, out. 2005.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C. **Melhoramento genético**. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 325-355, 2006.

FUKUDA, W. M. G; CAVALCANTI, J; FUKUDA, C; COSTA, I. R. S. **Variabilidade genética e melhoramento da mandioca (Manihot esculenta Crantz)**.

Disponível em: Microsoft Word - mandioca.doc (embrapa.br). Acesso em: 30 de abril de 2024.

FUKUDA, W. M. G; SANTOS, V. da S; CAVALCANTI, J. (2020) **Cultivares**. In: **Sistema de produção de mandioca no Semiárido**. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131110>. Acesso em: 07 de outubro de 2023.

FUKUDA, W. M. G.; DINIZ, M. de S.; CALDAS, R. C. Análise de estabilidade de novos clones de mandioca avaliados em provas participativas com agricultores nos Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. Cruz das Almas:

Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 14 p. **Memória**.

FUKUDA, W. M. G; OLIVEIRA, S. de; IGLESIAS, C. Cassava Breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 4, p. 617-638, 2002.

<https://doi.org/10.12702/1984-7033.v02n04a18>

FUKUDA, W. M. G; Cavalcanti, J; Fukuda, C; Costa, I. R. S. (1999) **Variabilidade genética e melhoramento da mandioca (Manihot esculenta Crantz)**.

Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45525346.pdf>. Acesso em: 14 de setembro de 2023.

FONDONG, V. N; CHRISSIE, R. Recent Biotechnological Advances in the Improvement of Cassava'. Cassava, InTech, 17 jan. 2018. Crossref, DOI:10.5772/intechopen.70758.

GABRIEL, A; RESENDE, J. T. V; ZEIST, A. R; RESENDE, L. V; RESENDE, N. C. V; ZEIST, R. A. Phenotypic stability of strawberry cultivars based on physicochemical traits of fruit. **Horticultura Brasileira** 37: 075-081, 2019. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190112>

GABRIEL, K. R. The biplot graphic display of matrices with application to principal components analysis. **Biometrika**, 58(3), 453-467, 1971.

- GARCIA, A. A. F; de SOUZA JÚNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, 58(2):253-267, 1999
- GOMES, R; FARIA, M. V; ROSA, J. C. Selection of corn inbred lines, testers, and hybrids adapted to second-crop environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55, e01832, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01832>
- GUALBERTO, R., BRAZ, L. T., BANZATTO, D. A. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de tomateiro sob diferentes condições de ambiente. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 81-88, jan. 2002.
- HAZEL, L. N. The genetic basics for constructing selection indexes. **Genetics** 28: 476-490, 1943.
- HIRST, K. K. "História e Domesticação da Mandioca". ThoughtCo. (2019). Disponível em: <https://www.thoughtco.com/cassava-manioc-domestication-170321>. Acessado em 15 de julho de 2024.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção de mandioca**. Disponível em: Produção de Mandioca no Brasil | IBGE. Acesso em: 20 de março de 2024.
- JIWUBA, L; DANQUAH, A; ASANTE, I; BLAY, E; ONYEKA, J; DANQUAH, E; EGESI, C. Genotype by Environment Interaction on Resistance to Cassava Green Mite Associated Traits and Effects on Yield Performance of Cassava Genotypes in Nigeria. **Frontiers Plant Science**, Vol. 11 - 2020 | <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.572200>.
- KLEIN, L. A., MARCHIORO, V. S., TOEBE, M., OLIVOTO, T., MEIRA, D., ALBERTI, J. V., FINATTO, J. L. B., GARAFINI, D. C., SCARAVONATTO, B., SILVA DE AZEREDO, N., ULBRIK, G., OSMARI, C. F., FOGUESATTO, C. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de aveia-preta com uso da análise GGE biplot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 59, e27726. 2024. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.27726>
- KOUAKOU, J; NANGA, S, N; PLAGNE-ISMAIL, C; PALI, A. M; KUKOM EDOH OGNAKOSSAN, K. E. (2016). Cassava: Production and processing. **The Netherlands**: CTA Publications.

Kundy, A. C; Mkamilo, G. S; Misangu, R. N. Genotype x Environment Interaction and Stability Analysis for Yield and its Components in Selected Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Genotypes in Southern Tanzania. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**. Vol.4, No.19, 2014.

KVITSCHAL, M. V., VIDIGAL FILHO, P. S., SCAPIM, C. A., GONÇALVES-VIDIGAL, M. C., SAGRILO, E., PEQUENO, M. G., & RIMOLDI, F.. Comparison of methods for phenotypic stability analysis of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes for yield and storage root dry matter content. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 52(1), 163–175. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-8913200900010002>

LARA, A. C. da C; BICUDO, S. J; BRACHTVOGEL, E. L; Mano Luiz de ABREU, M. L; Felipe CURCELLI, F. Melhoria genética da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, volume 4, p. 54-64, 2008.

LEITE, W. DE S., UNÊDA-TREVISOLI, S. H., SILVA, F. M. DA ., SILVA, A. J. DA ., MAURO, A. O. D.. Identification of superior genotypes and soybean traits by multivariate analysis and selection index. **Revista Ciência Agronômica**, 49(3), 491–500. 2018. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180056>

LESSA, L. S; LEDO, C. A. da S; SANTOS, V. da S; E SILVA, S. de O; PEIXOTO, C. P. Seleção de híbridos diplóides (aa) de bananeira com base em três índices não paramétricos. **Melhoramento Genético Vegetal**. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 3, p525-534, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300003>

LESSA, L. S; LEDO, C. A. DA. S; SANTOS, V. DA S. Seleção de genótipos de mandioca com índices não paramétricos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 13, nº 1, p. 1-17, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17766/1808-981X.2017v13n1p1-17>

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988

MAIA, M. C. C.; Rocha, M. de M. **Interação Genótipo por Ambiente: Problema ou Oportunidade para o Melhoramento Genético?** (2007). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1034515/1/Interacao.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2023.

MENDONÇA, H. A. DE, MOURA, G. DE M., & CUNHA, E. T.. (2003). Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38(6), 761–769.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600013>

- MORAIS, L. K. DE, SANTIAGO, A. D., CAVALCANTE, M. H. B. Phenotypic stability in cassava estimated by the AMMI analysis with supplementary genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 17(4), 366–372. 2017. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n4a55>
- NACHIT, M. M; NACHIT, G; KETATA, H; GAUCH JR, H. G; ZOBEL, R. W. Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype-environment interaction in durum wheat. **Theor Appl Genet** (1992) 83:597-601.
- NASCIMENTO, M; FERREIRA, A; FERRÃO, R. G; CAMPANA, A. C. M; BHERING, L. L; CRUZ, C. D; FERRAO M. A. G; FONSECA, A. F. A. DA. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.41-48, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000100006.
- NASSAR, N. M. A; Hashimoto, D. Y; Fernandes, S. D. *et al.* Wild Manihot species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research** 7 (1): 16-28. 2008. <https://doi.org/10.4238/vol7-1gmr389>.
- Ndhlela, T., Herselman, L., Magorokosho, C., Setimela, P., Mutimaamba, C. and Labuschagne, M. (2014), Genotype x Environment Interaction of Maize Grain Yield Using AMMI Biplots. **Crop Science**, 54: 1992-1999. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.07.0448>
- NDUWUMUREMYI, A; MELIS, R; SHANAHAN, P; THEODORE, A. Interaction of genotype and environment effects on important traits of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), **The Crop Journal**, Vol. 5, Issue 5, 2017, P. 373-386, <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.02.004>.
- Ngongo, Y; Basuki, T; Derosari, B; Mau, Y. S; Noerwijati, K; Dasilva, H; Sitorus, A; Kotta, N. R. E; Utomo, W. H; Wisnubroto, E. I. The Roles of Cassava in Marginal Semi-Arid Farming in East Nusa Tenggara – Indonésia. **Sustainability** 2022, 14. <https://doi.org/10.3390/su14095439>
- OGBUEWU, I.P., MBAJIORGU, C.A. Utilização da mandioca como recurso energético e proteico na dieta de frangos de corte e poedeiras. **Trop Anim Saúde Prod** 55, 161 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03579-3>

- OLIVEIRA, A. B. DE; DUARTE, J. B; PINHEIRO, J. B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 357-364, mar. 2003.
- OLIVEIRA, I. J. DE. ATROCH, A. L., DIAS, M. C., GUIMARÃES, L. J., & GUIMARÃES, P. E. DE O. Selection of corn cultivars for yield, stability, and adaptability in the state of Amazonas, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52(6), 455–463. 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000600009>
- OTUN, S; ESCRICH, A; ACHILONU, I; RAUWANE, M; LERMA-ESCALERA, J. A; MORONES-RAMÍREZ, J. R; SOLIS, L. R. The future of cassava in the era of biotechnology in Southern Africa, **Critical Reviews in Biotechnology**, 43:4, 594-612, 2023. DOI: 10.1080/07388551.2022.2048791
- PARMAR, A; STURM, B; HENSEL, O. Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. **Food Sec.** 9, 907–927, 2017. 10.1007/s12571-017-0717-8
- PEREIRA, H. S., MELO, L. C., PELOSO, M. J. D., FARIA, L. C. DE, COSTA, J. G. C. DA, DÍAZ, J. L. C., RAVA, C. A., WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.44, n.4, p.374-383, abr. 2009.
- PESEK, J.; BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v. 1, p. 215-274, 1969.
- POLA, A. C.; NUNES, E. DA C.; MORETO, A. L. Matéria seca em raízes de mandioca determinada pelos métodos da balança hidrostática e de secagem em estufa. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.1, p.56-60, jan./abr. 2020. <https://doi.org/10.52945/rac.v33i1.533>
- POLIZEL, A. C., JULIATTI, F. C., HAMAWAKI, O. T., HAMAWAKI, R. L., GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 29, n. 4, p. 910–920, 2013.
- Phoncharoen, P., Banterng, P., Vorasoot, N., Jogloy, S., Theerakulpisut, P., Hoogenboom, G. Identifying Suitable Genotypes for Different Cassava Production Environments—A Modeling Approach. **Agronomy**. 2021; 11(7):1372. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071372>
- PRADEBON, L. C., CARVALHO, I. R., LORO, M. V., PORT, E. D., BONFADA, B., SFALCIN, I. C., SANTOS, I. J., BRUINSMA, G. M. W., SILVA, J. A. G. DA., ALBAN, A. A., & CHALLIOL, M. A.. (2023). Soybean adaptability and stability

analyzes to the organic system through AMMI, GGE Biplot and mixed models methodologies. **Ciência Rural**, 53(9), e20220262. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220262>

REZENDE, J. C. DE; BOTELHO, C. E; DE OLIVEIRA, A. C. B; DA SILVA, F. L; CARVALHO, G. R; PEREIRA, A. A. Genetic progress in coffee progenies by different selection criteria. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 347-353, jul./set. 2014.

RIBEIRO, R. N. da S.; COELHO FILHO, M. A.; LEDO, C. A. da S.; OLIVEIRA, L. A. de; ROCHA, J. da S. **Matéria seca e amido em genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de mesa irrigado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador. Inovação e sustentabilidade: da raiz ao amido: trabalhos apresentados. Salvador: CBM: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM
RIMOLDI, F; VIDIGAL FILHO, P. S; SCAPIM, C. A; VIDIGAL, M. C. G. Avaliação de cultivares de mandioca nos municípios de Maringá e de Rolândia no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 25, no. 2, p. 459-465, 2003. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.2058>

ROLIM, R. R., DO NASCIMENTO, N. F. F., NASCIMENTO, M. F., & DE ARAUJO, H. F. P.. Genotype x environment interaction and stability in landraces of cowpea under dryland conditions. **Revista Caatinga**, 36(2), 339–348. 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n211rc>

ROSSE, L. N.; VENCOSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão do estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p.97-107, 2000.

ROCHA, M. M., FREIRE FILHO, F. R., RIBEIRO, V. Q., CARVALHO, H. W. L., BALARMINO FILHO, J., RAPOSO, J. A. A., ALCÂNTARA, J. P., RAMOS, S. R. R., MACHADO, C. F. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi de porte semi-ereto na Região Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1283-1289, set. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900010>

SANTIAGO, A. D; GUZZO, E. C; DA SILVEIRA, H. F; FALCÃO, R. F. **Práticas para Produção de Mandioca** por Agricultores Familiares na Região do Sealba. Brasília, DF: Embrapa, 2023.

SANTOS, A. S; ALMEIDA, G. M. C. DE O; BOAVENTURA, V. DE J; LEDO, C. A. DA S. **Pré-melhoramento de mandioca: hibridação interespecífica entre cultivares comerciais e espécies silvestres de *Manihot***. (2011). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53989/1/PRE-MELHORAMENTO-DE-MANDIOCA-Resumo-n.-110-ariana-Silva-poster.pdf>.

Acesso em: 26 de setembro de 2023.

SANTOS, D. C. dos., PEREIRA, C. H., NUNES, J. A. R., LEPRE, A. L.. (2019). Adaptability and stability of maize hybrids in unreplicated multienvironment trials. **Revista Ciência Agrônômica**, 50(1), 83–89. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190010>

SANTOS, J. F. DOS, MORAES, A. R. A. DE, MICHELOTTO, M. D., FREITAS, R. S. DE, BOLONHEZI, D., NAKAYAMA, F. T., GODOY, I. J. DE. Estudo de adaptabilidade e estabilidade na recomendação de linhagens de amendoim no estado de São Paulo. **South American Sciences**. 2(edesp1): e21131, 2021. [10.52755/sas.v2iedesp1.131](https://doi.org/10.52755/sas.v2iedesp1.131).

SILVA, A. Q. DA; DE OLIVEIRA, L. A; DA SILVA, C. P; MENDES, C. T. E; DE MEDEIROS, E. S; SÁFADI, T. Application of the bayesian-AMMI model in the study of genotypic stability and adaptability in mustard data. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e166997023, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7023>

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO- SEAB - **Departamento De Economia Rural**. (2023). Disponível em: [boletim_semanal_32_deral_17_ago_23.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/boletim_semanal_32_deral_17_ago_23.pdf) (agricultura.pr.gov.br). Acesso em: 07 de outubro de 2023.

SEGATTO, R; JONES, T; ALONGAMENTO, D; ALBIN, C; CHAUHAN, R. D. *Agrobacterium*-mediated genetic transformation of cassava. **Current Protocols**, 2, E620.DOI: [10.1002/cpz1.620](https://doi.org/10.1002/cpz1.620).

SILVA, G. O; VENDRAME, L. P. C; AMARO, G. B; MELO, R. A. C; PILON, L; FERREIRA, J. C. Adaptability and stability of purple-fleshed sweetpotato genotypes in producing regions of Brazil using the AMMI and WAASB methodologies. **Horticultura Brasileira** v.42, 2024, e276055. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2024-e276055>

Silva, J. L. da. **Seleção de genótipos de mandioca produtivos e com resistência à antracnose e bacteriose**. Orientadora: Livia Maria Chamma Davide De Carvalho. 2021. 21 F. TCC (Graduação). Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2021. Disponível

em:

<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4687/1/JoseLeonardoSilva.pdf>.

Acesso em: 20 de novembro de 2024.

SILVA, K. V. P; ALVES, A. A. DA C; MARTINS, M. I. G; DE MELO, C. A. F; DE CARVALHO, R. Variabilidade genética entre acessos do gênero *Manihot* por meio de marcadores moleculares ISSR. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.9, p.1082-1088, set. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000900016>

SILVA, R. R., BENIN, G., SILVA, G. O., MARCHIORO, V. S., ALMEIDA, J. L., MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1439-1447, nov. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100004>

SILVA, R. M. DA, BANDEL, G., FARALDO, M. I. F., & MARTINS, P. S.. (2001). Biologia reprodutiva de etnovariedades de mandioca. **Scientia Agricola**, 58(1), 101–107. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000100016>

SILVA, R. DE S; MOURA, E. F; FARIAS NETO, J. T. DE; SAMPAIO, J. E. Genetic parameters and agronomic evaluation of cassava genotypes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.51, n.7, p.834-841, jul. 2016. DOI: [10.1590/S0100-204X2016000700006](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000700006)

SILVA, R. O., VIANA, A. P., AMARAL JÚNIOR, A. T., GONÇALVES, G. M., PEREIRA, M. G. (2021). Genetic parameters and selection indices of cowpea genotypes for green grain production. **Revista Caatinga**, 34(1), 1–10. 2021. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n101rc>

Silveira, D. A., Pricinotto, L. F., Nardino, M., Bahry, C. A., Cavenaghi Prete, C. E., & Cruz, L. (2016). Determination of the adaptability and stability of soybean cultivars in different locations and at different sowing times in Paraná state using the AMMI and Eberhart and Russel methods. **Semina: Ciências Agrárias**, 37(6), 3973–3982. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p3973>

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals Eugenics**, v. 7, n. 3, p. 240- 250, 1936.

SOUZA, M. J. L; VIANA, A. E. S; MATSUMOTO, S. N; DE VASCONCELOS, R. C; SEDIYAMA, T; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca

relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat.

Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010.

<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.720>

TASSONE, G. A. T.; NADALETI, D. H. S.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, F. A. C.; ANDRADE, V. T.; BOTELHO, C. E. Simultaneous selection in coffee progenies of Mundo novo by selection indices. **Coffee Science**, v.14, p.83-92, 2019.

<https://doi.org/10.25186/cs.v14i1.1531>

TEIXEIRA, D. H. L., DE OLIVEIRA, M. DO S. P., GONÇALVES, F. M. A., NUNES, J. A. R. Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v.47, n.2, p.237-243, fev. 2012

TEODORO, P.E., FARIAS, F.J.C., DE CARVALHO, L.P., RIBEIRO, L.P.,

NASCIMENTO, M., AZEVEDO, C.F., CRUZ, C.D. AND BHERING, L.L. (2019),

Adaptability and Stability of Cotton Genotypes Regarding Fiber Yield and Quality Traits. **Crop Science**, 59: 518-524. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.04.0250>

TOLEDO, J. F. F. DE ., CARVALHO, C. G. P. DE ., ARIAS, C. A. A., ALMEIDA, L. A. DE ., BROGIN, R. L., OLIVEIRA, M. F. DE ., MOREIRA, J. U. V., RIBEIRO, A. S., & HIROMOTO, D. M.. Genotype and environment interaction on soybean yield in Mato Grosso State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(5), 785–791. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000500010>

TONUKARI, N. J. Mandioca e o futuro do amido. *Elétron. J. Biotechnol.* 2004; 7:5–8. DOI: 10.2225/vol7-issue1-fulltext-9.

TERRES, L. R., LENZ, E., CASTRO, C. M., PEREIRA, A. S.. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. *Horticultura Brasileira*, 33(3), 305–310. 2015.

<https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300005>

TORRES LG, DE VILELA RESENDE MD, AZEVEDO CF, SILVA FF, OLIVEIRA EJ (2019) Genomic selection for productive traits in biparental cassava breeding populations. **Plos One** 14:7

Uba, E; Nwobi, F. N. Genotype x Environment Interaction Effects on Yield and Related Traits of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Nigeria. **Nigerian Agricultural Journal** Vol. 53, No. 3 | pg. 342- 346. 2022

VALLE, T. L. **Cruzamentos dialélicos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético). Escola Superior de

Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 180 p. 1990.

VALLE, T. L. E LORENZI, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade:

contribuições do instituto agrônomo de campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 31, n. 1, p. 15-34, jan./abr. 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2014.v31.19441>

VIEIRA, S. L., OLIVEIRA, C. R. S de, PEREIRA, D. A., BOREL, J. C., OLIVEIRA, E. J. de. Early evaluation of genotype x harvest interactions in cassava crops under water stress. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.37: e11458, 2024.

<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252024v3711458rc>

YAMAMOTO, P. Y. **Interação genótipo x ambiente na produção e composição de óleos essenciais de Lippia Alba (Mill.) N. E. Br.** 2006. 56 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Arlington, v. 18, p. 375-393, 1962

Wolfe M. D, Del Carpio D. P, Alabi O, Ezenwaka L. C, Ikeogu U. N, Kayondo I. S, Lozano R, Okeke U. G, Ozimati A. A, Williams E, Egesi C, Kawuki R. S, Kulakow P, Rabbi I. Y, Jannink J. L. Prospects for Genomic Selection in Cassava Breeding. **Plant Genome**. 2017 Nov;10(3). doi: 10.3835/plantgenome2017.03.0015.

WOYANN, L. G; MILIOLI, A. S; BOZI, A. H; DALLÓ, S. C; MATEI, G; STORCK, L; BENIN, G. et al. Repeatability of associations between analytical methods of adaptability, stability, and productivity in soybean. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.53, n.1, p.63-73, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000100007>

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Pflanzenzuchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.

ZOBEL, R. W., WRIGHT, M. J., & GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, 80(3), 388-393, 1988.

<https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008.000030002x>

CAPÍTULO 1: Desempenho produtivo de genótipos de mandioca em diferentes locais e épocas de colheita

RESUMO

A mandioca é uma cultura de grande importância econômica e alimentar em várias regiões do mundo, especialmente no Brasil. A avaliação de diferentes genótipos em vários ambientes e épocas de colheita é crucial para identificar aqueles com maior produtividade e qualidade, adaptáveis às condições locais. Nesse contexto, o Modelo de Efeitos Principais Aditivos e Interação Multiplicativa (AMMI) se tornou um método popular para avaliar respostas de genótipos em diversos ambientes. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo de genótipos de mandioca submetidos a três locais e duas épocas de colheita. Foram conduzidos experimentos em Umbaúba/SE, Lagarto/SE e Glória de Goitá/PE, com 15 genótipos de mandioca, aos 12 e 18 meses de colheita. Foram realizadas análises de variância individuais para cada ambiente e época de colheita, seguidas de uma análise conjunta dos dados onde foi encontrada interação significativa e posteriormente foi realizada análise AMMI para avaliar adaptabilidade e estabilidade. As variáveis analisadas foram produtividade de raízes (t/ha), teor de matéria seca (%) e produtividade de matéria seca (t/ha). Os resultados evidenciaram o aumento da produtividade de raízes bem como a produtividade de matéria seca das plantas com o passar do tempo das mesmas no campo, o mesmo não ocorreu para o teor de matéria seca, apresentando redução. A produtividade de raízes, o teor de matéria seca e a produtividade de matéria seca foram fortemente influenciadas pelo ambiente em ambos os períodos de colheita. Sendo assim, a análise AMMI permitiu identificar os genótipos com alta produtividade e estabilidade e também aqueles adaptados a ambientes específicos. Destacaram-se pela maior estabilidade os genótipos, Caravela, Jarina, BRS Tianguá, BRS Caipira e BRS Verdinha.

Palavras-chave: Produtividade, Adaptabilidade e Estabilidade, AMMI, genótipo por ambiente, *Manihot esculenta*, Nordeste.

Productive performance of cassava genotypes in different locations and harvest times

ABSTRACT

Cassava is a crop of great economic and food importance in several regions of the world, especially in Brazil. The evaluation of different genotypes in different environments and harvest times is crucial to identify those with higher productivity and quality, adaptable to local conditions. In this context, the Additive Main Effects and Multiplicative Interaction (AMMI) Model has become a popular method to evaluate genotype responses in different environments. The objective of this study was to evaluate the productive performance of cassava genotypes subjected to three locations and two harvest times. Experiments were conducted in Umbaúba/SE, Lagarto/SE and Glória de Goitá/PE, with 15 cassava genotypes, at 12 and 18 months of harvest. Individual variance analyses were performed for each environment and harvest time, followed by a joint analysis of the data where significant interaction was found and subsequently AMMI analysis was performed to evaluate adaptability and stability. The variables analyzed were root productivity (t/ha), dry matter content (%) and dry matter productivity (t/ha). The results showed an increase in root productivity as well as dry matter productivity of the plants over time in the field, but the same did not occur for dry matter content, which showed a decrease. Root productivity, dry matter content and dry matter productivity were strongly influenced by the environment in both harvest periods. Thus, the AMMI analysis allowed the identification of genotypes with high productivity and stability and also those adapted to specific environments. The genotypes Caravela, Jarina, BRS Tianguá, BRS Caipira and BRS Verdinha stood out for their greater stability.

Key words: Productivity, Adaptability and Stability, AMMI, genotype by environment, *Manihot esculenta*, Northeast.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca, cientificamente conhecida como *Manihot esculenta* Crantz, é uma planta perene lenhosa da família Euphorbiaceae. Sua propagação ocorre principalmente por estacas caulinares (Sonnewald et al., 2020), embora também possa ser propagada por sementes resultantes de cruzamentos sexuais. A multiplicação por estacas é amplamente utilizada pelos agricultores devido à sua eficiência (Ceballos, Kulakow e Hershey, 2012).

Possui uma significativa relevância na alimentação, devido ao elevado valor energético de suas raízes de reserva (Siloto & Fernandes, 2016), sendo a principal fonte de carboidratos em regiões da África e da América do Sul, onde é empregada para uma variedade de usos (Cosmo et al., 2020). A mandioca, uma planta conhecida por sua robustez, destaca-se por sua capacidade de adaptação a uma ampla variedade de ambientes (de Oliveira e Miglioranza, 2014). A cultura possui grande capacidade adaptativa e baixo custo de produção, se tornando uma importante fonte de carboidratos em grande parte do mundo (Bester et al., 2020).

Embora a mandioca seja identificada por sua habilidade de prosperar em solos de baixa qualidade, observam-se variações significativas nas respostas genótípicas em uma ampla variedade de condições agroambientais. Essa dinâmica é conhecida como interação genótipo x ambiente (GEI), um fenômeno recorrente em programas de melhoramento de plantas (Uba e Nwobi, 2022). A GEI é a variação na resposta dos genótipos às diversas condições ambientais (Amelework et al., 2023).

O melhoramento genético da mandioca é fundamental para escolher as variedades que sejam mais produtivas e adequadas a uma região específica, combinando a produção de raízes de alta qualidade nutricional com características desejáveis para a obtenção de uma variedade de produtos que são produzidos naquele ambiente (Cunha, Farias Neto, 2014).

A presença da GEI representa um desafio significativo no campo do melhoramento de plantas, devido à variabilidade na resposta dos genótipos a diferentes ambientes, o que pode resultar na reorganização dos mesmos (Lin et al., 2021). Mesmo sendo desafiador, a análise de GEI é essencial para os melhoristas, os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade ajudam a identificar variedades superiores adaptáveis a diversas condições ambientais (Kanouni et al., 2015). A

forma mais eficaz de estudar a GEI é conduzindo análises de estabilidade e adaptabilidade (Araújo et al., 2022).

Apesar de estarem relacionados entre si, à adaptabilidade e estabilidade dos genótipos não podem ser considerados similares. A adaptabilidade está relacionada à habilidade dos genótipos em tirar proveito das condições favoráveis do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos de apresentarem um comportamento consistente e previsível diante das variações ambientais (Dias et al., 2014); os dois parâmetros possibilitam compreender se um genótipo possui adaptabilidade geral ou específica (Rocha et al., 2017).

Estudos sobre adaptabilidade e estabilidade em grupos de ensaios de mandioca (Carvalho et al., 2013; Chipeta et al., 2017; Morais, Santiago e Cavalcante, 2017; Moreto, Miranda e Neubert, 2017; Nduwumuremyi et al., 2017; Uba e Nwobi, 2022) têm mostrado que a produtividade de raízes é sensível às variações ambientais.

Os melhoristas costumam empregar diversos métodos para avaliar a adaptação e estabilidade dos genótipos, além de interpretar esses dados para fazer recomendações sobre a liberação de novas variedades (Herawati et al., 2021), a diferença entre eles está relacionada aos próprios conceitos da estabilidade, com objetivo de caracterizar o desempenho dos genótipos, quando submetidos a diferentes condições ambientais (Wricke, 1965; Eberhart & Russell, 1966; Lin & Binns, 1988; Cruz et al., 1989; Annicchiarico, 1992; Rosse e Vencovsky, 2000; Nascimento et al., 2009; Nascimento et al., 2010).

O método AMMI (Additive main effects and multiplicative interaction analysis) combina, em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais dos genótipos e ambientes, juntamente com componentes multiplicativos para capturar o efeito da interação entre eles (Duarte e Vencovsky 1999). Essa metodologia de análise vem se destacando pela ampla aplicabilidade em programas de melhoramento de plantas em estudo da GEI (Silva et al., 2020).

O aprimoramento de genótipos de alta qualidade, adaptados às necessidades específicas dos pequenos agricultores e da indústria, é uma necessidade contínua. Isso ocorre porque, independentemente do grau de tecnificação dos agricultores, a variedade genética continua sendo a principal

tecnologia de cultivo adotada (Santos et al, 2024). Dessa maneira, os melhoristas precisam levar em consideração a influência das interações na expressão de uma característica em diferentes ambientes, com objetivo de identificar genótipos superiores e determinar o ambiente que melhor representa o alvo desejado (Aghogho et al., 2022).

Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho produtivo e estimar a adaptabilidade e a estabilidade de genótipos de mandioca submetidos a três locais e duas épocas de colheita.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

Os dados de produtividades de raízes de mandioca foram coletados nos anos agrícolas de 2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010, nos municípios de Umbaúba, Lagarto e Glória do Goitá em duas épocas de colheita (12 e 18 meses após o plantio).

Os municípios de Umbaúba e Lagarto possuem solo do tipo latossolo amarelo coeso de textura média. Ambas as microrregiões estão localizadas no estado de Sergipe, inseridos em áreas de Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro, onde predominam temperaturas médias de 26° C e precipitações oscilando entre 1.500 mm a 2.000 mm por ano, com forte estação seca de quatro meses.

O município de Glória do Goitá encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, no estado de Pernambuco, possui solo do tipo planossolos de textura argilosa, com precipitação de 1.284 mm, temperatura média anual de 23,8 °C, e seus meses chuvosos variam entre abril a julho.

Os dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%), temperaturas máxima e mínima (°C), obtidos durante o período do experimento realizados em Umbaúba e Lagarto, estão apresentados na Figura 1 e Glória de Goitá na Figura 2.

Figura 1: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2007 a dezembro de 2009

pela estação meteorológica INMET. Umbaúba e Lagarto, Estado de Sergipe, 2024.

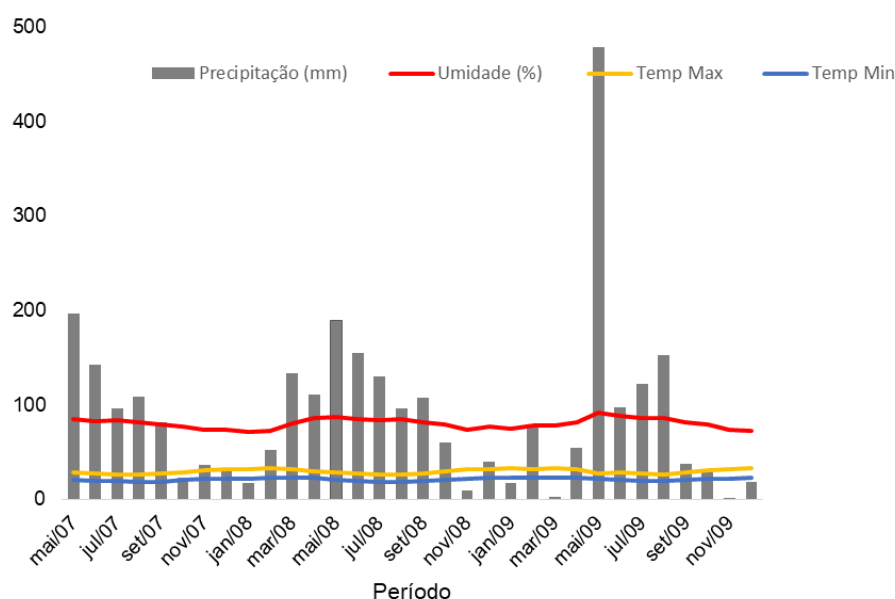
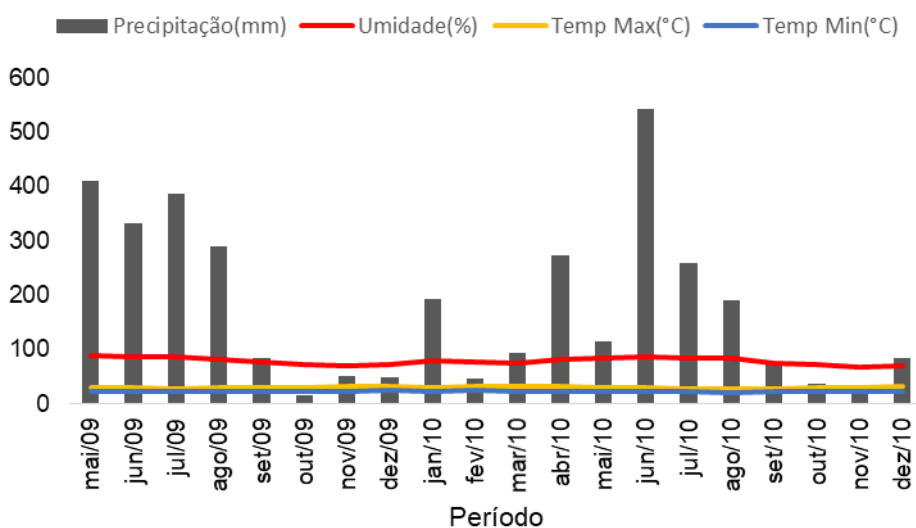


Figura 2: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2009 a dezembro de 2010 pela estação meteorológica INMET. Glória de Goitá, Estado de Pernambuco, 2024.



2.2 Delineamento experimental e variáveis avaliadas

Foram analisados 15 genótipos de mandioca (Tabela 1), sendo um híbrido (9783/13), oito cultivar (BRS Caipira, BRS Jarina, BRS Kiriris, BRS Mestiça, BRS

Poiti Branca, BRS Tapioqueira, BRS Tianguá e BRS Verdinha) e seis variedades (Amansa Burro, Caravela, Iará, Jalé, Lagoão e Mucuri). Utilizando delineamento experimental em blocos completos casualizados com três repetições. Cada local e época de colheita foram considerados ambientes distintos, totalizando seis ambientes (aos 12 meses - Umbaúba/SE/2008, Lagarto/SE/2009 e Gloria de Goitá/PE/2010; e aos 18 meses - Umbaúba/SE/2008, Lagarto/SE/2009 e Gloria de Goitá/PE/2010).

Os plantios ocorreram entre os meses de maio e junho de cada ano agrícola. As parcelas consistiram de quatro fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas 1 m entre si e 0,6 m entre covas nas fileiras, totalizando 24 m² de área total, ocupada com 40 plantas, o que possibilitou uma densidade estimada de 16.666 plantas por hectare. As manivas, com tamanho médio de 20 cm, foram plantadas horizontalmente em sulcos com aproximadamente 10 cm de profundidade. Na colheita foram retiradas as duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 12 m². A adubação foi realizada de acordo com o resultado da análise de solo de cada área experimental. Os genótipos provieram do programa de melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Tabela 1: Identificação dos 15 genótipos de mandioca, avaliados em Umbaúba, Lagarto e Gloria do Goitá nos anos de 2008/2009 e 2009/2010

Genótipos de mandioca	Grupo	Uso
9783/13	Brava	Farinha
Amansa Burro	Brava	Farinha
BRS Caipira	Brava	Farinha
Caravela	Brava	Farinha
Iará	Brava	Farinha
Jalé	Brava	Farinha
BRS Jarina	Brava	Farinha
BRS Kiriris	Mansa	Misto
Lagoão	Brava	Farinha

BRS Mestiça	Brava	Farinha
Mucuri	Brava	Farinha
BRS Poti Branca	Brava	Farinha
BRS Tapioqueira	Brava	Farinha
BRS Tianguá	Mansa	Misto
BRS Verdinha	Brava	Farinha

Foram analisados os seguintes caracteres:

Produtividade média de raízes tuberosas: expressa em t.ha⁻¹, obtida pela pesagem das raízes de todas as plantas da parcela útil da parcela experimental.

Teor de matéria seca: expresso em %, obtido a partir de uma amostra de 5 kg de raízes tuberosas coletada em cada parcela experimental, conforme método descrito por Conceição (1987).

Produtividade de matéria seca: expressa em t.ha⁻¹, foi obtida a partir do teor de matéria seca e da produtividade de raízes.

2.3 Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos ao teste F da análise de variância para cada um dos locais em cada época de colheita a fim de verificar os pressupostos para realização da análise conjunta. Posteriormente, após atendimento dos pressupostos foi realizado a análise de variância conjunta, considerando-se o modelo como fixo. As médias dos genótipos foram agrupados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Após encontrar interações significativas, realizou-se às análises de adaptabilidade e estabilidade, seguindo as metodologias de AMMI.

A análise de AMMI foi realizada seguindo o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ; μ é a média geral; g_i é o efeito do genótipo i ; e_j é o efeito do ambiente j ; λ_k é o k -ésimo autovalor do eixo da

(ACP); γ_{ik} é o autovetor do i -ésimo genótipo no eixo k da (ACP); α_{jk} é o autovetor do j -ésimo ambiente no eixo k da (ACP); p_{ij} é o desvio da interação não explicada pelos componentes principais retidos (porção ruído); n é o número de eixos principais retidos para descrever o padrão da interação GxA e ε_{ij} é o erro experimental médio associado à observação.

As análises foram efetuadas com o auxílio do aplicativo computacional R (Core Team, 2023), utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2021) para análise individual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 12 e 18 meses, houve variação significativa ($p < 0.05$) entre os genótipos de mandioca na produtividade de raízes. Essas diferenças destacam a diversidade genética existente e a possibilidade de identificar variedades com maior rendimento de raízes tuberosas, adaptadas às especificidades climáticas e de solo dessas regiões. Sendo o coeficiente de variação (CV) menor que 20%, denotando uma boa precisão experimental (Tabela 2).

Tabela 2: Médias e resumos das análises de variância, por ambiente, referentes a produtividade de raízes ($t \cdot ha^{-1}$), obtidas em ensaios de avaliação de genótipos de mandioca. Região Nordeste do Brasil, 2008, 2009 e 2010.

Genótipos	Umbaúba		Lagarto		Gloria de Goitá	
	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses
BRS Tapioqueira	51.13a	47.60a	37.33a	62.00b	38.00b	55.00a
BRS Caipira	42.76b	37.73b	39.33a	74.66 ^a	27.66d	61.03a
Irará	42.66b	45.66b	38.00a	87.00a	27.33d	47.76b
Lagoão	42.16b	50.06a	41.00a	61.66b	26.33d	46.66b
BRS Mestiça	42.16b	37.43b	36.66a	62.66b	21.50f	38.33c
BRS Jarina	42.03b	44.23b	34.00a	50.00c	24.50e	31.96d
9783/13	39.00b	45.33b	35.00a	74.66 ^a	37.33b	54.16a

BRS Tianguá	37.50b	52.76a	31.00a	40.00c	42.36a	41.66c
BRS Verdinha	36.43c	43.00b	36.33a	45.00c	26.83d	41.94c
BRS Poti Branca	35.66c	55.56a	33.33a	69.33b	27.33d	36.66d
BRS Kiriris	33.90c	43.36b	29.33b	59.00b	30.33c	44.73c
Amansa Burro	32.00c	35.00b	33.33a	33.00c	19.16f	28.86d
Mucuri	30.00d	48.06a	31.66a	50.33c	32.00c	42.00c
Jalé	27.93d	42.83b	26.00b	44.00c	31.33c	37.33d
Caravela	26.86d	53.20a	18.66c	58.00b	25.00e	35.00d
Média	37.48	45.81	33.40	57,29	29.13	42.88
CV(%)	9.82	11.58	13.04	12.79	9.23	11.36

QM(genótipo) 131.83** 106.80** 96.20** 589.37** 118.58** 239.19**

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** Significativos, a 1% de probabilidade; NS, não significativo; QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação.

As médias de produtividades de raízes de mandioca, com relação as épocas de colheita, variaram de 29,13 t.ha⁻¹, na colheita realizada aos 12 meses após o plantio no município de Glória de Goitá, a 57,29 t.ha⁻¹, em Lagarto, na colheita realizada aos 18 meses após o plantio, mostrando uma grande variação nas condições ambientais em que foram realizados os experimentos (Tabela 2). Esses rendimentos ultrapassam a média de rendimento da Região Nordeste do Brasil, a qual é de 10 t.ha⁻¹ (IBGE, 2023), indicando que, sob condições adequadas de solo, manejo e escolha das variedades, a mandioca possui elevado potencial produtivo mesmo em regiões tradicionalmente consideradas de menor rendimento. Tais resultados evidencia a variabilidade, adaptabilidade e estabilidade dos materiais utilizado (Olsen, 2004).

Observou-se aumento na produtividade com o prolongamento do ciclo de cultivo da mandioca, observada nos municípios de Umbaúba, Lagarto e Glória de Goitá, esses resultados corroboram com os achados de Mendonça et al. (2003) e Andrade et al. (2014), que também registraram maior acúmulo de biomassa radicular em colheitas tardias. Este incremento está relacionado ao acúmulo

contínuo de reservas nas raízes ao longo do desenvolvimento, sendo favorecido por condições térmicas estáveis e precipitação distribuída durante o ciclo, como registrado nos anos agrícolas de 2008, 2009 e 2010. Ainda, a pequena variação nas temperaturas e na umidade relativa do ar reforça que o fator hídrico foi o principal determinante da produtividade, dado o papel crucial da água no enchimento radicular da mandioca.

Entre os materiais avaliados, destacou-se com melhores rendimentos a variedade Irará com rendimento médio de 87 t.ha⁻¹, seguido por BRS Caipira, BRS Poti Branca, BRS Tianguá, BRS Tapioqueira e o híbrido 9783/13, segundo o teste de Scott-Knott a 5% de significância. A alta produtividade desses genótipos confirma o sucesso dos programas de melhoramento que visam à adaptação regional, especialmente aqueles desenvolvidos para o Nordeste (Carvalho et al., 2014; Menezes et al., 2019). De acordo com Menezes et al. (2019), a combinação de práticas culturais corretas com a escolha de variedades bem adaptadas é determinante para maximizar o rendimento.

A presença de significativa variabilidade genética entre os genótipos, foi também observada por Lessa, Ledo e Santos (2017), reforçando o potencial de seleção de materiais superiores. Essa variabilidade é essencial para programas de melhoramento que visam selecionar genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade, características estratégicas para os diferentes microambientes encontrados no Nordeste brasileiro.

Resultados similares foram encontrados em outras regiões do Brasil. Oliveira et al. (2021), observaram médias de produtividade que variaram de 28,33 t.ha⁻¹ aos 8 meses para 52,80 t.ha⁻¹ aos 14 meses no Norte de Minas Gerais, apontando para o benefício da colheita tardia na maximização da produtividade. Em um outro estudo, Souza et al. (2010), também demonstraram que a irrigação contínua durante o ciclo potencializa a produtividade de raízes tuberosas, evidenciando a importância da disponibilidade hídrica na expressão do potencial genético da cultura.

Houve variação significativa ($p < 0.05$) para o teor de matéria seca em Umbaúba e Lagarto, mas não encontrou diferença ($p > 0.05$) em Glória de Goitá, aos 12 meses de colheita após o plantio. Entretanto, o teste de média não teve sensibilidade para averiguar grupos diferentes entre os genótipos no município de

Umbaúba. Para a colheita realizada aos 18 meses, os municípios de Lagarto e Glória de Goitá apresentaram diferenças significativas, mas o mesmo não ocorreu no município de Umbaúba (Tabela 3).

Tabela 3: Médias e resumos das análises de variância, por ambiente, referentes ao teor de matéria seca (%), obtidas em ensaios de avaliação de genótipos de mandioca. Região Nordeste do Brasil, 2008, 2009 e 2010.

Genótipos	Umbaúba		Lagarto		Gloria de Goitá	
	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses
BRS Caipira	39.00a	33.00	35.33b	34.66a	32.00	35.66a
BRS Tapioqueira	37.33a	34.66	36.00b	38.00a	38.00	32.00c
Caravela	37.00a	28.66	36.33a	36.33a	38.33	34.33b
Jalé	37.00a	30.66	35.33b	34.00a	33.66	34.66b
BRS Verdinha	37.00a	34.50	35.33b	36.00a	36.66	35.33a
BRS Poti Branca	36.66a	32.66	33.66c	35.00a	38.33	32.00c
9783/13	36.00a	37.00	37.33a	31.33b	37.33	30.33d
Irará	36.00a	37.00	36.66a	33.66a	37.33	32.33c
BRS Kiriris	36.00a	29.66	36.00b	30.00b	36.66	29.33d
Lagoão	36.00a	35.66	37.00a	34.66a	38.66	36.00a
BRS Jarina	35.67a	32.00	35.00b	32.00b	37.33	32.66b
Amansa Burro	35.33a	35.33	36.00b	37.33a	37.66	34.00b
BRS Mestiça	35.00a	32.66	35.33b	31.66b	38.33	33.66b
Mucuri	34.33a	32.33	35.33b	34.00a	35.33	36.00a
BRS Tianguá	34.33a	29.33	33.33c	32.66b	38.00	29.00d
Média	36.18	32.98	35.58	34.08	36.91	33.16
CV(%)	3.69	11.21	2.26	5.74	6.58	2.67
QM(genótipo)	4.47**	21.27ns	3.58**	15.59**	10.68ns	16.13**

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** Significativos, a 1% de probabilidade; NS, não significativo; QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação.

Para as médias do teor de matéria seca, com relação as épocas de colheita (Tabela 3), houve variação de 36,91%, na colheita realizada aos 12 meses após o plantio no município de Glória de Goitá, a 32,98%, em Umbaúba, na colheita realizada aos 18 meses após o plantio, mostrando uma diminuição do teor de matéria seca com o tempo, indicando que fatores ambientais e fisiológicos impactaram diretamente na composição das raízes.

Essa diminuição do teor de matéria seca pode ser explicada pelas condições climáticas predominantes durante o desenvolvimento das plantas. A cultura da mandioca geralmente apresenta cerca de 30% de matéria seca nas raízes, embora existam registros de teores que chegam a 45%, esses níveis estão fortemente correlacionados com os teores de amido ou fécula e variam de acordo com a variedade, o local de cultivo, a idade e a época de colheita (Fukuda et al., 2006). A elevada umidade observada em determinados períodos, especialmente de março a setembro, pode ter favorecido o acúmulo de água nas raízes, diluindo os constituintes sólidos e, conseqüentemente, reduzindo a porcentagem de matéria seca.

O teor de matéria seca das raízes é o fator que define o valor pago pelas indústrias aos produtores durante a comercialização, pois está diretamente ligado ao rendimento industrial dos diversos produtos derivados da mandioca e é, portanto, ideal que a variedade mais produtiva também apresente os maiores teores de matéria seca, a fim de maximizar o rendimento do produto por unidade de área cultivada (Vidigal Filho et al. (2000).

Na tabela 3, os três municípios avaliados ocorreram decréscimos no teor de matéria seca com o aumento da idade das plantas. Este comportamento é atribuído, em parte, ao excesso de precipitação em determinados momentos do ciclo, conforme indicado pelas figuras climáticas (Figuras 1 e 2). Durante o período de menor precipitação (outubro a março), as plantas provavelmente entraram em repouso fisiológico, favorecendo a concentração de matéria seca nas raízes colhidas aos 12 meses. Esse padrão é semelhante encontrados por Sagrilo et al. (2002) e Sagrilo et al. (2006), que observaram teores mais elevados de matéria

seca durante a fase de repouso fisiológico, com posterior queda à medida que a atividade vegetativa se intensificava.

Essa resposta é um exemplo de plasticidade fenotípica, ou seja, a capacidade de o genótipo modificar seu desenvolvimento em resposta às variações do ambiente (Martins e Massara, 2021). A mandioca é reconhecida pela elevada plasticidade fenotípica, adaptando sua morfologia e fisiologia conforme as condições hídricas, nutricionais e térmicas do meio. Segundo El-Sharkawy (2004), essa flexibilidade adaptativa é um dos principais fatores que explicam o sucesso da mandioca em ambientes tropicais.

As variedades que apresentaram os melhores teores de matéria seca foram a BRS Caipira, BRS Tapioqueira, Lagoão e o híbrido 9783/13, com média a cima de 35%. Dentre essas variedades, a cultivar BRS Caipira se destaca por combinar altos teores de matéria seca com elevada produtividade de raízes, justificando sua recomendação para uso comercial na Região Nordeste do Brasil.

Carvalho et al. (2016), também identificaram uma grande quantidade de matéria seca nas variedades BRS Caipira, BRS Tapioqueira e no híbrido 9783-13, com maior produtividade de raízes observada para as cultivares BRS Tapioqueira e Iará. O estudo buscou identificar cultivares de mandioca com maior potencial de tolerância à seca e melhor adaptação às condições ambientais do Planalto Costeiro do Nordeste do Brasil, onde essas cultivares demonstraram maior vigor vegetativo, destacando-se nas condições adversas da região. Soares (2011) também encontrou teores variando entre 36,10% e 39,58% em estudo conduzido em Vitória da Conquista, reforçando que a faixa observada neste trabalho está dentro dos padrões aceitáveis para o cultivo comercial.

Esses resultados enfatiza a importância do manejo adequado das condições ambientais, incluindo o planejamento das épocas de plantio e colheita, além da escolha criteriosa das variedades, para equilibrar produtividade e qualidade.

Houve variação significativa ($p < 0.05$) para a produtividade de matéria seca aos 12 e 18 meses de colheita nos municípios de Lagarto e Glória de Goitá, no município de Umbaúba foi encontrada variação somente aos 12 meses de colheita. As variedades que apresentaram maior produtividade de matéria seca foram a Iará, BRS Tapioqueira, Lagoão, BRS Tianguá e a BRS Caipira (Tabela 4).

Tabela 4: Médias e resumos das análises de variância, por ambiente, referentes a produtividade de matéria seca ($t \cdot ha^{-1}$), obtidas em ensaios de avaliação de genótipos de mandioca. Região Nordeste do Brasil, 2008, 2009 e 2010.

Genótipos	Umbaúba		Lagarto		Gloria de Goitá	
	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses
BRS Caipira	16.69b	12.50	13.87a	21.73b	8.90c	21.81a
BRS Tapioqueira	19.11a	16.43	13.42a	23.56b	14.44a	17.59b
Caravela	9.94d	15.06	6.79c	21.06b	9.58b	12.01c
Jalé	10.32d	13.13	9.20b	14.98c	10.59.b	12.92c
BRS Verdinha	13.48c	14.86	12.85a	16.19c	9.84b	14.81b
BRS Poti Branca	13.10c	18.20	11.22b	24.26b	10.47b	11.73c
9783/13	14.04b	16.79	13.06a	23.25b	13.97a	16.44b
Irará	15.37b	16.89	13.95a	29.28a	10.20b	15.43b
BRS Kiriris	12.22c	12.86	10.58b	17.62c	11.11b	13.11b
Lagoão	15.18b	17.89	15.17a	21.37b	10.19b	16.79b
BRS Jarina	15.11b	14.20	11.91a	16.02c	9.13c	10.44c
Amansa Burro	11.31d	12.36	12.03a	12.33c	7.22c	9.82c
BRS Mestiça	14.75b	12.21	12.98a	19.84b	8.22c	12.95c
Mucuri	10.30d	15.65	11.24b	17.11c	11.31b	15.12b
BRS Tianguá	12.87c	15.51	10.32b	13.07c	16.05a	12.07c
Média	13.58	14.97	11.98	19.45	10.75	14.20
CV(%)	12.17	17.66	13.71	13.44	10.77	12.28
QM(genótipo)	19.78**	12.24ns	13.52**	65.43**	17.21**	29.34**

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** Significativos, a 1% de probabilidade; NS, não significativo; QM, quadrado médio; CV, coeficiente de variação.

A produtividade média de matéria seca de raízes tuberosas, no contexto das épocas de colheita (Tabela 4), variaram de 10,75 t.ha⁻¹, obtidas na colheita realizada aos 12 meses após o plantio no município de Glória de Goitá, a 19,45 t.ha⁻¹, registrada em Lagarto, na colheita realizada aos 18 meses após o plantio, evidenciando uma variação nas condições ambientais em que foram realizados os experimentos. Esses resultados evidenciam não apenas as diferenças nas condições ambientais entre as localidades, mas também o efeito da época de colheita sobre a capacidade de acumulação de matéria seca pelas plantas.

O aumento da produtividade de matéria seca com o prolongamento do ciclo pode ser atribuído à maior duração do período de acúmulo de reservas nas raízes, favorecida pelas elevações de precipitação pluvial e pelas condições térmicas adequadas durante o período experimental. Como demonstrado por Fukuda et al. (2006), o prolongamento da fase de crescimento radicular em mandioca é sensível a condições edafoclimáticas favoráveis, o que possibilita maior acúmulo de carboidratos, refletindo em teores e produtividades mais elevados de matéria seca.

Na tabela 2, nota-se que a variedade Irapá de melhor comportamento produtivo de raiz, também mostrou melhor rendimento de matéria seca (Tabela 4), configurando-se, portanto, como uma alternativa promissora para o cultivo na região.

De acordo com Sagrilo et al. (2002), a segunda fase de dormência fisiológica das plantas se apresenta como o período mais adequado para a colheita da mandioca, ao qual foi vinculado a diminuição da taxa de precipitação pluvial e pela redução da temperatura, pois favorece a concentração de matéria seca nas raízes. Tal padrão foi observado no presente estudo, onde maiores produtividades de matéria seca foram obtidas nas colheitas realizadas após o prolongamento do ciclo.

Ternes (2002), afirma que a colheita da mandioca, seja realizada após um ou dois ciclos, não exerce influência significativa sobre o número de raízes tuberosas por planta, já que esse número é essencialmente determinado durante o segundo e terceiro meses após o plantio. Dessa forma, os ganhos observados na produtividade de matéria seca ao longo do tempo refletem o acúmulo de biomassa nas raízes já formadas, e não a formação de novas raízes, reforçando a importância do manejo correto da época de colheita para maximizar o rendimento.

Os valores dos QMr dos ambientes avaliados nas duas épocas de colheita testados individualmente foram inferiores a 7, ou seja, apresentam homogeneidade, mostrando que todos os ambientes poderão ser incluídos na análise conjunta sem restrições. De acordo com Pimentel (2009), os ensaios realizados em diversos locais podem ser agrupados em uma única análise desde que o quociente entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMRes) seja inferior a 7.

Houve efeito simples significativo do local e genótipos ($p < 0.05$) na produtividade de raízes e na produtividade de matéria seca aos 12 meses. A interação significativa ($p < 0.05$) indica que o desempenho dos genótipos varia conforme o ambiente. Entretanto, para a matéria seca, o efeito do local e do ambiente não foi significativo ($p > 0.05$) individualmente, porém sua interação foi significativa ($p < 0.05$), sugerindo variações na combinação específica de genótipo e ambiente (Tabela 5).

Tabela 5: Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres produtividade de raiz (PR), teor de matéria seca (MS) e produtividade de massa seca (PMS) dos 15 genótipos de mandioca em três ambientes aos 12 meses de colheita.

FV	QM		
	PR	MS	PMS
Local (A)	783.9**	19.40ns	91.48*
Resíduo	64.6	9.25	12.12
Genótipo (G)	186.98**	4.75ns	26.77**
G x A	79.82**	6.99**	11.87**
Resíduo	13.24	2.77	2.24

** , * Significativos, respectivamente, a 1% e 5% de probabilidade; QM, quadrado médio.

Tanto o ambiente quanto os genótipos e a interação entre genótipo e ambiente continuam influenciando a produtividade de raízes e a produtividade de matéria seca ($p < 0.05$), mostrando que os genótipos respondem de forma diferente aos ambientes também aos 18 meses (Tabela 6), destacando a importância de considerar tanto a adaptação ambiental quanto a seleção de genótipo.

Tabela 6: Resumo da análise de variância conjunta dos caracteres produtividade de raiz (PR), matéria seca (MS) e produtividade de massa seca (PMS) dos 15 genótipos de mandioca em três ambientes aos 18 meses de colheita.

FV	QM		
	PR (<i>t.ha</i> ⁻¹)	MS	PMS(<i>t.ha</i> ⁻¹)
Local (A)	2642.7**	16.03ns	310.10**
Resíduo	27.1	9.66	2.40
Genótipo (G)	476.6**	27.10**	62.78**
G x A	229.9**	12.89**	22.12**
Resíduo	34.8	5.93	5.55

** Significativo a 1% de probabilidade; QM, quadrado médio.

Embora o efeito do ambiente não seja significativo ($p > 0.05$), os genótipos e a interação genótipo x ambiente são significativos ($p < 0.05$), indicando variações no teor de matéria seca. Esses resultados indicam que as diferenças observadas são principalmente atribuídas às variações genéticas entre os genótipos e à forma como eles respondem às condições ambientais específicas, demonstrando que a diferenciação na resposta fisiológica entre os materiais aumenta com o tempo de cultivo.

A interação significativa entre GxE indica o desempenho diferente dos genótipos de um ambiente para outro. Esses resultados são esperados, presumindo que existem diferenças de condições edafoclimáticas entre os três locais, entre épocas de colheita e material genético dos 15 genótipos avaliados. Interações significativas entre ambiente e cultivares de mandioca têm sido relatadas por diferentes autores (Amelework, et al., 2023; Moraes, Santiago e Cavalcante, 2017; Rimoldi et al., 2003; Uchendu et al., 2022)

A produtividade de raízes e a produtividade de matéria seca são fortemente influenciadas pelo ambiente em ambos os períodos de colheita (12 e 18 meses). Isso sugere que as condições locais como clima, solo e manejo desempenham um papel crucial no desempenho da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Nduwumuremyi et al. (2017), onde o ambiente influenciou na maioria das características avaliadas, enfatizando a importância da execução de

experimentos em diversos ambientes com objetivo de identificar os genótipos mais estáveis e adaptados aos ambientes.

O efeito do tempo de permanência da mandioca no campo também impactou positivamente a produtividade de raízes e de matéria seca. Como relatado por Soares (2011), o aumento do ciclo, associado a períodos de maior precipitação e elevação das temperaturas médias, favoreceu o acúmulo de biomassa nas raízes, o que contribui para o aumento da produtividade final. Esses resultados são coerentes com a fisiologia da cultura, que prioriza o acúmulo de reservas nas raízes tuberosas em condições ambientais favoráveis.

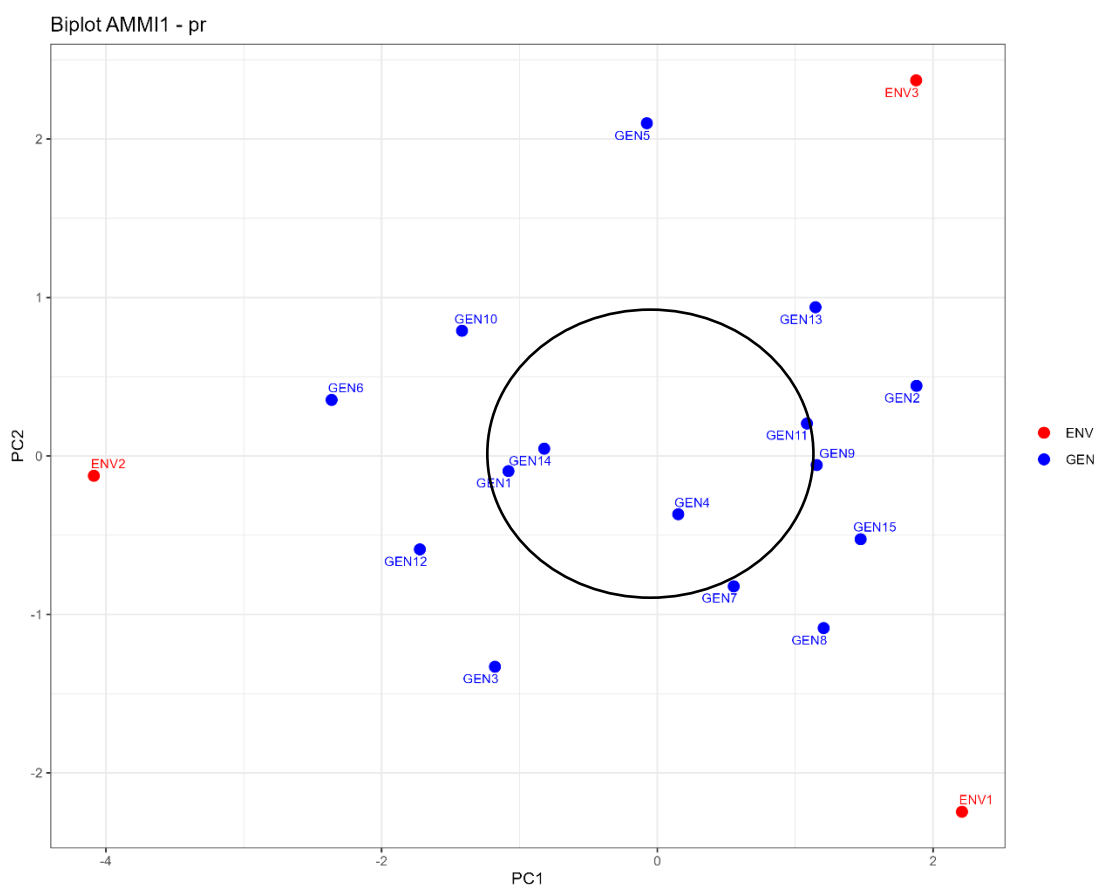
A interação significativa correlacionada com as características previsíveis do ambiente, é vista como uma oportunidade para aumentar os rendimentos para os melhoristas, não somente como uma problemática (Duarte e Vencovsky, 1999). Em seu trabalho, Katsenios et al. (2021) enfatizam que a interação positiva de certos híbridos com propriedades físico-químicas específicas do solo e condições climáticas pode ser valiosa para a comunidade científica.

Segundo Moreto, Miranda e Neubert (2017) a existência da interação entre $G \times A$ dificulta a recomendação de genótipos, dessa forma, para melhor entendimento faz se necessários estudos mais detalhados sobre estabilidade e adaptabilidade. A significância da interação implica que os efeitos principais não devem ser considerados aditivos no modelo e o uso da análise AMMI se justifica (Duarte; Vencovsky, 1999).

A Figura 3 ilustra o gráfico Biplot resultante do método AMMI2, com os efeitos de interação: PC1 vs. PC2, no qual a abscissa representa o primeiro componente principal, apresentando a maior parte da variação devido à interação genótipo x ambiente e a ordenada representa o segundo componente principal, no qual captura a parte restante da variação, oferecendo informações sobre a estabilidade dos genótipos em relação à média dos ambientes. Dessa maneira, os pontos situados próximos à origem, ou seja, com escores praticamente nulos para os dois eixos de interação (PC1 e PC2), são estes os genótipos e ambientes mais estáveis, ou seja, pouco influenciou para a $SQ_{G \times A}$ (Duarte e Vencovsky 1999; Crossa et al., 2011). Sendo estes Caravela (G4), BRS Tianguá (G14), híbrido 978313 (G1) e Mucuri (G11) delimitados no círculo da Figura 3. Os genótipos mais distantes da origem são Irará (G5) e cv. BRS Tapioqueira (G13), apresentando assim uma

interação mais forte com os ambientes, ou seja, baixa estabilidade, indicando que a produtividade desses mesmos varia dependendo do ambiente.

Figura 3: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de raízes (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 12 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irará, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.



Os ambientes Umbaúba (Env1) e Glória de Goitá (Env3) apresentaram alta interação GxA, indicando pela suas distancias com relação aos outros pontos. Já Lagarto (Env2), está mais próximo da origem, apresentando ser menos afetado pela interação GxA, sendo mais estável.

Do ponto de vista dos genótipos, a estabilidade avaliada por meio da distância em relação à origem do biplot representa um indicativo de adaptação

ampla ou restrita. No entanto, para fins de recomendação comercial, a estabilidade deve ser ponderada em conjunto com a produtividade média. Genótipos altamente estáveis, mas de baixa produtividade, podem não ser economicamente viáveis

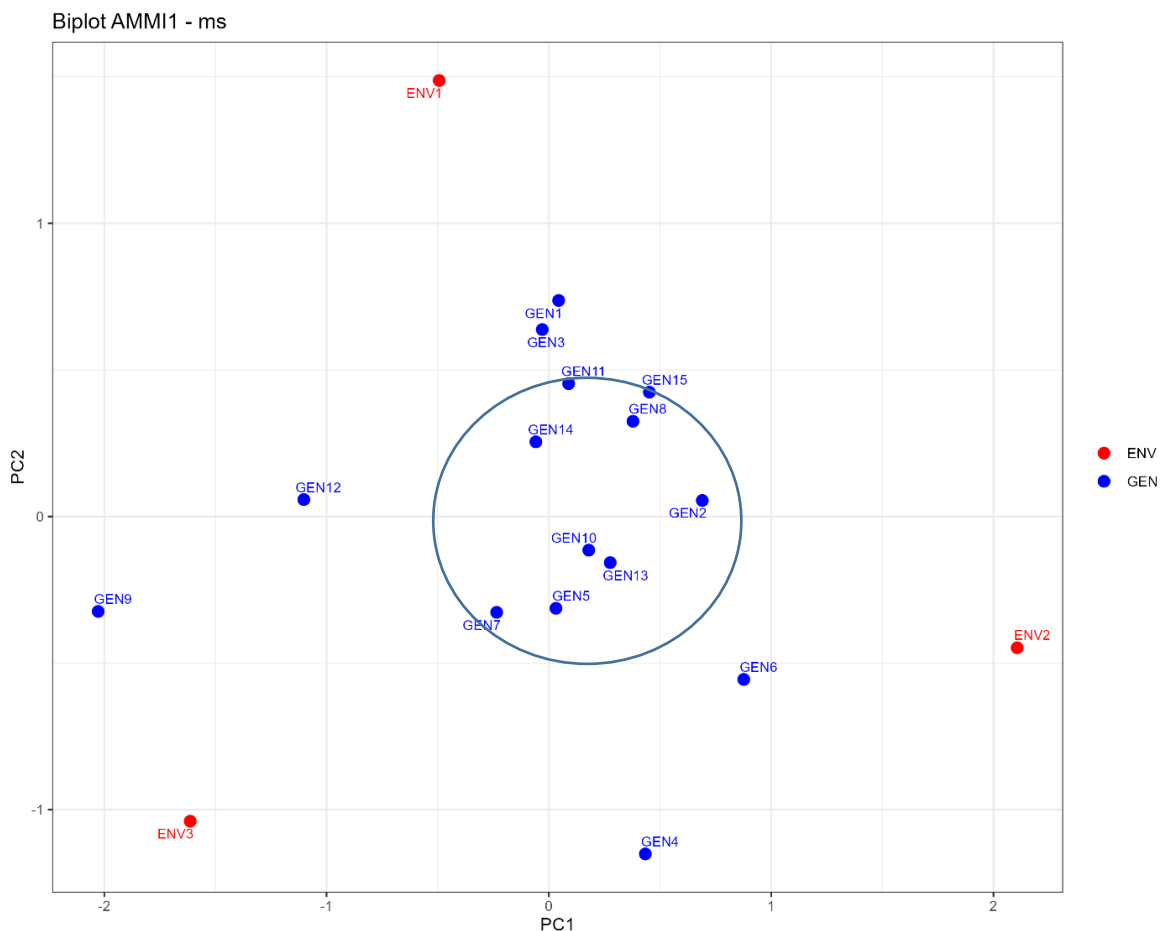
Dessa forma, como ilustrado na Figura 3, os menos estáveis apresentaram melhores classificação de produtividade média (G13 foi o primeiro e o G5 o segundo, com 42.15 e 35.99 t.ha⁻¹, respectivamente, como mostra a Tabela 2. Essa associação sugere que, embora esses materiais sejam mais sensíveis às variações ambientais, eles conseguem expressar altos potenciais produtivos em condições favoráveis. Assim, no contexto desta pesquisa, a produtividade média parece estar associada a adaptações específicas aos ambientes testados, o que é uma estratégia válida quando se busca maximizar rendimentos em determinadas regiões.

Morais et al. (2017), buscando avaliar a estabilidade fenotípica e a adaptabilidade de genótipos de mandioca no estado de Alagoas, concluíram que a interpretação gráfica da análise AMMI tem a capacidade de identificar diferentes variedades de mandioca com alta e estável produtividade. Indicando as variedades BRS Poti Branca, Irapá e BRS Tapioqueira como as que apresentam alta produtividade e estabilidade fenotípica.

Da mesma forma, Kvitschal et al. (2007), avaliando a adaptabilidade e a estabilidade produtiva da mandioca no estado do Paraná, também concluíram que a análise AMMI foi eficiente na avaliação da estabilidade e adaptabilidade produtiva, sugerindo o clone IAC 190 como a variedade mais promissora para a região noroeste do estado.

Os genótipos mais estáveis ilustrados na Figura 4 são os BRS Tianguá (G14), BRS Kiriris (G8), BRS Mestiça (G10), BRS Tapioqueira (G13), Irapá (G5), Jarina (G7) e Amansa Burro (G2). Entretanto, dentre estes, somente a cultivar BRS tapioqueira apresentou maiores teores de matéria seca. Os genótipos Caravela (G4) e Jalé (G6) apresentaram maior capacidade de adaptação específica a ambientes, devido aos seus escores de PC1 serem positivos e elevados. Estes genótipos não apresentaram teores médios de matéria seca satisfatórios.

Figura 4: Biplot da análise AMMI para ensaios de teor de matéria seca (%), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 12 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irará, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.



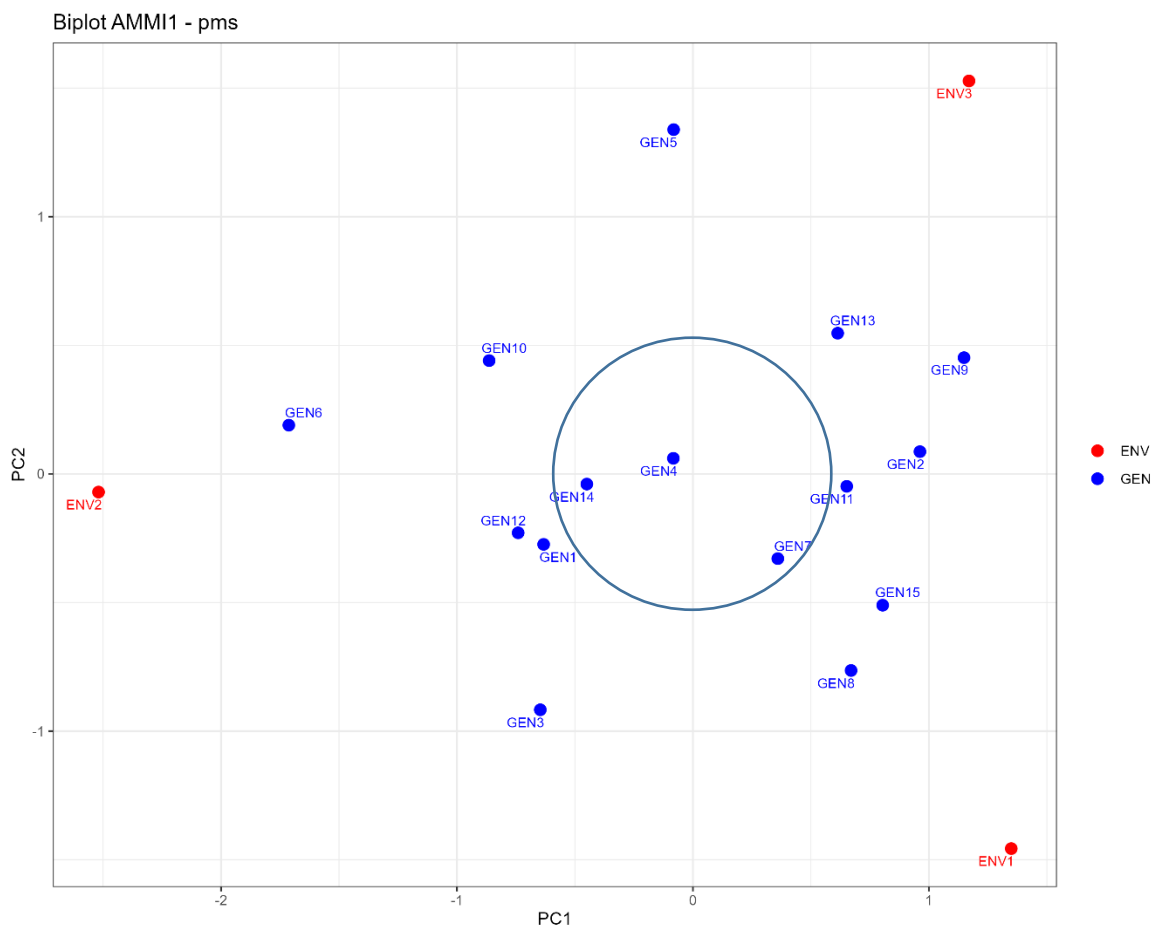
O município de Umbaúba (Env1) aparenta estar mais próximo do eixo central do gráfico em comparação com os outros ambientes, sugerindo que ele teve uma influência menos variável sobre os genótipos, ou seja, apresentou condições mais consistentes para a maioria dos genótipos. Já Lagarto (Env2) e Glória de Goitá (Env3) mostram uma variação maior, sugerindo que esses ambientes possuem características únicas que afetam de forma diferente os genótipos, provavelmente devido a condições ambientais específicas, como solo, clima, etc.

A variedade Jalé (G6) está mais próximo do município de Lagarto (Env2), podendo indicar um desempenho superior nesse ambiente específico. Da mesma forma, a variedade Lagoão (G9) está relativamente próximo do município Gloria de Goitá (Env3), sugerindo uma possível adaptação maior a esse ambiente.

A Figura 5 ilustra que as variedades Caravela (G4), cultivar BRS Tianguá (G14) e Jarina (G7) são as variedades mais estáveis e adaptáveis, ao contrário das variedades Jalé (G6) e Lagoão (G9) que são as menos estáveis, mostrando maior sensibilidade às variações ambientais para a produtividade de matéria seca aos 12 meses.

Figura 5: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de matéria seca (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 12 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca,

G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.



O município de Lagarto (Env2) é o ambiente mais próximo da origem neste gráfico, indicando que ele é o ambiente mais estável, onde a variação entre os genótipos é menos evidenciada, ao contrário dos municípios de Umbaúba (Env1) e Glória de Goitá (Env3), que estão mais distantes da origem mostrando maior interação com os genótipos, indicando que suas condições afetam mais significativamente a produtividade de matéria seca.

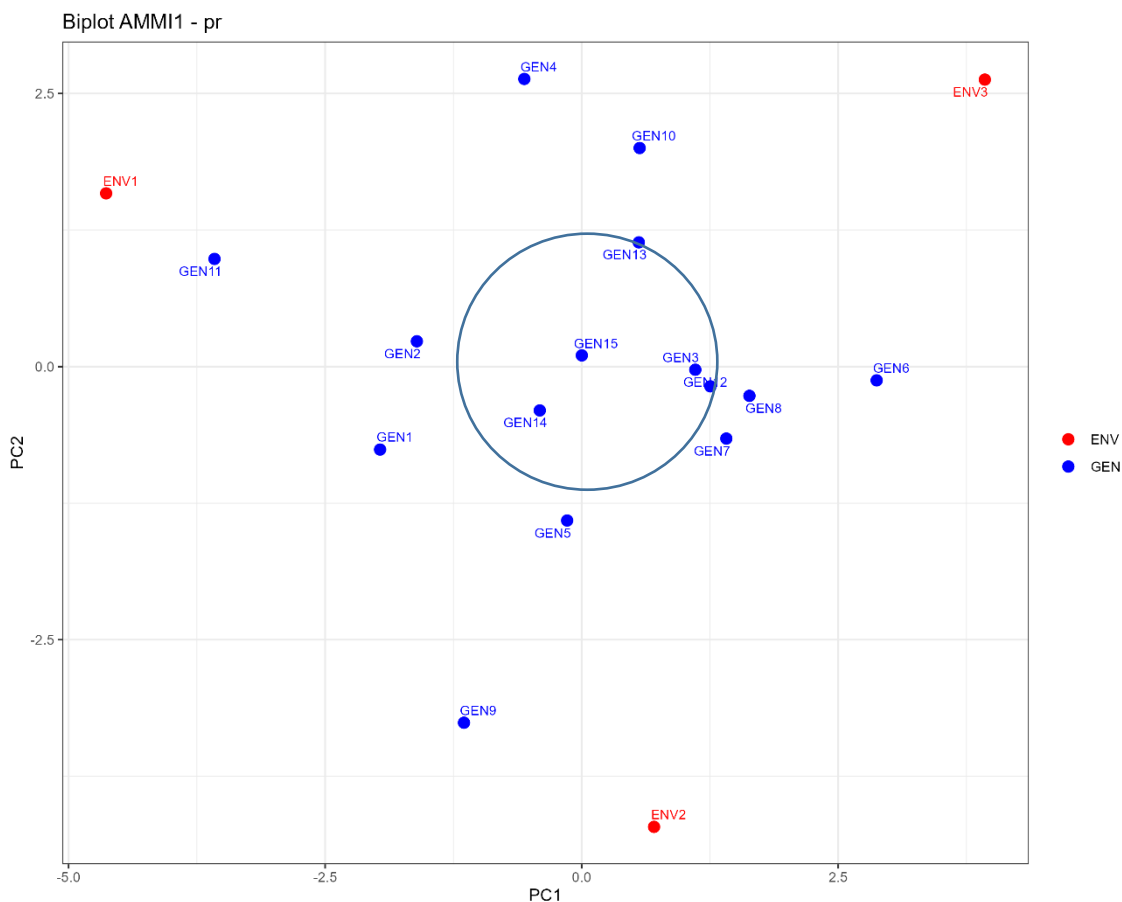
As variedades Amansa Burro (G2) e Lagoão (G9) estão mais próximos de Glória de Goitá (Env3), indicando uma possível adaptação melhor a esse ambiente ou um desempenho superior em produtividade de matéria seca nele. Entretanto, na Tabela 4, a variedade Amansa Burro apresentou o pior rendimento de matéria seca no município de Glória de Goitá, em média, $7,22 \text{ t.ha}^{-1}$. Para o município de Umbaúba (Env1) a cultivar BRS Kiriris (G8) está relativamente próximo, sugerindo uma adaptação específica neste ambiente.

Para aos 18 meses de colheita, a Figura 6 mostra que as variedades que apresentaram mais estabilidade foram as cultivares BRS Tianguá (G14), BRS Verdinha (G15) e BRS Caipira (G3), indicando desempenho mais consistente nos 3 ambientes, ao contrário das variedades Caravela (G4) e Lagoão (G9), sugerindo desempenho altamente dependente do ambiente. Na Tabela 2 quando observado, a cultivar BRS Caipira, os resultados são consistentes, a cultivar apresentou os melhores resultados para a produtividade de raízes de mandioca.

Os municípios Umbaúba (Env1) e Gloria de Goitá (Env3) estão distantes do centro, sugerindo que esses ambientes têm maior influência sobre a variação na produtividade. O município de Lagarto (Env2) também está afastado, indicando uma interação forte e negativa com a variedade Lagoão (G9).

Figura 6: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de raízes (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 18 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irará, G6= Jalé, G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca,

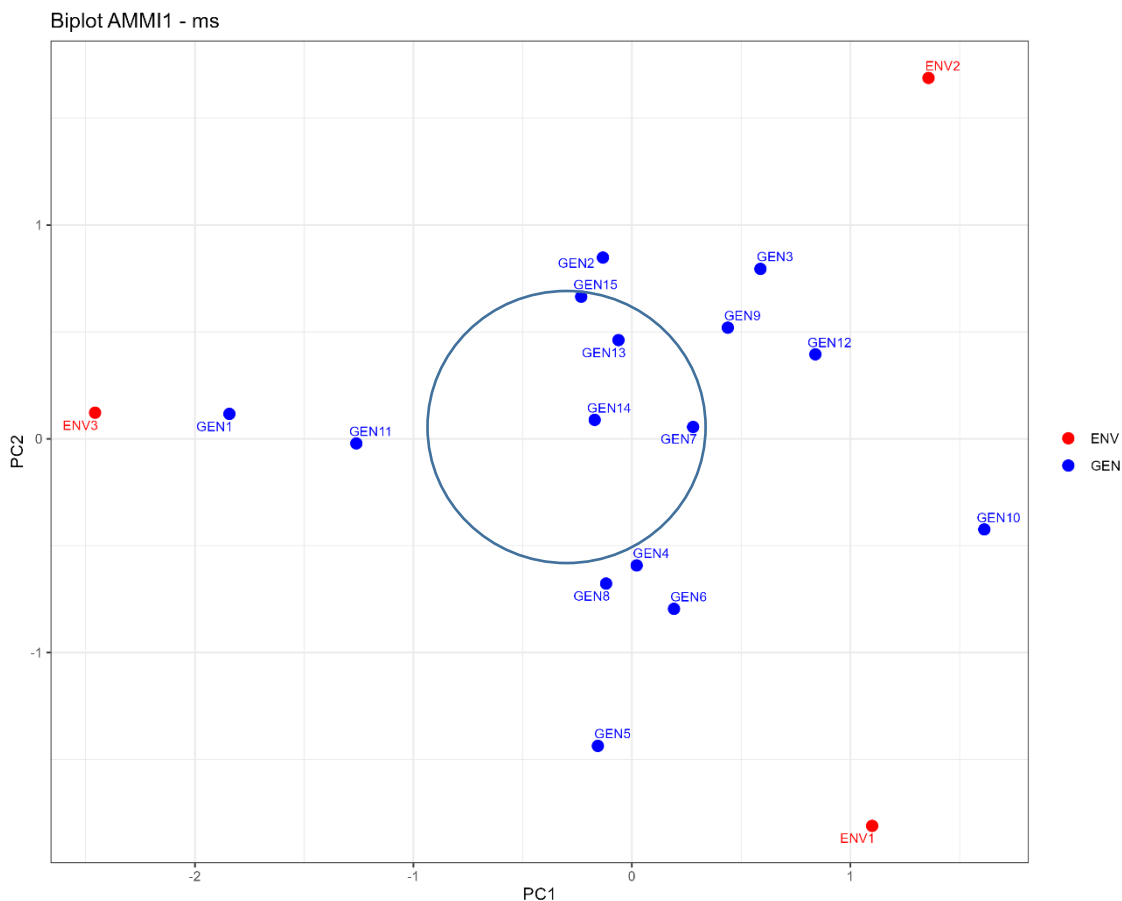
G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.



O biplot AMMI1 apresentado na Figura 7 refere-se à análise de matéria seca aos 18 meses de colheita. As variedades que apresentaram maiores estabilidade e adaptabilidade foram a Jarina (G7) e as cultivares BRS Tapioqueira (G13) a BRS Tianguá (G14). Esses genótipos apresentaram médias satisfatórias para o teor de matéria seca. As variedades que apresentaram menor estabilidade, mostrando ser as que obteve maior interação com o ambiente, ou seja, um desempenho mais dependente das condições ambientais foram Jalé (G6), Iará (G5), e a cultivar BRS Kiriris (G8).

A cultivar BRS Poti Branca (G12) se mostrou mais promissora no município de Lagarto (Env2), já para o município de Glória de Goitá (Env3), o híbrido 978313 (G1), sugerindo que este híbrido tem bom desempenho nesse ambiente para o teor de matéria seca em raízes de mandioca.

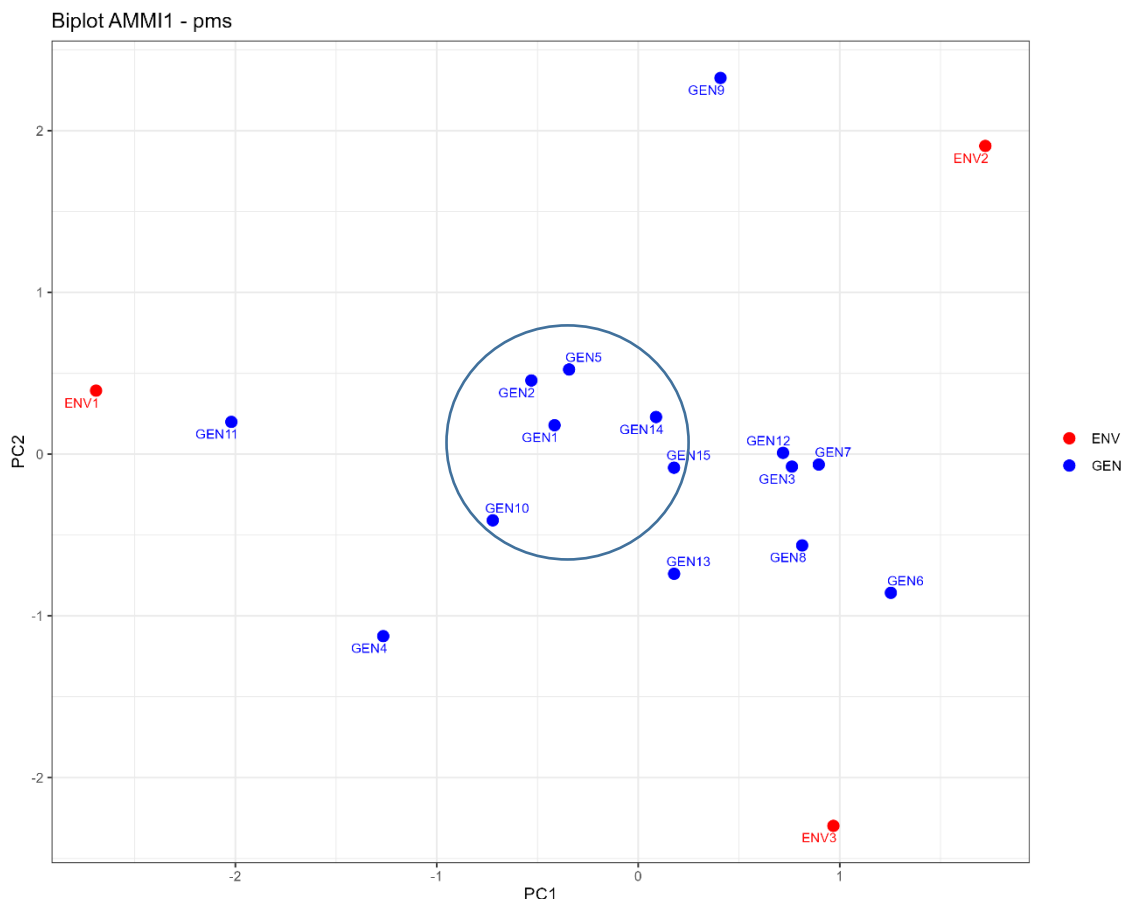
Figura 7: Biplot da análise AMMI para ensaios de teor de matéria seca (%), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 18 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.



As cultivares BRS Tianguá (G14), BRS Verdinha (G15) e o híbrido 978313 (G1) são adequados para cultivos em várias condições ambientais devido à sua estabilidade, como mostra a figura 8. Todavia, os mesmos não apresentaram médias satisfatórias de produtividade de matéria seca.

A variedade Lagoão (G9) está próximo de Lagarto (Env2), sugerindo um desempenho superior neste ambiente. Para Umbaúba, a variedade Mucuri (G11) está mais próximo do mesmo, indicando adaptação a este ambiente (Figura 8).

Figura 8: Biplot da análise AMMI para ensaios de produtividade de teor de matéria seca (t/há), em mandioca, com 15 genótipos (azul) e 3 ambientes (vermelho) na região Nordeste, Brasil, aos 18 meses de colheita. G1= Híbrido 978313, G2= Amansa Burro, G3 BRS Caipira, G4= Caravela, G5= Irapá, G6= Jalé G7= Jarina, G8= BRS Kiriris, G9= Lagoão, G10= BRS Mestiça, G11= Mucuri, G12= BRS Poti Branca, G13= BRS Tapioqueira, G14= BRS Tianguá, G15= BRS Verdinha. Env1= Umbaúba, Env2= Lagarto, Env3= Glória de Goitá.



Silva et al. (2020), concluíram em seu trabalho quando utilizou-se o modelo AMMI em sua versão bayesiana para analisar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mostarda avaliados em diferentes ambientes, que esse procedimento permitiu identificar os genótipos de maior produtividade, além de agrupar de forma homogênea os genótipos e ambientes com base nos efeitos da GEI, utilizando níveis de credibilidade como ferramenta de análise.

De modo semelhante, Paiva et al. (2023), também observaram que o modelo AMMI possibilitou identificar os genótipos e ambientes que mais contribuem

com a GEI, sugerindo o genótipo G2 sendo o mais estável. Os autores avaliaram 12 genótipos de mostarda testados em 6 ambientes.

Além disso HONGYU et al. (2015), compararam os modelos AMMI e GGE para os dados MET provenientes da empresa Criagene SK, observaram que os modelos são muito semelhantes, pois são altamente correlacionados entre si. O modelo AMMI foi considerado o melhor e explicou a maior variação com os dois primeiros componentes (87%), sendo assim, as interpretações dos gráficos Biplot são as mais corretas para representar os padrões nos dados sobre genótipos e ambientes.

Esses resultados reforçam a robustez da análise AMMI para estudos de adaptabilidade e estabilidade, proporcionando suporte estatístico confiável para a recomendação de genótipos superiores em programas de melhoramento genético

4. CONCLUSÃO

Há aumento na produtividade de raízes e produtividade do teor de matéria seca com o avanço do ciclo de cultivo.

O modelo AMMI, mostrou-se eficiente para identificar materiais com alto desempenho produtivo e estabilidade fenotípica. Entre os genótipos avaliados, destacaram-se pela maior estabilidade, Caravela (G4), Jarina (G7), BRS Tianguá (G14), BRS Caipira (G3) e BRS Verdinha (G15).

No que se refere aos ambientes, para as colheitas realizadas aos 12 meses, o município de Lagarto (Env2) apresentou maior estabilidade tanto para a produtividade de raízes quanto para a produtividade de matéria seca.

Destaca-se ainda a variedade Mucuri (G11), que apresentou adaptação específica ao ambiente de Umbaúba (Env1), reforçando a importância de considerar a adaptação local na recomendação de genótipos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHOGHO C. I; ELEBLU S. J. Y; BAKARE M. A; KAYONDO I. S; ASANTE I; PARKES E. Y; KULAKOW P; OFFEI S. K; RABBI I. Genetic variability and genotype by environment interaction of two major cassava processed products in multi-environments. **Planta Frontal Sci.** 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.974795.

AMELEWORK A. B, BAIRU M. W, MARX R, LAING M, VENTER S. L. Genotype x Environment Interaction and Stability Analysis of Selected Cassava Cultivars in South Africa. **Plants**. 29 jun 2023; 12(13):2490. <https://doi.org/10.3390/plants12132490>

ANDRADE, D. DA P; BRITO, FRED A. L. DE; CARVALHO E SÁ, M. J. B. DE; VIEIRA, M. R. DA S; BARROS JÚNIOR, A. P; SILVA, S. L. F. DA; SIMÕES, A. do N. **AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA DE MESA EM DIFERENTES IDADES DE COLHEITA**. Interciencia [en línea]. 2014, 39(10), 736-741[fecha de Consulta 8 de Octubre de 2024]. ISSN: 0378-1844. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932433010>

ARAÚJO, M. dos S; ARAGÃO, W. F. L. de; SANTOS, S. P. dos; FREITAS, T. K. T; SARAIVA, V. da C; DAMASCENO-SILVA, K. J; DIAS, L. A. dos S; ROCHA, M. de M. Evaluation of adaptability and stability for iron, zinc and protein content in cowpea genotypes using GGE biplot approach. **Heliyon**, Volume 8, Issue 12, e11832, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11832>.

BESTER, A. U., CARVALHO, I. R., DA SILVA, J. A. G., HUTRA, D. J., MOURA, N. B., LAUTENCHLEGER, F., & FERREIRA, C. D. Positioning of cassava cultivars in space management and use of biostimulant. **Agronomy Science and Biotechnology**, 6, 1-15. 2020. Doi: 10.33158/ASB.r114.v6.2020.

CARVALHO, H. W. L. DE; RANGEL, M. A. S; SANTOS, V. DA S; DE OLIVEIRA, I. R; DE PINHO, J. L. N; ALVES, M. C. S; DA SILVA, A. D. A; DE OLIVEIRA, T. R. A; RODRIGUES, C. S; CASTRO, C. R; MARQUES, M. G; MENEZES, V. M. M; DOS SANTOS, D. L; MOITINHO, A. C; DOS SANTOS, M. L. Desempenho produtivo de cultivares de mandioca no nordeste brasileiro na safra 2009/2010. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. 26 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 84).

CARVALHO, L. M. DE; DE CARVALHO, H. W. L; DE OLIVEIRA, I. R; RANGEL, M. A. S; SANTOS, V. DA S. Productivity and drought tolerance of cassava cultivars in the Coastal Tablelands of Northeastern Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.5, p. 796-801, mai, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151035>

CEBALLOS, H., KULAKOW, P., E HERSHEY, C. (2012). Cultivo de mandioca: situação atual, gargalos e potencial das ferramentas biotecnológicas. **Planta Biol**. 5, 73–87. DOI: 10.1007/s12042-012-9094-9

- CONCEIÇÃO, A. J. A mandioca. 3. ed. Cruz das Almas: Nobel, 1987. p. 327-361.
- COSMO, B. M. N. *et al.* Melhoramento da mandioca. **Revista Agronomia Brasileira**. Vol. 4. Jaboticabal. 2020. <http://dx.doi.org/10.29372/rab202009>
- CROSSA, J., PEREZ-ELIZALDE, S., JARQUIN, D., COTES, J. M., VIELE, K; LIU, G., & CORNELIUS, P. L. Bayesian estimation of the additive main effects and multiplicative interaction model. **Crop Science**, 51(4), 1458-1469, 2011. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.06.0343>
- DE OLIVEIRA, E. C., e MIGLIORANZA, É. Anatomy of cassava leaves. **European Scientific Journal**, 2, 167-171. 2014.
- DIAS, C. T. DOS S; HONGYU, K; ARAÚJO, L. B. DE; DA SILVA, M. J. C; PEÑA, M. G; ARAÚJO, M. F. C; RODRIGUES, P. C; FARIA, P. N; ALARCÓN, S. A. A Metodologia AMMI: Com Aplicação ao Melhoramento Genético. - Piracicaba: ESALQ, 2014. p. 169. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/Metodologia%20AMMI.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2024.
- DUARTE, J. B. E VENCOSKY R. Interação Genótipos X Ambientes: Uma introdução à análise “AMMI”. (Série Monografias, No 9) **Sociedade Brasileira de Genética**. Ribeirão Preto, SP – Brasil 1999.
- El-Sharkawy, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, 56, 481–501 (2004). <https://doi.org/10.1007/s11103-005-2270-7>
- FERREIRA E. B; CAVALCANTI P. P; NOGUEIRA D. A. (2021). _ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues). R package version 1.2.2, <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>.
- FUKUDA, W.M.G.; FUKUDA, C.; VASCONCELOS, O.; FOLGAÇA, J.L.; NEVES, H.P.; CARNEIRO, G.T. Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. *Bahia Agrícola*, v.7, p.27-30, 2006.
- HERAWATI, R; LESTARI, A. P; NURMEGAWATI; GANEFIANTI, D. W; ROMEIDA, A. Comparative study on the stability and adaptability of different models to develop a high-yield inbred line from landrace rice varieties. **Annals of Agricultural Sciences**. Vol. 66, N. 2, p. 184-192. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2021.12.004>.
- HONGYU, K; SILVA, F. DE L; de OLIVEIRA, A. C. S; SARTI, D. A; de ARAÚJO, L. B; DIAS, C. T. dos S. Comparação entre os modelos AMMI e GGE biplot para os

dados de ensaios multi-ambientais. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.33, n.2, p.139-155, 2015.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 27 de março de 2025.

KATSENIOS, N; SPARANGIS, P; LEONIDAKIS, D; KATSAROS, G; KAKABOUKI, I; VLACHAKIS, D; EFTHIMIADOU, A. Effect of Genotype × Environment Interaction on Yield of Maize Hybrids in Greece Using AMMI Analysis. **Agronomy**. 2021; 11(3):479. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030479>.

LESSA, L. S; LEDO, C. A. da S; SANTOS, V. da S. Seleção De Genótipos De Mandioca Com Índices Não Paramétricos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 13, nº 1, p. 1-17, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17766/1808-981X.2017v13n1p1-17>

LIN, Z., ROBINSON, H., GODOY, J., RATTEY, A., MOODY, D., MULLAN, D., et al. Genomic prediction for grain yield in a barley breeding program using genotype × environment interaction clusters. **Crop Science**. 61, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20460>

MARTINS, R. P., MASSARA, R. L. A ecologia evolutiva da plasticidade fenotípica em táxons de organismos: uma breve revisão. **Revista Helius**, 3(2, fasc. 3), 1333–1373. 2021.

MENDONÇA, H. A. DE; MOURA, G. DE M; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes épocas de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 761-769, jun. 2003.

MENEZES, J. B. DE C; CATÃO, H. C. R. M; DA COSTA, C. A; CHAUCA, M. N. C. Aspectos agronômicos e qualidade de raízes de mandioca minimamente processadas. **Revista Agrarian**. v.12, n.46, p.425-433, Dourados, 2019. [10.30612/agrarian.v12i46.8945](https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i46.8945)

MORAIS, L. K. DE SANTIAGO, A. D., CAVALCANTE, M. H. B. Phenotypic stability in cassava estimated by the AMMI analysis with supplementary genotypes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(4), 366–372. 2017. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n4a55>

MORETO, A. L., MIRANDA, M., e NEUBERT, E. de O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mandioca avaliados no Oeste de Santa

- Catarina. **Agropecuária Catarinense**, 29(3), 60–65. 2017.
<https://doi.org/10.52945/rac.v29i3.148>
- NDUWUMUREMYI, A; MELIS, R; SHANAHAN, P; THEODORE, A. Interaction of genotype and environment effects on important traits of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), **The Crop Journal**, Vol. 5, Issue 5, 2017, P. 373-386, <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.02.004>.
- OLIVEIRA, E. L. DE, OLIVEIRA, N. L. C. DE, COSTA, C. A. DA, MACÊDO, J. A. DE. Produtividade de farinha de mandioca no Norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 13, p. 01–05, 2021. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2021.36662>
- OLSEN, K.M. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. *Plant Molecular Biology*, v. 56, p. 517-526, 2004.
- PAIVA, M. V. F. DE; DE OLIVEIRA, L. A; DA SILVA, A. Q; DA SILVA, C. P; BELINE, M. L. S; MENDES, C. T. E; NUVUNGA, J. J; OLIVEIRA, W. D. Análise de adaptabilidade e estabilidade genotípica com o modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa (AMMI). **Revista Observatório De La Economia Latino Americana**. Curitiba, v.21, n.11, p. 19772-19784. 2023. DOI: 10.55905/oelv21n11-064
- PARMAR, Aditya; STURM, Barbara & HENSEL, Oliver. Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. **Food Sec.** 9, 907–927 (2017). [10.1007/s12571-017-0717-8](https://doi.org/10.1007/s12571-017-0717-8)
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15 ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- RIMOLDI, F; VIDIGAL FILHO, P. S; SCAPIM, C. A; VIDIGAL, M, C. G. Avaliação de cultivares de mandioca nos municípios de Maringá e Rolândia no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**. Vol. 25, No. 2, p. 459-465, 2003. DOI: [10.4025/actasciagron.v25i2.2058](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.2058)
- ROCHA, M. DE M; DAMASCENO-SILVA, K. J; MENEZES-JÚNIOR JÂN DE, CARVALHO, H. W. L. DE; COSTA, A. F. DA; LIMA, J. M. P. DE; SANTOS, J. F. DOS; BERTINI, C. H. C. DE M; PASSOS, A. R; MORAIS, O. M. Yield adaptability

and stability of semi-erect cowpea genotypes in the Northeast region of Brazil by REML/BLUP1. **Revista Ciência Agronômica**. 2017;48(5spe):862–71. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170102>

SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; VIDIGAL, M.C.G.; SCAPIM, C.A.; KVITSCHAL, M.V.; MAIA, R.R.; RIMOLDI, F. Effect of harvest period on foliage production and dry matter distribution in five cassava cultivars during the second plant cycle. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.49, n.6, Curitiba. nov. 2006.

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; MAIA, R. R.; KVITSCHAL, M. V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 61, n. 2, p. 115- 125, 2002.

SANTOS, A. D; E SOUSA, M. B; ALVES, A. A. C; OLIVEIRA, E. J. DE. Environmental factors influence the production of flowers and fruits of cassava. **Scientia Horticulturae**. Vol 323, 2024, 112498. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112498>

SILOTO, E. D; FERNANDES, A. M. Brotação de manivas de mandioca no sistema de propagação rápida sob diferentes níveis de adubação. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v.12, nº1, p. 15-25, 2016. <http://dx.doi.org/10.17766/1808-981X.2016v12n1p15-25>

SILVA, A. Q. DA; DE OLIVEIRA, L. A; DA SILVA, C. P; MENDES, C. T. E; DE MEDEIROS, E. S; SÁFADI, T. Application of the bayesian-AMMI model in the study of genotypic stability and adaptability in mustard data. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e166997023, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7023>

SOARES, M.R.S. **Características de variedades de mandioca em função de épocas de colheita**. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

SONNEWALD, U., FERNIE, A.R., GRUISSEM, W., SCHLÄPFER, P., ANJANAPPA, R.B., CHANG, S.-H., LUDEWIG, F., RASCHER, U., MULLER, O., VAN DOORN, A.M., RABBI, I.Y. E ZIERER, W. (2020), The Cassava Source-Sink

project: opportunities and challenges for crop improvement by metabolic engineering. **Planta J**, 103: 1655-1665. <https://doi.org/10.1111/tpj.14865>

SOUZA, M. J. L. DE; VIANA, A. E. S; MATSUMOTO, S. N; DE VASCONCELOS, R. C; SEDIYAMA, T; MORAIS, O. M. Características agronômicas da mandioca relacionadas à interação entre irrigação, épocas de colheita e cloreto de mepiquat. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.720

TERNES, M. Fisiologia da mandioca. In: CEREDA, M. P. (Coord.). Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: **Fundação Cargil**, 2002. v. 2, p. 66-82.

UBA, E; NWOBI, F. N. Genotype x Environment Interaction Effects on Yield and Related Traits of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Nigeria. **Nigerian Agricultural Journal** Vol. 53, No. 3 | pg. 342- 346. 2022

UCHENDU, K., NJOKU, D. N., IKEOGU, U. N; DZIDZIENYO, D; TONGOONA, P; OFFEI, S; EGESI, C. Genotype-by-environment interaction and stability of root mealiness and other organoleptic properties of boiled cassava roots. **Scientific Reports**. 12, 20909, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25172-8>

VIDIGAL FILHO, P. S; PEQUENO, M. G; SCAPIM, C. A; VIDIGAL, M. C. G; MAIA, R. R; SAGRILO, E; SIMON, G. A; LIMA, R. S. Avaliação de cultivares de mandioca na região Noroeste do Paraná. *Bragantia, Campinas*, 59(1), 69-75, 2000

CAPÍTULO 2: Identificação de genótipos promissores de mandioca por meio de índice de seleção

RESUMO

Os principais objetivos do programa de melhoramento genético da cultura de mandioca é aumento da produtividade de raízes, entretanto a seleção direta de características quantitativas pode ser influenciada pelo ambiente, dessa maneira, faz se necessário o uso de estratégias mais robustas, como o índice de seleção. O índice de seleção é uma ferramenta essencial no melhoramento genético, pois integra e analisa simultaneamente diversas características obtidas em uma unidade experimental. O objetivo deste estudo foi identificar os genótipos de mandioca mais promissores utilizando o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978), a fim de determinar os melhores genótipos em três municípios distintos e em duas épocas de colheita. Os experimentos foram realizados em Umbaúba/SE, Lagarto/SE e Glória de Goitá/PE, sendo realizadas as colheitas aos 12 e 18 meses. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições, com 15 genótipos de mandioca. As parcelas foram ocupadas por 40 plantas, espaçadas 1,0 x 0,6m. Os tratamentos foram compostos por 15 genótipos e foram avaliados os seguintes caracteres: produtividade de raiz, matéria seca e produtividade de matéria. Os dados foram analisados através do software R. Os genótipos Tapioqueira (Umbaúba), Lagoão (Lagarto) e 9783/13 (Glória do Goitá) são recomendados para a colheita aos 12 meses, para a colheita aos 18 meses o Híbrido 9783/13 ou Caravela (Umbaúba), BRS Caipira (Glória do Goitá) e Irará (Lagarto), com base na classificação dos genótipos pelo índice de seleção.

Palavras-chave: Índice não-paramétrico, Mulamba e Mock, Produtividade de raiz.

Identification of promising cassava genotypes by means of selection index

ABSTRACT

Os principais objetivos do programa de melhoramento genético da cultura de mandioca é aumento da produtividade de raízes, entretanto a seleção direta de características quantitativas pode ser influenciada pelo ambiente, dessa maneira, faz se necessário o uso de estratégias mais robustas, como o índice de seleção. O índice de seleção é uma ferramenta essencial no melhoramento genético, pois integra e analisa simultaneamente diversas características obtidas em uma unidade experimental. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi identificar os genótipos de mandioca mais promissores utilizando o Índice de Seleção de Mulamba e Mock, a fim de determinar os melhores genótipos em três municípios distintos e em duas épocas de colheita. Os experimentos foram realizados em Umbaúba/SE, Lagarto/SE e Glória de Goitá/PE, sendo realizadas as colheitas aos 12 e 18 meses. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições, com 15 genótipos de mandioca. As parcelas foram ocupadas por 40 plantas, espaçadas 1,0 x 0,6m. Os tratamentos foram compostos por 15 genótipos e foram avaliados os seguintes caracteres: produtividade de raiz, matéria seca e produtividade de matéria. Os dados foram analisados através do software R. Os genótipos Tapioqueira (Umbaúba), Lagoão (Lagarto) e 9783/13 (Glória do Goitá) são recomendados para a colheita aos 12 meses, para a colheita aos 18 meses o Híbrido 9783/13 ou Caravela (Umbaúba), BRS Caipira (Glória do Goitá) e Iará (Lagarto), com base na classificação dos genótipos pelo índice de seleção.

Key words: Selection gain, Mulamba and Mock index, Root productivity.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) também conhecida como aipim e macaxeira é uma planta alimentícia tradicionalmente cultivada em grande escala devido ao seu alto rendimento, sendo amplamente cultivada em diversas regiões da África, Ásia e América, onde desempenha um papel crucial na segurança alimentar e na economia local (Huiyu et al., 2024). No Brasil, a estimativa para a produção de raízes em 2024 é de 18 milhões de toneladas numa área de 1,25 milhões de hectares total (IBGE, 2024).

A mandioca tem grande potencial para reduzir a pobreza rural e promover o desenvolvimento econômico, devido à sua capacidade de produzir bem em condições adversas com poucos insumos (Droppelmann et al., 2018). A cultura é plantada em todos os estados do Brasil, geralmente, 40% das raízes são usadas para a produção de farinha, 20% para a produção de amido, e o restante é destinado ao consumo como mandioca de mesa e para a alimentação animal (EMBRAPA, 2024).

Os objetivos do melhoramento genético da mandioca têm produzido diversas variedades que visam aumentar a produtividade, melhorar a resistência a doenças, acelerar o crescimento e aprimorar o valor nutricional para o consumo humano (Chisenga et al., 2019). Porém, a seleção direta de características quantitativas pode ser fortemente influenciada pelo ambiente, resultando em efeitos indesejados, como alterações negativas em outras características importantes, comprometendo, assim, o equilíbrio e o progresso genético do material selecionado (Vasconcelos et al., 2010).

Por serem influenciadas pelo ambiente, a seleção dessas características requer estratégias mais robustas, como o uso de índices de seleção, para garantir que o progresso genético seja efetivo e equilibrado. O índice de seleção é uma ferramenta essencial no melhoramento genético, pois integra e analisa simultaneamente diversas informações obtidas em uma unidade experimental. Essa abordagem permite identificar genótipos promissores com base em um conjunto de características de interesse, oferecendo uma seleção mais eficiente e equilibrada (Sampaio Filho, 2018; Nascimento et al., 2020). Ao considerar múltiplos atributos de forma integrada, o índice otimiza a escolha dos melhores genótipos.

Mulamba e Mock (1978) desenvolveram um índice de seleção que classifica os genótipos com base no desempenho de cada característica avaliada. Em seguida, os valores de classificação (ranks) de todas as características são somados para cada genótipo. Nesse método, quanto menor for a soma das classificações, melhor será a posição do genótipo no processo de seleção, indicando maior equilíbrio e desempenho geral nas características avaliadas.

Estudos utilizando índices de Mulamba e Mock (1978) têm sido realizados com sucesso e indicados como sendo o que proporcionou melhor resultado para seleção de genótipos superiores para diferentes culturas, como amendoim rasteiro (Ramos et al., 2022), soja (Bizari et al., 2017; Gastl Filho et al., 2022), eucalipto (Baesso et al., 2024) e batata doce (Vargas et al., 2020).

O objetivo deste estudo foi identificar os genótipos de mandioca mais promissores utilizando o Índice de Seleção de Mulamba e Mock (1978), que integra e avalia múltiplas características agrônômicas, a fim de determinar os melhores genótipos em três municípios distintos e em duas épocas de colheita (12 e 18 meses), fornecendo subsídios para a recomendação de materiais genéticos com alto desempenho produtivo e eficiência no sistema de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

Os dados de produtividades de raízes de mandioca foram coletados nos anos agrícolas de 2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010, nos municípios de Umbaúba, Lagarto e Glória do Goitá em duas épocas de colheita (12 e 18 meses após o plantio).

Os municípios de Umbaúba e Lagarto possuem solo do tipo latossolo amarelo coeso de textura média. Ambas as microrregiões estão localizadas no estado de Sergipe, inseridos em áreas de Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro, onde predominam temperaturas médias de 26° C e precipitações oscilando entre 1.500 mm a 2.000 mm por ano, com forte estação seca de quatro meses.

O município de Glória do Goitá encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, no estado de Pernambuco, possui solo do tipo

planossolos de textura argilosa, com precipitação de 1.284 mm, temperatura média anual de 23,8 °C, e seus meses chuvosos variam entre abril a julho.

Os dados de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%), temperaturas máxima e mínima (°C), obtidos durante o período do experimento realizados em Umbaúba e Lagarto, estão apresentados na Figura 1 e Glória de Goitá na Figura 2.

Figura 1: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2007 a dezembro de 2009 pela estação meteorológica INMET. Umbaúba e Lagarto, Estado de Sergipe, 2024.

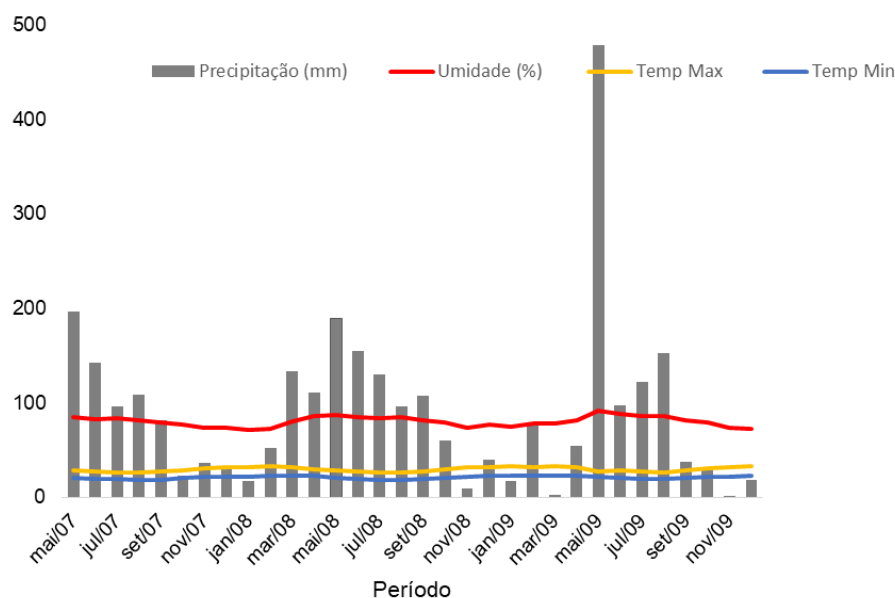
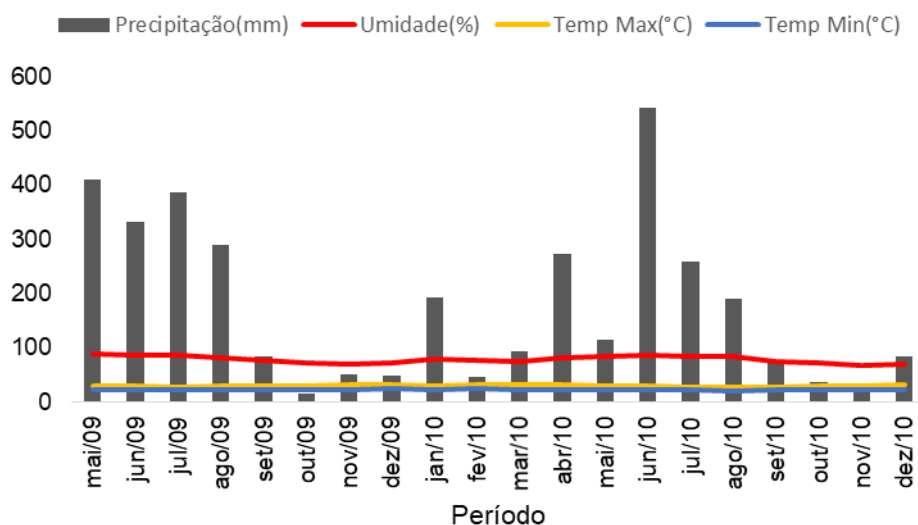


Figura 2: Médias mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperaturas máximas e mínimas, coletadas no período de maio de 2009 a dezembro de 2010 pela estação meteorológica INMET. Glória de Goitá, Estado de Pernambuco, 2024.



2.2 Delineamento experimental e variáveis avaliadas

Foram analisados 15 genótipos de mandioca (Tabela 1), sendo um híbrido (9783/13), oito cultivar (BRS Caipira, BRS Jarina, BRS Kiriris, BRS Mestiça, BRS Poiti Branca, BRS Tapioqueira, BRS Tianguá e BRS Verdinha) e seis variedades (Amansa Burro, Caravela, Irará, Jalé, Lagoão e Mucuri). Utilizando delineamento experimental em blocos completos casualizados com três repetições. Cada local e época de colheita foram considerados ambientes distintos, totalizando seis ambientes (aos 12 meses - Umbaúba/SE/2008, Lagarto/SE/2009 e Glória de Goitá/PE/2010; e aos 18 meses - Umbaúba/SE/2008, Lagarto/SE/2009 e Glória de Goitá/PE/2010).

Os plantios ocorreram entre os meses de maio e junho de cada ano agrícola. As parcelas consistiram de quatro fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas 1 m entre si e 0,6 m entre covas nas fileiras, totalizando 24 m² de área total, ocupada com 40 plantas, o que possibilitou uma densidade estimada de 16.666 plantas por hectare. As manivas, com tamanho médio de 20 cm, foram plantadas horizontalmente em sulcos com aproximadamente 10 cm de profundidade. Na colheita foram retiradas as duas fileiras centrais de forma integral, correspondendo a uma área útil de 12 m². A adubação foi realizada de acordo com

o resultado da análise de solo de cada área experimental. Os genótipos provieram do programa de melhoramento da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Tabela 1: Identificação dos 15 genótipos de mandioca, avaliados em Umbaúba, Lagarto e Gloria do Goitá nos anos de 2007/2008, 2008/2009 e 2009/2010

Genótipos de mandioca	Grupo	Uso
9783/13	Brava	Farinha
Amansa Burro	Brava	Farinha
BRS Caipira	Brava	Farinha
Caravela	Brava	Farinha
Irará	Brava	Farinha
Jalé	Brava	Farinha
BRS Jarina	Brava	Farinha
BRS Kiriris	Mansa	Misto
Lagoão	Brava	Farinha
BRS Mestiça	Brava	Farinha
Mucuri	Brava	Farinha
BRS Poti Branca	Brava	Farinha
BRS Tapioqueira	Brava	Farinha
BRS Tianguá	Mansa	Misto
BRS Verdinha	Brava	Farinha

Foram analisados os seguintes caracteres:

Produtividade média de raízes tuberosas: expressa em $t \cdot ha^{-1}$, obtida pela pesagem das raízes de todas as plantas da parcela útil da parcela experimental.

Teor de matéria seca: expresso em %, obtido a partir de uma amostra de 5 kg de raízes tuberosas coletada em cada parcela experimental, conforme método descrito por Conceição (1987).

Produtividade de matéria seca: expressa em $t.ha^{-1}$, foi obtida a partir do teor de matéria seca e da produtividade de raízes.

2.3 Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos ao teste F da análise de variância para cada um dos locais em cada época de colheita. As médias dos genótipos foram agrupados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, por meio do software R. As médias dos genótipos foram utilizadas na aplicação do índice de seleção na seguinte fórmula: $IMM = \sum nij$ descrito por Mulamba e Mock (1978).

No qual IMM é o índice de soma de classificação, e “n” é o número de classificação do genótipo i com relação ao caráter j.

Em seguida, procedeu-se à classificação dos genótipos com base nas médias ajustadas. Para cada genótipo foi calculada a soma dos números relativos à sua classificação de acordo com o índice de soma de classificação, evidenciando o potencial agrônômico dos melhores genótipos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores médios das variáveis em estudo juntamente com seus respectivos índices de seleção no município de Umbaúba na safra 2007/2008. O índice de soma de classificação, conforme proposto por Mulamba e Mock (1978), é calculado com base nos valores absolutos, atribuindo-se o ranking 1 ao genótipo com a maior média para cada variável, representando assim o melhor desempenho. Além disso, os valores do Índice de Mulamba e Mock (IMM), calculados com base na soma das classificações das variáveis, são apresentados para cada período.

Tabela 2: Valores médios para as variáveis produtividade de raiz ($t.ha^{-1}$), teor de matéria seca (%) e produtividade de matéria seca ($t.ha^{-1}$); classificação dos

genótipos entre parênteses e Índice de Mulamba e Mock (Imm) para a safra 2007/2008, na região de Umbaúba

Genótipos	Prod. de raiz		Teor de matéria seca		Prod. de matéria seca		Imm	
	12 Meses	18 Meses	12 Meses	18 Meses	12 Meses	18 Meses	12 Meses	18 Meses
BRS Tapioqueira	51.13(1)	47.60(6)	37.33(2)	34.66(13)	19.11(1)	16.43(13)	4(1)	22(6)
BRS Caipira	42.76(2)	37.73(13)	39.00(1)	33.00(3)	16.69(2)	12.50(3)	5(2)	19(4)
Irará	42.66(3)	45.66(7)	36.00(8)	37.00(5)	15.37(3)	16.89(5)	14(3)	17(3)
Lagoão	42.16(4)	50.06(4)	36.00(10)	35.66(9)	15.18(4)	17.89(9)	18(4)	22(7)
BRS Mestiça	42.16(5)	37.43(14)	35.00(13)	32.66(10)	14.75(6)	12.21(10)	24(8)	34(13)
BRS Jarina	42.03(6)	44.23(9)	35.67(11)	32.00(7)	15.11(5)	14.20(7)	22(6)	23(8)
9783/13	39.00(7)	45.33(8)	36.00(7)	37.00(1)	14.04(7)	16.79(1)	21(5)	10(1)
BRS Tianguá	37.50(8)	52.76(3)	34.33(15)	29.33(14)	12.87(10)	15.51(14)	33(12)	31(12)
BRS Verdinha	36.43(9)	43.00(11)	37.00(5)	34.50(15)	13.48(8)	14.86(15)	22(7)	41(15)
BRS Poti Branca	35.66(10)	55.56(1)	36.66(6)	32.66(12)	13.10(9)	18.20(12)	25(9)	25(10)
BRS Kiriris	33.90(11)	43.36(10)	36.00(9)	29.66(8)	12.22(11)	12.86(8)	31(10)	36(14)
Amansa Burro	32.00(12)	35.00(15)	35.33(12)	35.33(2)	11.31(12)	12.36(2)	36(14)	19(5)
Mucuri	30.00(13)	48.06(5)	34.33(14)	32.33(11)	10.30(14)	15.65(11)	41(15)	27(11)
Jalé	27.93(14)	42.83(12)	37.00(4)	30.66(6)	10.32(13)	13.13(6)	31(11)	24(9)
Caravela	26.86(15)	53.20(2)	37.00(3)	28.66(4)	9.94(15)	15.06(4)	33(13)	10(2)

Por exemplo, a cultivar BRS Tapioqueira, primeiro classificado pelo índice em questão aos 12 meses, foi o de melhor (maior) nota quanto a produtividade de raiz, e por isso, a ele foi atribuído o número de classificação 1; com relação ao teor de matéria seca, essa cultivar foi classificado em segundo (posto 2), e para a variável produtividade de matéria seca, o seu posto foi de 1. Dessa forma, o valor do índice dessa cultivar é obtido somando-se esses postos, conforme pode ser visto na tabela 2. Esse resultado demonstra a vantagem do índice de Mulamba e Mock em integrar diferentes caracteres de interesse agrônomo, permitindo uma seleção equilibrada entre produtividade e qualidade industrial.

Com relação aos 18 meses de colheita, na variável produtividade de raiz, a cultivar BRS Poti Branca foi a primeira colocada no índice, seguida por Caravela com média de 53,20 t.ha⁻¹, apresentando alto desempenho para o caráter avaliado. No que diz respeito ao teor de matéria seca, o híbrido 978313 foi o primeiro colocado, seguido por Amansa Burro e BRS Caipira, com média de 35,33% e 33,00%, respectivamente. E, para a variável produtividade de matéria seca o híbrido 978313 o seu posto foi de 1, seguido por Amansa Burro com média de 12,36 t.ha⁻¹. Desse modo, a classificação dos genótipos apresentado em cada variável aos 18 meses pelo somatório são os genótipos 9783-13 e Caravela, demonstram boa adaptação e estabilidade aos para este período de colheita.

Esses resultados confirmam a eficiência prática do índice de utilizado, uma vez que ele permite priorizar genótipos que apresentam desempenho equilibrado em múltiplas características, o que é essencial para culturas de importância alimentar e industrial como a mandioca. Conforme Sampaio Filho (2018), que utilizou o mesmo índice para seleção de genótipos de mandioca adaptados à região litorânea do Ceará, a metodologia se mostrou de fácil aplicação, confiável e extremamente útil para auxiliar os programas de melhoramento na tomada de decisão, principalmente quando se busca atender simultaneamente a vários objetivos agrônomo.

Na Tabela 3 está apresentado os valores médios das variáveis estudadas juntamente com seus respectivos índices de seleção conforme proposto por Mulamba e Mock (1978) no município de Lagarto na safra 2008/2009.

Tabela 3: Valores médios para as variáveis produtividade de raiz (t.ha-1), teor de matéria seca (%) e produtividade de matéria seca (t.ha-1); classificação dos genótipos entre parênteses e Índice de Mulamba e Mock (Imm) para a safra 2008/2009, na região de Lagarto

Genótipos	Prod. de raiz		Teor de matéria seca		Prod. de matéria seca		Imm	
	12 Meses	18 Meses	12 Meses	18 Meses	12 Meses	18 Meses	12 Meses	18 Meses
BRS Tapioqueira	37.33(4)	62.00(6)	36.00(7)	38.00(1)	13.42(4)	23.56(3)	15(5)	10(1)
BRS Caipira	39.33(2)	74.66(4)	35.33(8)	34.66(6)	13.87(3)	21.73(5)	13(3)	15(4)
Irará	38.00(3)	87.00(1)	36.66(3)	33.66(10)	13.95(2)	29.28(1)	8(2)	12(3)
Lagoão	41.00(1)	61.66(7)	37.00(2)	34.66(7)	15.17(1)	21.37(6)	4(1)	20(6)
BRS Mestiça	36.66(5)	62.66(5)	35.33(10)	31.66(13)	12.98(6)	19.84(8)	21(6)	26(8)
BRS Jarina	34.00(8)	50.00(11)	35.00(13)	32.00(12)	11.91(9)	16.02(12)	30(9)	35(14)
9783/13	35.00(7)	74.66(2)	37.33(1)	31.33(14)	13.06(5)	23.25(4)	13(4)	20(7)
BRS Tianguá	31.00(12)	40.00(14)	33.33(15)	32.66(11)	10.32(13)	13.07(14)	40(15)	39(15)
BRS Verdinha	36.33(6)	45.00(12)	35.33(12)	36.00(4)	12.85(7)	16.19(11)	25(8)	27(9)
BRS Poti Branca	33.33(10)	69.33(3)	33.66(14)	35.00(5)	11.22(11)	24.26(2)	35(13)	10(2)
BRS Kiriris	29.33(13)	59.00(8)	36.00(6)	30.00(15)	10.58(12)	17.62(9)	31(10)	32(11)
Amansa Burro	33.33(9)	33.00(15)	36.00(5)	37.33(2)	12.03(8)	12.33(15)	22(7)	32(12)
Mucuri	31.66(11)	50.3 3(10)	35.33(11)	34.00(9)	11.24(10)	17.11(10)	32(11)	29(10)
Jalé	26.00(14)	44.00(13)	35.33(9)	34.00(8)	9.20(14)	14.98(13)	37(14)	34(13)
Caravela	18.66(15)	58.00(9)	36.33(4)	36.33(3)	6.79(15)	21.06(7)	34(12)	19(5)

BRS Tapioqueira	38.00(2)	55.00(2)	38.00(13)	32.00(12)	14.44(2)	17.59(2)	17(3)	16(4)
BRS Caipira	27.66(7)	61.03(1)	32.00(3)	35.66(3)	8.90(13)	21.81(1)	23(8)	5(1)
Irará	27.33(8)	47.76(4)	37.33(5)	32.33(10)	10.20(8)	15.43(5)	21(7)	19(6)
Lagoão	26.33(11)	46.66(5)	38.66(9)	36.00(1)	10.19(9)	16.79(3)	29(12)	9(2)
BRS Mestiça	21.50(14)	38.33(10)	38.33(10)	33.66(8)	8.22(14)	12.95(9)	28(11)	27(9)
BRS Jarina	24.50(13)	31.96(14)	37.33(7)	32.66(9)	9.13(12)	10.44(14)	32(13)	47(15)
9783/13	37.33(3)	54.16(3)	37.33(1)	30.33(13)	13.97(3)	16.44(4)	7(1)	20(7)
BRS Tianguá	42.36(1)	41.66(9)	38.00(14)	29.00(15)	16.05(1)	12.07(11)	16(2)	35(12)
BRS Verdinha	26.83(10)	41.94(8)	36.66(15)	35.33(4)	9.84(10)	14.81(7)	35(15)	19(5)
BRS Poti Branca	27.33(9)	36.66(12)	38.33(12)	32.00(11)	10.47(7)	11.73(13)	28(10)	36(13)
BRS Kiriris	30.33(6)	44.73(6)	36.66(8)	29.33(14)	11.11(5)	13.11(8)	19(5)	28(10)
Amansa Burro	19.16(15)	28.86(15)	37.66(2)	34.00(7)	7.22(15)	9.82(15)	32(14)	37(14)
Mucuri	32.00(4)	42.00(7)	35.33(11)	36.00(2)	11.31(4)	15.12(6)	19(6)	15(3)
Jalé	31.33(5)	37.33(11)	33.66(6)	34.66(5)	10.59(6)	12.92(10)	17(4)	26(8)
Caravela	25.00(12)	35.00(13)	38.33(4)	34.33(6)	9.58(11)	12.01(12)	27(9)	31(11)

O híbrido 9783/13 foi o primeiro classificado pelo índice utilizado aos 12 meses, foi o terceiro de melhor nota (posto 3) quanto a produtividade de raiz, com média de 37,33 t.ha⁻¹, sendo o primeiro colocado, a cultivar BRS Tianguá, em média 42,36 t.ha⁻¹; com relação ao teor de matéria seca, esse híbrido foi classificado em primeiro (posto 1), e para a variável produtividade de matéria seca, o seu posto foi de 3. Dessa forma, o valor do índice desse híbrido foi de 7, obtido somando-se esses os postos das variáveis analisadas.

Com relação a colheita realizada aos 18 meses, o melhor índice de seleção obtido foi a do cultivar BRS Caipira, com somatório de 5. Sendo o primeiro colocado para a produtividade de raiz, com 61,03 t.ha⁻¹, seguido por BRS Tapioqueira e o

híbrido 9783/13, com média de 55,00 e 54,16 t.ha⁻¹, respectivamente; para a variável teor de matéria seca, BRS Caipira apresentou a terceira melhor média (posto 3), com 35,33%; para a produtividade de raiz a cultivar apresentou a melhor classificação (posto 1), em média 21,81 t.ha⁻¹.

O genótipo amansa burro e jarina apresentaram os piores desempenhos gerais, aos 12 meses com somatório do índice Imm de 32 e aos 18 meses com índice Imm de 47, respectivamente.

Oliveira et al. (2022), buscando selecionar genótipos promissores de mandioca para o Amazonas por meio de índice de seleção com estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos, observaram que o índice de classificação de Mulamba e Mock (1978) possibilitou bons ganhos de seleção para os caracteres avaliados, sendo eficiente para selecionar 25 genótipos de mandioca mansa e 16 da brava, confirmando sua aplicabilidade em diferentes grupos varietais.

De forma semelhante, Lessa et al. (2017), utilizaram o índice de soma de ranks e observaram que as cultivares BRS Tapioqueira, BRS Caipira e BRS Kiriris ocuparam, respectivamente, as três primeiras posições de ranqueamento, seguidas por BRS Poti Branca, o híbrido 9783-13 e a BRS Verdinha. O estudo buscou correlacionar diferentes métodos de seleção não paramétricos e concluiu que os índices utilizados apresentaram alta concordância entre si, reforçando a robustez do índice de Mulamba e Mock para aplicações práticas na seleção de genótipos.

A seleção multivariada por meio de índices oferece vantagens importantes, como o equilíbrio dos ganhos entre múltiplas características, além de facilitar a sistematização, interpretação e tomada de decisão nos programas de melhoramento. Como destacado por Vargas et al. (2020), a utilização de índices de seleção promove ganhos equilibrados e acelera o processo de lançamento de novas cultivares, contribuindo para a eficiência do processo de seleção em culturas de importância econômica.

Além disso, Gomes et al. (2018) demonstraram que, em estudos com feijão-vagem, o índice de soma de postos de Mulamba e Mock apresentou a melhor distribuição de ganhos entre as características avaliadas e os maiores coeficientes de coincidência quando comparado a métodos baseados em REML/BLUP, reforçando sua aplicabilidade em diversas espécies.

Costa et al. (2004) também observaram resultados consistentes ao utilizar o índice de Mulamba e Mock em programas de melhoramento de soja. Segundo os autores, o método foi o mais adequado nas condições estudadas, proporcionando ganhos superiores em relação a outros índices avaliados.

4. CONCLUSÃO

A escolha do genótipo mais produtivo depende do tempo de colheita.

Para colheitas precoces (12 meses): Tapioqueira (Umbaúba), Lagoão (Lagarto) e 9783/13 (Glória do Goitá).

Para colheitas tardias (18 meses): Híbrido 9783/13 ou Caravela (Umbaúba), BRS Caipira (Glória do Goitá) e Irapá (Lagarto).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Roma, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

BAESSO, G; PAIXÃO, C. F; SANTOS, G. A. DOS; DE SOUZA, G. A. DE; CANAL, G. B; PIMENTA, T. M; CAIAFA, K. F; LORENZONI, A. P; Early selection of eucalyptus hybrids tolerant to water deficit, pests, and diseases. **Revista Arvore**. 2024; 48:e4818. <https://dx.doi.org/10.53661/1806-9088202448263765>

BIZARI, E. H.; VAL, B. H. P.; PEREIRA, E. DE M.; DI MAURO, A. O.; UNÊDA TREVISOLI, S. H. Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, p.110- 117, 2017. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170012>

CARVALHO, H. W. L. DE; RANGEL, M. A. S; SANTOS, V. DA S; PINHO, J. L. N. DE; SILVA, A. D. A. DA; MENEZES, V. M. M. (2013). Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para os rendimentos de raízes e amido em duas microrregiões produtoras no estado de Sergipe: Safra 2008/2009. Disponíveis em: ADAPTABILIDADE-E-ESTABILIDADE077-melhoram-20671-RANGEL.pdf (embrapa.br). Acesso em: 31 de maio de 2024.

COSTA, M. M; DI MAURO, A. O; UNÊDA-TREVISOLI, S. H; ARRIEL, N. H. C; BÁRBARO, I. M; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.

CHIPETA, M. M; MELIS, R; SHANAHAN, P; SIBIYA, J; BENESI, I. R. M. Genotype X Environment Interaction And Stability Analysis Of Cassava Genotypes At Different Harvest Times. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, 27(3), Page: 901-919. 2017.

CHISENGA S. M, WORKNEH T. S, BULTOSA G, ALIMBI B. A. Progress in research and applications of cassava flour and starch: a review. **Journal of Food Science and Technology**. 56(6):2799-2813, 2019. DOI: 10.1007/s13197-019-03814-6.

CRUZ, C.D. et al. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989

Droppelmann, K; Günther, P; Kamm, F; Rippke, U; Voigt, C; Walenda B. Cassava, the 21st century crop for smallholders? Exploring innovations along the livelihood-value chain nexus in Malawi. **Sle Publication Series** - S 274. Berlin. 2018.

EBERHART, S. A. e RUSSEL, W. A.. Parâmetros de estabilidade para comparar variedades. **Crop Sci**. 6 : 36 - 40 . 1966

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca**. Disponível em: Mandioca - Portal Embrapa. Acesso em: 01 de maio de 2024.

GASTL FILHO, J., HAMAWAKI, O. T., NOGUEIRA, A. P. O., SILVA, C. O. DA ., HAMAWAKI, R. L., & HAMAWAKI, C. D. L.. (2022). Genetic parameters and selection strategies for soybean progenies aiming at precocity and grain productivity. **Ciência e Agrotecnologia**, 46, e004322, 2022. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246004322>

GOMES, A. B. S; OLIVEIRA, T, R. A; CRUZ, D. P; GRAVINA, G. A; DAHER, R. F; ARAÚJO, L. C; ARAÚJO, K. C. Genetic gain via REML/BLUP and selection indices in snap bean. **Horticultura Brasileira** 36: 195-198, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180208>

HERAWATI, R; LESTARI, A. P; NURMEGAWATI; GANEFIANTI, D. W; ROMEIDA, A. Comparative study on the stability and adaptability of different models to develop a high-yield inbred line from landrace rice varieties. **Annals of Agricultural**

Sciences. Vol. 66, N. 2, p. 184-192. 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.aoas.2021.12.004>.

Huiyu, L; Zhang, j; Shan, R; Yuan, H; Chen, Y. Mechanistic insights into Ga-modified hollow ZSM-5 catalyzed fast pyrolysis of cassava residue. **Energy**, Volume 295, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131068>.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (2024)**. Disponível em: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Acesso em: 01 de maio de 2024.

KANOONI, H; FARAYEDI, Y; SAEID, SABAGHPOUR, S. H. Stability Analyses for Seed Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes in the Western Cold Zone of Iran. **Journal of Agricultural Science**; Vol. 7, No. 5; pp. 219-230. 2015 .
<http://dx.doi.org/10.5539/jas.v7n5p219>

Leite, W. de S., Unêda-Trevisoli, S. H., Silva, F. M. da ., Silva, A. J. da ., & Mauro, A. O. D.. Identification of superior genotypes and soybean traits by multivariate analysis and selection index. **Revista Ciência Agronômica**, 49(3), 491–500, 2018.
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180056>

LESSA, L. S; LEDO, C. A. DA. S; SANTOS, V. DA S. Seleção de genótipos de mandioca com índices não paramétricos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 13, nº 1, p. 1-17, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.17766/1808-981X.2017v13n1p1-17>

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988

MORETO, A. L., MIRANDA, M., & NEUBERT, E. de O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mandioca avaliados no Oeste de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, 29(3), 60–65. 2017.
<https://doi.org/10.52945/rac.v29i3.148>

MULAMBA, N. N; MOCK, J. J. Improvement of potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal Genetics and Cytology**, 7:40-51, 1978.

NASCIMENTO, M; FERREIRA, A; FERRÃO, R. G; CAMPANA, A. C. M; BHERING, L. L; CRUZ, C. D; FERRÃO, M. A. G; FONSECA, A. F. A. da. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, v.45, p.41-48, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000100006.

NASCIMENTO, M; CRUZ, C. D; CAMPANA, A. C. M; TOMAZ, R. S; SALGADO, C. C; FERREIRA, R. de P. Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.263-269, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000300007.

NASCIMENTO, M. V; ÁVILA, M. C. R; TARAZI, M. F. DE A; NOGUEIRA, A. P. O; CAMPOS, L. F. C; NASCIMENTO, A. DOS R. Identification of promising tomato breeding lines with determinate growth by selection index. **Advances in Horticultural Science**, 2020 34(3): 337347. DOI: 10.13128/ahsc7814

NDUWUMUREMYI, A; MELIS, R; SHANAHAN, P; TEODORO, A. Interaction of genotype and environment effects on important traits of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **THE CROP JOURNAL**. Vol. 5, p. 373 – 386. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2017.02.004>.

OLIVEIRA, I. J. de; BARRETO, J. F; MENEGHETTI, G. A. **Seleção de genótipos superiores de mandioca para o Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2022. PDF 18p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-2457; 42).

RAMOS, J. P. C; Cavalcanti, J. J. V; Freire, R. M. M; Silva, C. R. C. DA; Silva, M. DE F. C. DA; Santos, R. C. DOS. Selection indexes and economic weights applied to runner-peanut breeding. Campina Grande, Paraíba. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. v.26, n.5, p.327-334, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n5p327-334>

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão do estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p.97-107, 2000.

UBA, E; NWOBI, F. N. Adaptability and Phenotypic Stability of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Genotypes: AMMI Analytical Procedure. **Nigerian Agricultural Journal** Vol. 53, No. 2 | pg. 356-364. 2022.

VARGAS, PF; OTOBONI, MEF; LOPES, BG; PAVAN, BE. 2020. Prediction of genetic gains through selection of sweet potato accessions. **Horticultura Brasileira** 38: 387-393. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536202004008>

VASCONCELOS E.S., FERREIRA R.P., CRUZ C.D., MOREIRA A., RASSINI J.B., FREITAS A.R. Estimates of genetic gain by different selection criteria in alfalfa genotypes. **Rev. Ceres**, 57(2): 205-210. 2010.

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Pflanzenzuchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.