

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

**PATRIMÔNIO GENÉTICO DO INHAME (*Dioscorea ssp.*) EM
ANGOLA: AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA E
MULTIPLICAÇÃO DE TÚBERAS-SEMENTES**

ROSALINA ESPERANÇA DA SILVA CARLOS

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
SETEMBRO - 2024**

**PATRIMÔNIO GENÉTICO DO INHAME (*Dioscorea ssp.*) EM ANGOLA:
AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA E MULTIPLICAÇÃO DE
TÚBERAS-SEMENTES**

ROSALINA ESPERANÇA DA SILVA CARLOS

MSc. em Recursos Genéticos Vegetais

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2019

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutora em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientadora: Prof^ª Dr^a Simone Alves Silva

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha
Moreira

Coorientadora: Prof^ª Dr^a Sandra Domingos João
Afonso

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

SETEMBRO - 2024


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

**PATRIMÔNIO GENÉTICO DO INHAME (*Dioscorea ssp.*) EM ANGOLA:
AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA E MULTIPLICAÇÃO DE
TÚBERAS-SEMENTES**

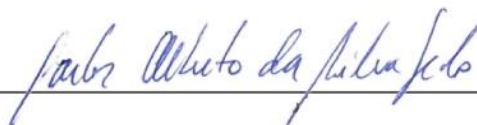
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE

ROSALINA ESPERANÇA DA SILVA CARLOS

Aprovada em 11 de Setembro de 2024

Documento assinado digitalmente
 **SIMONE ALVES SILVA**
Data: 11/02/2025 18:58:48-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Simone Alves Silva
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Interno (Orientadora)



Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Interno



Profa. Dra. Adriana Rodrigues Passos
Universidade Estadual de Feira de Santana- UEFS
Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 **HELLEN CRISTINA DA PAIXÃO MOURA**
Data: 11/02/2025 18:40:12-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Hellen Cristina da Paixão Moura
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Interno



Prof. Dr. Diego Fernando Marmolejo Cortes
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia- UFRB
Examinador Interno

FICHA CATALOGRÁFICA

C284p

Carlos, Rosalina Esperança da Silva.

Patrimônio genético do inhame (*Dioscorea* spp.) em Angola: avaliação da diversidade genética e multiplicação de túberas-sementes / Rosalina Esperança da Silva Carlos. – Cruz das Almas, BA, 2024.

98f.; il.

(Tese) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Doutorado em Ciências Agrárias.

Orientadora: Prof. Dra. Simone Alves Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira.

Coorientadora: Prof. Dra. Sandra Domingos João Afonso.

1.Inhame – Cultivo – Diversidade vegetal. 2.Inhame – *Dioscorea* spp – Variabilidade genética. 3.Angola – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 635.23

DEDICATÓRIA

À minha família, fonte inesgotável de amor, apoio e inspiração. Cada conquista nesta jornada é um reflexo do suporte incondicional que vocês me proporcionaram ao longo dos anos.

Aos meus orientadores, cuja sabedoria, orientação e paciência tem sido fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa. Suas mentorias moldam não apenas este trabalho, mas também o meu percurso acadêmico.

Por fim, dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam no poder transformador da educação e da pesquisa.

Cantem louvores ao Senhor, pois ele tem feito coisas gloriosas, sejam elas conhecidas em todo o mundo.

Isaías 12:5

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta jornada acadêmica marca um capítulo significativo em minha vida, e não poderia ter chegado a esta etapa sem Deus, a fonte inesgotável de força, sabedoria e bênçãos que me guiou durante essa árdua, porém gratificante, caminhada.

À Universidade Federal de Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de ingresso no Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias e consequente realização do curso de Doutorado.

Ao Professor Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança, ex-coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias por toda disponibilidade e apoio.

Ao Professor Dr. Júlio César de Azevedo Nóbrega, coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias por sua simplicidade e paixão pela ciência que serviu como inspiração na busca de novos desafios e a contribuir para o avanço da área de Ciências Agrárias.

Ao Instituto Superior Politécnico do Cuanza-Sul por ser parte deste processo.

À Fazenda Esperança, pela infraestrutura concedida para a realização do trabalho.

Aos meus amados pais, Maneco Carlos e Teresa Domingos, pilares fundamentais da minha vida e alicerces inabaláveis da minha trajetória acadêmica.

Aos meus queridos irmãos por toda força e motivação.

Ao meu amado esposo por todo carinho e companheirismo.

À minha família, agradeço por seu amor incondicional, apoio constante e compreensão durante os desafios que tenho enfrentado ao longo deste caminho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

À minha orientadora, Professora Dra. Simone Alves Silva, a minha sincera gratidão pela confiança ao aceitar me orientar e partilhar sua vasta experiência, conhecimento e sabedoria ímpar que me guiaram pelos caminhos da pesquisa, me inspirando a alcançar a excelência e a superar meus próprios limites.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira, Mesmo com sua agenda repleta de compromissos, sempre encontrou tempo para me orientar, revisar o trabalho e dar feedback construtivo, contribuindo significativamente para o aprimoramento da pesquisa. Sua experiência e dedicação inspiraram-me a atingir padrões mais elevados e a perseguir a excelência acadêmica.

À minha coorientadora, Professora Dra. Sandra Domingos João Afonso, Mais do que uma coorientadora, você se tornou uma mãe, alguém com quem posso contar para tudo, dentro e fora da academia. Sua presença em minha vida me proporcionou momentos de alegria, companheirismo e aprendizado que jamais esquecerei.

Aos colegas, amigos e colaboradores, agradeço pela troca de ideias, discussões construtivas e momentos de descontração que tornaram essa jornada mais rica e significativa. Cada interação contribuiu para o amadurecimento deste trabalho.

Agradeço aos participantes da pesquisa, cuja generosidade e disposição para contribuir tem sido fundamental para a coleta de dados e o enriquecimento deste trabalho. Seu envolvimento é inestimável, e espero que este estudo possa retribuir à sociedade de alguma forma.

Aos meus queridos pastores da Igreja Batista do Brasil Jurandi do Carmo e Jeane Pereira, pela amizade, orações e orientações espirituais.

Por fim, agradeço a todos que acreditaram em mim e na importância desta pesquisa. Que este trabalho possa contribuir para o avanço do conhecimento em nosso campo e inspirar futuras investigações.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1	48
Figura 1 - Variação de temperatura e precipitação médias ao longo do ano em Lubango, na província de Húila, Angola.....	52
Figura 2 – Análise de Componentes Principais (PCA) dos descritores morfológicos sobre as espécies <i>Dioscorea alata</i> (DA), <i>Dioscorea bulbifera</i> (DB), <i>Dioscorea cayenensis</i> (DC), e <i>Dioscorea esculenta</i> (DE), de diferentes provinciais da Angola.....	57
Figura 3 – Distribuição dos percentuais de classes pelos descritores morfológicos foliares. .	61
Figura 4 - Distribuição dos percentuais de classes pelos descritores morfológicos caulinares.	64
Figura 5 - Distribuição dos percentuais de classes pelos descritores morfológicos dos tubérculos.	66
Figura 6 - Médias do Peso túbera (PT), Peso da polpa (PP) e comprimento da túbera (C) para as espécies de <i>Dioscorea alata</i> (DA), <i>Dioscorea cayenensis</i> (DC), <i>Dioscorea bulbifera</i> (DB) e <i>Dioscorea esculenta</i> (DE) em diferentes províncias de Angola.....	68
Figura 7 - Médias do Comprimento (C), diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT) e espessuras transversal (ET) e longitudinal (EL) das túberas das espécies de <i>Dioscorea alata</i> (DA), <i>Dioscorea cayenensis</i> (DC), <i>Dioscorea bulbifera</i> (DB) e <i>Dioscorea esculenta</i> (DE) em diferentes províncias de Angola.	Error! Bookmark not defined.
ARTIGO 2	Error! Bookmark not defined.
Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de inhame (<i>Dioscorea alata</i> L.) em seis províncias de Angola.	81
Figura 2 – Médias do Número de Brotos (NB), Folhas (NF) e Raízes (NR) e Comprimento da Raiz (CR) para <i>Dioscorea alata</i> L. em diferentes combinações de substratos.....	84
Figura 3 – Médias da Massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA), da raiz (MFR), da semente (MFS) e da matéria seca da raiz (MSR) e da semente (MSS) para <i>Dioscorea alata</i> L. em diferentes combinações de substratos.	85

LISTA DE QUADROS

ARTIGO 1	47
Quadro 1 - Descritores utilizados para a caracterização morfológicos dos genótipos de inhame (<i>Dioscorea spp.</i>) em Angola.....	55

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1	47
Tabela 1- Localização geográfica dos genótipos de inhame <i>Dioscorea spp.</i> em diferentes províncias de Angola.	51
Tabela 2 - Caracterização química do solo da área de estudo na província de Huíla, Angola.	52
Tabela 3 - Componentes principais dos descritores morfológicos sobre as quatro espécies de <i>Dioscorea</i> de diferentes provinciais da Angola.....	58
Tabela 4– Resumo da análise de variância do Peso da túbera (PT), Peso da polpa (PP), Comprimento (C), Diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT), Espessura transversal (ET) e Longitudinal (EL) das túberas das quatro espécies de <i>Dioscorea</i> de diferentes provinciais da Angola.....	68
ARTIGO 2	77
Tabela 1 – Resumo da análise de variância do Número de brotos (NB), Número de folhas (NF), Altura da maior haste (AMH), Número de raízes (NR) e Comprimento de raíz (CR) da <i>Dioscorea alata</i> L. em diferentes combinações de substratos.....	83
Tabela 2– Resumo da análise de variância da Massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA), da raíz (MFR), da semente (MFS) e da matéria seca da parte aérea (MSFA), da raíz (MSR) e da semente (MSS) da <i>Dioscorea alata</i> L. em diferentes combinações de substratos.	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	ORIGEM E DISPERSÃO DO GÊNERO <i>DIOSCOREA</i>	16
2.1.1	ORIGEM	16
2.1.2	DISPERSÃO	17
2.2	IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO INHAME	17
2.2.1	O IMPACTO DO INHAME PARA A ÁFRICA	19
2.3	ASPECTOS BOTÂNICOS E TAXONÔMICOS DO INHAME	20
2.4	GENÉTICA E MELHORAMENTO DO GÊNERO <i>DIOSCOREA</i>	22
2.5	ASPECTOS FITOSSANITÁRIOS	24
2.6	DIVERSIDADE GENÉTICA DE INHAME.....	26
2.7	RELAÇÃO ANGOLA-BRASIL NO CULTIVO DE INHAME	28
2.8	MULTIPLICAÇÃO DE TÚBERAS-SEMENTES	29
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
	ARTIGO 1	47
	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE INHAME PROVENIENTES DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS GEOGRÁFICAS DE ANGOLA	47
1	INTRODUÇÃO.....	50
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
2.1	OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL.....	50
2.2	ÁREA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	51
2.3	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA	54
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	56
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS	71
	ARTIGO 2	77
	DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DE INHAME (<i>Dioscorea spp.</i>), PROVENIENTES DE DIFERENTES PROVINCÍAS DE ANGOLA	77
1	INTRODUÇÃO.....	80
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	80
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4	CONCLUSÃO.....	87
	REFERÊNCIAS	88
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91

PATRIMÔNIO GENÉTICO DO INHAME (*Dioscorea* spp.) EM ANGOLA: AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA E MULTIPLICAÇÃO DE TÚBERAS-SEMENTES

Autor: Rosalina Esperança da Silva Carlos

Orientadora: Prof^ª Dr^a Simone Alves Silva

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira

Coorientadora: Prof^ª Dr^a Sandra Domingos João Afonso

RESUMO: O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma planta de grande importância nas regiões tropicais, com um papel significativo na segurança alimentar e na economia de muitos países, especialmente em Angola, que se destaca pela rica diversidade genética de suas espécies. Esta tese teve como objetivo realizar a caracterização morfoagronômica e físico-química, assim como a multiplicação de acessos de inhame provenientes de diferentes propriedades agrícolas das províncias da região centro-norte de Angola, incluindo Cuanza Sul, Cuanza Norte, Uíge, Malanje, Cabinda e Huambo. O estudo teve como objetivo caracterizar morfologicamente diferentes genótipos de inhame coletados em diversas províncias e avaliar o efeito de diferentes substratos na brotação e no crescimento de *D. alata*. O Capítulo 1 focou na caracterização morfológica dos genótipos de inhame coletados nas diferentes províncias, abrangendo quatro espécies de inhame: *D. esculenta* (DE), *D. alata* (DA), *D. cayenensis* (DC) e *D. bulbifera* (DB). A pesquisa foi realizada na Fazenda Esperança, localizada no município de Lubango, província de Huíla, e utilizou 24 descritores morfológicos para avaliar características qualitativas e quantitativas das plantas após seis meses de cultivo. A análise dos dados foi realizada por meio de Análise de Componentes Principais (PCA), que revelou uma clara distinção fenotípica entre as espécies, formando clusters distintos, independentemente das variações ambientais locais. As variações observadas, como na cor do pecíolo, caule e túbera, refletem adaptações ambientais e seleções artificiais. A análise também destacou a importância das características foliares, como o número de lóbulos e a largura entre eles, que estão associadas a adaptações ecológicas específicas, como dissipação de calor e conservação hídrica. O Capítulo 2 avaliou o efeito de diferentes substratos na brotação e no crescimento de *D. alata*. O experimento foi conduzido em Lubango de janeiro a dezembro de 2023, utilizando túberas coletadas em seis províncias. Os substratos avaliados consistiam em diferentes combinações de pó de serra compostado, esterco bovino, areia, biocarvão, composto orgânico e solo, testados em cinco proporções diferentes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 repetições. Os resultados mostraram que os substratos tiveram um impacto significativo no desenvolvimento inicial das plantas, com o substrato S4 (50% de pó de serra compostado, 20% de areia e 30% de biocarvão) apresentando o melhor desempenho em termos de número de brotos, raízes e biomassa aérea. O substrato S5 (40% de pó de serra, 40% de terra e 20% de esterco bovino) também se destacou, especialmente na produção de raízes e massa radicular fresca e seca. Esses substratos ricos em biocarvão melhoraram a retenção de nutrientes e a aeração do solo, criando condições ideais para o desenvolvimento das plantas. Os resultados sugerem que as combinações de biocarvão e terra com esterco bovino são as mais eficazes para a multiplicação.

Palavras-chave: Variabilidade morfológica; Desempenho agrônomo; Manejo sustentável.

GENETIC HERITAGE OF YAM (*Dioscorea spp.*) IN ANGOLA: ASSESSMENT OF GENETIC DIVERSITY AND TUBER-SEED MULTIPLICATION

Author: Rosalina Esperança da Silva Carlos

Adviser: Prof^ª Dr^a Simone Alves Silva

Co-advisor: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira

Co-advisor: Prof^ª Dr^a Sandra Domingos João Afonso

ABSTRACT: Yam (*Dioscorea spp.*) is a plant of great importance in tropical regions, playing a significant role in food security and the economy of many countries, especially Angola, which stands out for the rich genetic diversity of its species. This thesis aimed to conduct the morpho-agronomic and physicochemical characterization, as well as the multiplication, of yam accessions from different agricultural properties in the central-northern provinces of Angola, including Cuanza Sul, Cuanza Norte, Uíge, Malanje, Cabinda, and Huambo. The study aimed to morphologically characterize different yam genotypes collected from various provinces and evaluate the effect of different substrates on the sprouting and growth of *D. alata*. Chapter 1 focused on the morphological characterization of yam genotypes collected from different provinces, covering four yam species: *D. esculenta* (DE), *D. alata* (DA), *D. cayenensis* (DC), and *D. bulbifera* (DB). The research was conducted at Fazenda Esperança, located in the municipality of Lubango, Huíla province, using 24 morphological descriptors to assess qualitative and quantitative plant characteristics after six months of cultivation. Data analysis was performed using Principal Component Analysis (PCA), which revealed a clear phenotypic distinction among the species, forming distinct clusters regardless of local environmental variations. The observed variations, such as differences in petiole color, stem, and tubers, reflect environmental adaptations and artificial selection. The analysis also highlighted the importance of leaf characteristics, such as the number of lobes and their width, which are associated with specific ecological adaptations, such as heat dissipation and water conservation. Chapter 2 evaluated the effect of different substrates on the sprouting and growth of *D. alata*. The experiment was conducted in Lubango from January to December 2023, using tubers collected from six provinces. The evaluated substrates consisted of different combinations of composted sawdust, cattle manure, sand, biochar, organic compost, and soil, tested in five different proportions. The experimental design was completely randomized, with 12 replications. The results showed that the substrates had a significant impact on the initial development of the plants, with substrate S4 (50% composted sawdust, 20% sand, and 30% biochar) performing best in terms of the number of sprouts, roots, and aerial biomass. Substrate S5 (40% sawdust, 40% soil, and 20% cattle manure) also stood out, particularly in root production and fresh and dry root mass. These biochar-rich substrates improved nutrient retention and soil aeration, creating optimal conditions for plant development. The results suggest that combinations of biochar and soil with cattle manure are the most effective for multiplication.

Keywords: Morphological variability; Agronomic performance; Sustainable management.

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola desempenha um papel vital na subsistência e no desenvolvimento econômico de muitos países ao redor do mundo (Kumar *et al.*, 2015). Cultivos tradicionais, como o inhame (*Dioscorea spp.*), são fundamentais para a segurança alimentar e a nutrição de milhões de pessoas em várias regiões (Padhan; Panda, 2020). A África, em particular, destaca-se como uma das principais produtoras de inhame, responsável por 98,1% da produção mundial (FAO, 2022). Nesse sentido, muitos países do continente dependem dessa cultura como fonte primária de alimento e renda para suas populações (Ferraro *et al.*, 2016).

A variação genética presente nessas culturas pode influenciar sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais, como tolerância à seca, resistência a temperaturas extremas e eficiência no uso de nutrientes do solo (Dossa *et al.*, 2023). Além disso, contribui para a resistência a pragas e doenças ao possibilitar o desenvolvimento de variedades que possuem mecanismos de defesa mais eficazes contra patógenos específicos (Adewumi *et al.*, 2024). No que diz respeito à qualidade nutricional, a diversidade genética permite a seleção de variedades com maior concentração de vitaminas, minerais e outros compostos benéficos para a saúde humana (Mota *et al.*, 2024). Esses fatores — adaptabilidade ambiental, resistência a pragas e doenças, e aprimoramento da qualidade nutricional — têm implicações diretas na produtividade agrícola, garantindo colheitas mais estáveis e abundantes, e na segurança alimentar, assegurando alimentos de melhor qualidade e maior disponibilidade para as populações africanas (Karkute *et al.*, 2017).

Para conservar eficazmente os recursos genéticos do inhame e apoiar programas de melhoramento, é crucial realizar expedições de coleta para recolher diversos acessos de inhame para práticas de conservação *ex situ*. Essas práticas não só auxiliam na preservação da diversidade genética, mas também facilitam a sua utilização em programas de melhoramento (Tirnaz *et al.*, 2022). Marcadores moleculares e descritores morfoagronômicos desempenham um papel vital na caracterização de acessos de inhame, orientando a seleção de genitores adequados para hibridação e no desenvolvimento de variedades melhoradas (Scarcelli *et al.*, 2006; Agre *et al.*, 2021; Bakayoko *et al.*, 2021).

A falta de conhecimento sistemático e compreensão da genética e genômica do inhame tem sido uma restrição significativa no avanço dos programas de melhoramento para desenvolver genótipos resistentes ou tolerantes a vários estresses (Syombua *et al.*,

2021). O uso de marcadores moleculares, como marcadores SNP, tem sido fundamental na caracterização de acessos de inhame e na avaliação da diversidade genética. Estudos demonstraram que a variação genética nos acessos de inhame pode ser avaliada usando marcadores SNP e características agronômicas, fornecendo informações valiosas para os melhoristas projetarem programas de melhoramento eficazes visando cultivares de alto rendimento (Agre *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar as caracterizações morfoagronômicas, físico-químicas, e a multiplicação de acessos de inhame provenientes de diferentes propriedades da região centro-norte de Angola, situadas nas províncias produtoras de Cuanza Sul, Cuanza Norte, Uíge, Malanje, Cabinda e Huambo. A finalidade é verificar o nível de diversidade genética, a distribuição e a nomenclatura local dos acessos presentes nessas regiões, levando em consideração os interesses dos agricultores e do mercado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ORIGEM E DISPERSÃO DO GÊNERO *DIOSCOREA*

2.1.1 ORIGEM

O gênero *Dioscorea* L., pertencente à família Dioscoreaceae R. Br., compreende cerca de 600 espécies conhecidas como inhames, que desempenham um papel crucial na agricultura e na nutrição, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, devido à sua alta qualidade nutricional e versatilidade culinária (Salehi *et al.*, 2019).

A origem do gênero é ancestral e complexa, remontando a milhões de anos. Evidências paleobotânicas indicam que as primeiras espécies surgiram nas regiões tropicais da África e da Ásia, consideradas os centros de origem primária devido à diversidade genética observada nessas áreas (Wang *et al.*, 2023; Sugihara *et al.*, 2021).

As espécies africanas, como *Dioscorea rotundata* (inhame-branco) e *D. cayenensis* (inhame-amarelo), são adaptadas a climas secos e solos pobres, apresentando características que favorecem o cultivo em condições adversas (Coursey, 1967; Sugihara *et al.*, 2021). Já as espécies asiáticas, como *D. alata* (inhame-da-água) e *D. esculenta*, mostram maior diversidade morfológica e são amplamente cultivadas em regiões tropicais e subtropicais úmidas, sendo frequentemente utilizadas como fontes alimentares

primárias (Ravelo *et al.*, 2024). Além disso, espécies originárias das Américas, como *D. trifida*, provavelmente surgiram no norte da América do Sul, representando um centro secundário de diversidade para o gênero (Pedralli, 1999; Lebot, 2009).

2.1.2 DISPERSÃO

A dispersão global do gênero *Dioscorea* teve início no final do período Cretáceo, com evolução diferenciada entre o Novo Mundo e o Velho Mundo, resultando em espécies distintas em regiões como as Américas, África, Sudeste Asiático, Melanésia e Austrália (Lebot, 2009).

Mecanismos naturais desempenharam um papel importante nessa propagação. A dispersão de sementes e tubérculos, auxiliada por animais, combinada à resistência dos tubérculos a condições adversas, favoreceu sua ampla disseminação (Velázquez-Hernández *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2022).

Entretanto, a interferência humana foi decisiva para a expansão significativa do gênero. Durante o comércio transatlântico de escravos no século XVI, os portugueses e espanhóis introduziram variedades africanas de inhame na América do Sul e no Caribe, enquanto mercadores as levaram à Europa (Abramo, 1990; Decker, 1936). Essa introdução marcou a expansão do cultivo do inhame para novas regiões.

Na África, espécies como *D. rotundata* e *D. cayenensis* são domesticadas e cultivadas há milhares de anos, sendo fundamentais para a segurança alimentar no continente (Scarcelli *et al.*, 2019; Sugihara *et al.*, 2020). Além disso, as migrações humanas, tanto voluntárias quanto forçadas, desempenharam um papel essencial na dispersão das espécies, uma vez que populações que dependiam do inhame como alimento básico transportaram tubérculos e sementes para novas regiões, assegurando a continuidade do cultivo (Sugihara *et al.*, 2020).

2.2 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DO INHAME

A cultura do inhame, conhecida como "yam" em sua origem africana, transcende sua função básica como alimento, emergindo como um pilar essencial para a sustentabilidade agrícola e a segurança alimentar (Abramo, 1990; Padhan; Panda, 2020). Em regiões como a África, Ásia e América Latina, onde a agricultura desempenha papel crucial na economia e subsistência, o inhame representa uma fonte de esperança e

prosperidade devido ao seu valor nutricional, econômico e cultural (Scarcelli *et al.*, 2019). Na África Ocidental, é um alimento básico e elemento central em tradições culturais; na Ásia, destaca-se por sua resistência às variações climáticas e pelo suporte aos pequenos agricultores; e, na América Latina, contribui para a segurança alimentar e a geração de renda em comunidades rurais, consolidando seu papel no desenvolvimento sustentável (Nayar, 2014; Padhan; Panda, 2020).

A produção anual de inhame, que ultrapassa 88 milhões de toneladas em escala global, sendo a maior parte proveniente do continente africano, evidencia sua importância econômica e cultural nessa região (FAO, 2022). A adaptabilidade do inhame a diferentes climas e tipos de solo, associada ao custo de produção relativamente baixo, torna-o uma cultura atrativa para pequenos produtores e agricultores familiares (Cereda, 2002). Além de sua relevância agrícola, o comércio de inhame desempenha um papel significativo no desenvolvimento econômico local e regional, gerando renda ao longo de toda a cadeia produtiva e contribuindo para a dinamização das economias rurais (Monte-Guedes *et al.*, 2021).

No Brasil, o inhame desempenha um papel importante na agricultura nacional, especialmente na agricultura familiar (Siqueira *et al.*, 2014). Em 2017, a produção foi de 104,3 mil toneladas, gerando um valor total de 152,2 milhões de reais, com 21.991 estabelecimentos envolvidos no cultivo. A produção está concentrada principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, sendo o Espírito Santo o maior produtor nacional (IBGE, 2017). Essa distribuição geográfica reflete as condições favoráveis de clima e solo dessas regiões, que são ideais para o cultivo da cultura e contribuem para sua relevância econômica e social no país.

Do ponto de vista nutricional, o inhame é uma fonte valiosa de carboidratos complexos, fibras, vitaminas e minerais essenciais, desempenhando papel importante na manutenção de dietas saudáveis e contribuindo para a segurança alimentar de milhões de pessoas (Zang *et al.*, 2024). Entretanto, sua relevância vai além do valor alimentar. O inhame é amplamente valorizado por suas propriedades medicinais e seu significado cultural. Ele é utilizado em práticas culturais e cerimônias em diversas comunidades, sendo considerado um alimento sagrado em muitas culturas, com papel central em rituais e celebrações que fortalecem os laços comunitários e preservam tradições ancestrais (Padhan; Panda, 2020; Sousa; Raizada, 2020).

Tradicionalmente, as espécies de *Dioscorea* têm sido utilizadas na medicina popular para tratar uma ampla gama de condições, como inflamações, diabetes e doenças

cardiovasculares (Narzary *et al.*, 2024; Naseem *et al.*, 2024). Por exemplo, *D. deltoidea* é reconhecida por suas propriedades anti-inflamatórias e imunomoduladoras, sendo eficaz no tratamento de doenças como artrite e dermatite (Naseem *et al.*, 2024). Os extratos de *Dioscorea* também demonstram atividades farmacológicas significativas, incluindo efeitos antivirais, antimaláricos e anticâncer (Narzary *et al.*, 2024). Além disso, pesquisas recentes apontam o potencial de *D. nipponica* no manejo de doenças renais crônicas, graças à sua capacidade de reduzir o estresse oxidativo e a inflamação (Wu *et al.*, 2023).

2.2.1 O IMPACTO DO INHAME PARA A ÁFRICA

O inhame é uma cultura de grande importância para a África, tanto do ponto de vista econômico quanto nutricional. Em 2022, mais de 88 milhões de toneladas de inhame foram produzidas globalmente, sendo que 98,1% desse total veio do continente africano. Este dado reflete a relevância da cultura na região, onde os cinco principais produtores mundiais estão localizados: Nigéria (69,6%), Gana (12,5%), Costa do Marfim (8,9%), Benim (3,9%) e Togo (0,3%) (FAO, 2022).

O papel crucial do inhame na alimentação e economia local é evidente na Nigéria, o maior produtor mundial desse tubérculo. Além da Nigéria, países como Gana e Costa do Marfim dependem significativamente dessa cultura, que está profundamente integrada ao cotidiano e às tradições culturais dessas regiões. O inhame não é apenas uma fonte de alimento, mas é vital para a segurança alimentar e a subsistência das comunidades rurais (Verter; Bečvářová, 2015; Ariyo *et al.*, 2020; Onwuaroh *et al.*, 2021).

A produção da tuberosa na Nigéria não só contribui para a segurança alimentar, mas também atua como fonte de renda e emprego para milhões de pessoas nas áreas produtoras (Ndubueze-Ogarak, 2021). Estudos econômicos demonstram que, apesar do potencial significativo da Nigéria na produção de inhame, o país ainda enfrenta problemas persistentes de escassez de alimentos e não consegue produzir o suficiente para atender à demanda interna (Ariyo *et al.*, 2020). A produção anual na Nigéria é estimada em cerca de 26,587 milhões de toneladas (Onwuaroh *et al.*, 2021).

Além disso, a análise da eficiência técnica na produção de inhame na Nigéria revela que esse tubérculo é uma das principais culturas do país em termos de área cultivada, volume e valor de produção (Agba *et al.*, 2019). A participação das mulheres e dos jovens na produção de inhame também é um aspecto importante a ser considerado para melhorar as condições de vida e promover o desenvolvimento sustentável nas áreas rurais (Donye *et al.*, 2012; Olorunsanya, 2015; Ferraro *et al.*, 2016).

2.3 ASPECTOS BOTÂNICOS E TAXONÔMICOS DO INHAME

O inhame, uma planta tuberosa pertencente ao gênero *Dioscorea*, é uma hortaliça monocotiledônea e perene, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (Leonel *et al.*, 2006). A classificação taxonômica do inhame é detalhada da seguinte forma: Reino Plantae, Filo Angiospermas, Classe Monocotiledôneas, Ordem Dioscoreales, Família Dioscoreaceae, Gênero *Dioscorea*, com espécies que variam de acordo com a variedade específica, como *D. alata* e *D. cayennensis* (Flora e Funga do Brasil, 2024).

Essa classificação é baseada em estudos que identificam o inhame como uma planta monocotiledônea, herbácea e trepadeira, adaptada a climas tropicais e subtropicais (Leonel *et al.*, 2006). Além disso, o inhame é reconhecido como uma hortaliça de significativo consumo mundial e uma cultura alternativa em expansão (Oliveira *et al.*, 2007).

A filogenia do gênero *Dioscorea*, que inclui várias plantas conhecidas por seus tubérculos e propriedades medicinais, tem sido amplamente estudada. Pertencente à família Dioscoreaceae, sendo um dos maiores dessa família, com mais de 600 espécies (Zhao *et al.*, 2018). Estudos filogenéticos baseados em sequências completas do genoma do cloroplasto revelaram uma relação quase totalmente resolvida dentro do gênero *Dioscorea* (Wonok *et al.*, 2023). Análises combinadas de dados morfológicos e moleculares indicaram que Dioscoreales compreende três clados distintos, incluindo um clado bem suportado de 'core Dioscoreales' que engloba *Dioscorea* (Caddick *et al.*, 2002).

A origem do gênero *Dioscorea* remonta ao final do Cretáceo e início do Eoceno, com diversificação posterior durante o Oligoceno e Mioceno (Viruel *et al.*, 2015). Fatores ambientais, como barreiras fluviais e mudanças ambientais latitudinais, influenciaram a distribuição geográfica e a evolução das espécies de *Dioscorea* ao longo do tempo (Viruel *et al.*, 2014). A diversificação de espécies ainda apresenta desafios para a compreensão de seu centro de diversificação e rotas de migração (Sharif *et al.*, 2020).

As plantas de inhame apresentam um caule aéreo volúvel que pode ou não desenvolver espinhos peciolares ou bulbilhos nas axilas das folhas. Elas variam desde caules delgados a robustos, muitas vezes formando um emaranhado sobre outras plantas, e podem ser trepadeiras quando encontram apoio (Qiu *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2022).

O gênero *Dioscorea* é extenso, compreendendo cerca de 600 espécies divididas em 23 seções com base em características como torção do caule, morfologia das folhas, inflorescência, formação de sementes aladas, morfologia do tubérculo e constituintes químicos (Kumar *et al.*, 2017). Espécies importantes incluem *D. alata* (inhame-da-costa ou inhame-d'água), *D. rotundata* (inhame-branco), *D. cayenensis* (inhame-amarelo) e *D. esculenta* (inhame-comum) (Frossard *et al.*, 2017).

A morfologia dos tubérculos, a direção de enrolamento dos caules, a forma dos frutos e sementes são características importantes na sistemática de *Dioscorea* (Wilkin *et al.*, 2005). Estudos indicam que as características reprodutivas dessas espécies estão intimamente ligadas aos padrões reprodutivos e mecanismos de polinização, o que influencia sua diversificação e adaptação (Chen *et al.*, 2022).

A fisiologia do inhame abrange uma série de processos vitais que ocorrem ao longo do seu ciclo de vida, desde a germinação até a maturação dos tubérculos. Durante o crescimento e desenvolvimento, a planta passa por diferentes estágios, sendo a fotossíntese um dos principais processos fisiológicos. A fotossíntese ocorre nas folhas e é essencial para a produção de carboidratos, que são fundamentais para o crescimento e formação dos tubérculos (Thinh *et al.*, 2017). Além disso, a genética desempenha um papel crucial na composição química, perfil mineral e biodisponibilidade dos minerais no inhame, onde se encontra variação genotípica nesses aspectos entre diferentes germoplasmas de inhame (Otegbayo *et al.*, 2017).

A dormência dos tubérculos de inhame é um processo complexo que envolve diferentes fases, sendo a Fase I caracterizada como a mais longa. Durante esse período inicial, os tubérculos não apresentam brotação, mesmo quando expostos a condições favoráveis de temperatura e umidade, refletindo um estado de dormência profunda. Essa etapa desempenha um papel crucial no ciclo biológico do inhame, assegurando a viabilidade dos tubérculos até o momento ideal para brotação e desenvolvimento da planta" (Ile *et al.*, 2006). Durante a dormência, o metabolismo dos açúcares não estruturais regula a dormência dos tubérculos (Nwogha *et al.*, 2023). Além disso, a regulação da expressão gênica relacionada ao desenvolvimento radicular, biossíntese de amido e fotossíntese desempenha um papel fundamental na domesticação do inhame africano (Akakpo *et al.*, 2017). A produção de inhame é afetada por diversos fatores, incluindo a colonização micorrízica, que pode ser influenciada pelo pastejo (Bethlenfalvay; Evans; Lesperance, 1985). Como também, a concentração elevada de CO₂ pode impactar o crescimento, a fotossíntese e a morfologia das folhas (Thinh *et al.*, 2018).

Estudos também destacam a importância da sombra na densidade estomática e outras características foliares em culturas tropicais, como o inhame (Onwueme; Johnston, 2000).

A análise de saponinas esteroidais em espécies de *Dioscorea* revelou a presença de 21 compostos, incluindo alguns identificados de forma tentativa, em extratos brutos de duas espécies, a *D. villosa* e *D. cayenensis* (Avula *et al.*, 2014). Além disso, a variação morfológica das folhas, especialmente no padrão de venação, tem se mostrado um aspecto relevante para a classificação taxonômica das plantas do gênero (Sun *et al.*, 2018). Outro ponto importante é que a tetraploidização nessas plantas promove a ativação do sistema de defesa antioxidante, conferindo maior tolerância ao estresse térmico (Zhang; Hu; Yao, 2010).

Além das propriedades alimentares, muitas espécies são cultivadas por suas propriedades medicinais. Elas contêm saponinas esteroidais (diosgenina), utilizadas na produção de cortisona e hormônios sintéticos, em ordem de importância: *D. bulbifera*, *D. cayenensis*, *D. dumentorum*, *D. alata*, *D. trifida*, *D. laxiflora* e *D. microbotrya* (Pedralli, 2002).

Diversos estudos verificaram que espécies como *D. alata*, *D. bulbifera*, *D. esculenta*, *D. oppositifolia* e outras possuem valor farmacológico, sendo utilizadas em suplementos dietéticos, cosméticos e produtos farmacêuticos para o controle de problemas cerebrais e diabetes, prevenção de osteoporose, atividades anti-helmínticas, antimicrobianas, antitumorais, diuréticas e de redução da hipoglicemia (Aderiye *et al.*, 1996; Black *et al.*, 2001; Seetharam *et al.*, 2003; Chang *et al.*, 2004; Murugan; Mohan, 2012; Wang *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2016).

Essa planta é rica em carboidratos, proteínas, vitaminas do complexo B, tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), ácido nicotínico, ácido ascórbico (vitamina C), β -caroteno, provitamina A e D, alcaloides lactônicos e fitosteróis. É também uma importante fonte de minerais, apresentando elevados teores de potássio, sódio, magnésio, fósforo, cálcio, ferro, cobre e zinco (Cazé Filho, 2002).

2.4 GENÉTICA E MELHORAMENTO DO GÊNERO *DIOSCOREA*

Os programas de melhoramento genético do inhame têm como principal objetivo a seleção de genótipos com características desejáveis, como alta produtividade e resistência a doenças. Essas iniciativas geralmente começam com a criação de um banco ativo de germoplasma e incluem estratégias como domesticação da espécie, avaliação da

diversidade genética, seleção de plantas, hibridação e aplicação de ferramentas biotecnológicas (Almeida; Souza; Batista, 2019). A escolha de genótipos com alta produtividade e adaptabilidade ambiental é fundamental para o sucesso desses programas (Faria *et al.*, 2007), sendo a estimativa do progresso genético indispensável para medir a efetividade do melhoramento na melhoria das médias das populações selecionadas (Vale *et al.*, 2012).

Entretanto, o inhame apresenta desafios únicos no contexto do melhoramento genético devido a restrições biológicas intrínsecas. A coexistência de múltiplas espécies, o longo ciclo de cultivo, a propagação vegetativa com baixa taxa de multiplicação, o hábito de crescimento trepador, a predominância de floração dióica com cruzamento obrigatório, além da alta heterozigosidade e variações na ploidia intraespecífica e interespecífica (de diploide a octoploide, $2n = 40, 60, 80$) (Caddick *et al.*, 2002), complicam os avanços genéticos. Esses fatores resultam em ganhos genéticos inferiores aos de culturas como cereais (Darkwa *et al.*, 2020). Adicionalmente, o menor investimento em pesquisa e o uso restrito de tecnologias inovadoras e parcerias estratégicas limitam o progresso necessário para a cultura (Asfaw *et al.*, 2024).

Os esforços para o melhoramento do inhame começaram na década de 1960, com iniciativas voltadas para *D. trifida* no Caribe (Degras, 1969). Nas décadas seguintes, o foco expandiu-se para *D. rotundata* na Nigéria (Sadik; Okereke, 1975) e *D. alata* na Índia (Abraham *et al.*, 1986). Com o avanço das ferramentas biotecnológicas nos anos 2000, como marcadores moleculares, técnicas citogenéticas e cultivo *in vitro*, desafios históricos começaram a ser superados, resultando em maior produtividade e sustentabilidade no cultivo do inhame (Scarcelli *et al.*, 2006).

O Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), em parceria com o Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola (NARS) na África, lidera o desenvolvimento de variedades resilientes e adaptadas às demandas dos mercados e às mudanças climáticas (Asiedu; Sartie, 2010; Darkwa *et al.*, 2020). O trabalho inclui características como maior teor de matéria seca, resistência a doenças e adaptação agrônômica, gerando clones promissores (Agre *et al.*, 2019; Syombua *et al.*, 2021; Norman *et al.*, 2022). Esses avanços são complementados pelo uso de recursos genômicos, como polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs), que auxiliam na análise da diversidade genética e na seleção para características desejáveis, como teor de matéria seca e resistência ao escurecimento oxidativo (Gatarira *et al.*, 2020; Darkwa *et al.*, 2020).

A introdução da engenharia genética no inhame, por meio da transformação mediada por *Agrobacterium*, trouxe novas possibilidades. Protocolos utilizando gemas axilares como explantes alcançaram taxas de transformação de 9,4% a 18,2%, com integração estável do T-DNA confirmada por PCR e Southern blot (Nyaboga *et al.*, 2014). Ferramentas modernas, como CRISPR/Cas9, destacam-se pela eficiência na edição genômica, permitindo mutagênese direcionada sem a inserção de DNA estranho, uma vantagem crítica para culturas propagadas vegetativamente (Maher *et al.*, 2020; Ghogare *et al.*, 2021; Zhang; Iaffaldano; Qi, 2021).

Compreender a diversidade genética no germoplasma do inhame é fundamental para o sucesso do melhoramento. Estudos na África revelaram grande diversidade genética em espécies como *D. rotundata* e *D. cayenensis*, essenciais para a agricultura na região (Umber *et al.*, 2014; Frossard *et al.*, 2017). Marcadores SSR têm sido amplamente usados para avaliar a diversidade e a estrutura populacional dessas espécies (Arnau *et al.*, 2017; Sugihara *et al.*, 2020), destacando a contribuição da hibridização na adaptação e na criação de variedades únicas (Scarcelli *et al.*, 2006).

Na África, o cultivo de inhame integra métodos tradicionais e tecnologias modernas para enfrentar desafios relacionados à produtividade e à qualidade das sementes. Os sistemas informais, baseados em sementes salvas, dominam, mas enfrentam limitações como baixas taxas de multiplicação e contaminação por pragas (Aighewi *et al.*, 2015; Mondo *et al.*, 2024). Métodos modernos, como o minisett, a cultura de tecidos e a aeroponia, vêm sendo explorados, embora ainda restritos por custos e complexidade (Aighewi *et al.*, 2015). Projetos como o Yam Improvement for Income and Food Security in West Africa (YIIFSWA) têm sido fundamentais ao introduzir boas práticas de propagação e treinamento, promovendo a sustentabilidade e a eficiência no cultivo do inhame (Montes; Bhattacharjee; Tessema, 2012; Maroya, 2021).

2.5 ASPECTOS FITOSSANITÁRIOS

O manejo fitossanitário no cultivo do inhame é um dos maiores desafios enfrentados por agricultores, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde o clima favorece a ocorrência de pragas e doenças (Abewoy, 2021). Esses problemas comprometem significativamente a produtividade e a qualidade dos tubérculos, impactando negativamente a rentabilidade da cultura e a segurança alimentar das comunidades que dependem dela (Saffa *et al.*, 2023; Tariq *et al.*, 2024). Na Nigéria, por

exemplo, mais de 25% da produção de inhame é perdida anualmente devido a essas questões, destacando o impacto econômico e social das doenças sobre a cultura (Uyou; Ita; Ntui, *et al.*, 2022).

As principais ameaças fitossanitárias incluem doenças causadas por fungos, vírus, nematoides e insetos. Entre as doenças causadas por fungos, destaca-se a podridão seca, causada por *Fusarium oxysporum*, que afeta tanto os tubérculos no campo quanto durante o armazenamento e provoca deterioração interna do tecido dos tubérculos, reduzindo seu valor comercial e impactando diretamente a renda dos pequenos agricultores (López *et al.*, 2020; Arrieta-Guerra *et al.*, 2021). Além de *F. oxysporum*, outros fungos, como *Lasiodiplodia theobromae* e *F. solani*, também estão associados a essa doença, que é favorecida por altas temperaturas e umidade. O controle da podridão seca depende de práticas como rotação de culturas, uso de tubérculos-semente tratados e manejo adequado do solo (López *et al.*, 2021). Outra doença fúngica importante é a antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, que afeta folhas e brotações, reduzindo a capacidade fotossintética das plantas e a produção de tubérculos. Esse patógeno apresenta diversidade morfológica significativa e alto potencial de virulência, com estudos recentes identificando genes associados à resistência em *Dioscorea alata* (Wang *et al.*, 2023; Jiang *et al.*, 2024). Estratégias de biocontrole, como o uso da bactéria endofítica *Bacillus licheniformis*, mostraram alta eficácia no combate ao patógeno, reduzindo seu crescimento em mais de 80% e promovendo o crescimento das plantas (Ravindran *et al.*, 2023).

As infecções virais também representam uma ameaça significativa, com destaque para o vírus do mosaico do inhame (*Yam mosaic virus*, YMV), que causa deformações foliares, redução no crescimento das plantas e perdas expressivas na produção. Esse vírus é amplamente distribuído em regiões produtoras de inhame e apresenta alta diversidade genética, com variações nucleotídicas entre isolados de diferentes regiões, como Etiópia, América do Sul e África Ocidental (Gogile *et al.*, 2024). A presença de YMV impacta negativamente a qualidade e o rendimento das colheitas, sendo necessário um monitoramento rigoroso e o controle de tubérculos infectados para reduzir sua propagação (Qin *et al.*, 2023).

Os nematoides também são grandes responsáveis por perdas na produção de inhame. Os quais causam deformações, rachaduras e podridão seca nos tubérculos, comprometendo sua qualidade (Ramírez *et al.*, 2024). Em Togo, por exemplo,

Scutellonema spp. causa rachaduras em até 100% dos tubérculos, enquanto *Meloidogyne spp.* provoca galhas em cerca de 70% das plantas (Itolou *et al.*, 2020; Enchill *et al.*, 2023).

Além dos nematoides, pragas de insetos como besouros do gênero *Heteroligus spp.* são uma preocupação relevante. Esses insetos perfuram os tubérculos, causando danos severos durante o cultivo e no armazenamento pós-colheita (Tobih; Emosairue; Omoloye, 2007; Amadi *et al.*, 2016). pragas como cochonilhas e escamas são predominantes no armazenamento, enquanto cupins do gênero *Macrotermes* e *Amitermes* também comprometem significativamente a qualidade dos tubérculos em diversas regiões, como Gana (Braithwaite; Anchirinah; Adu-Mensah, 2007).

Para mitigar esses problemas, várias estratégias de manejo integrado têm sido empregadas. Práticas culturais, como a rotação de culturas, o saneamento adequado e o manejo integrado de pragas, ajudam a reduzir a propagação de patógenos e melhoram a sustentabilidade do sistema produtivo (Tariq *et al.*, 2024). Além disso, o uso de materiais de plantio livres de doenças, obtidos por meio de tecnologias como cultura de tecidos e crioterapia, é essencial para a produção sustentável, garantindo tubérculos saudáveis e reduzindo a disseminação de patógenos (Uyoy; Ita; Ntui, *et al.*, 2022). Outra abordagem eficaz é a utilização de variedades resistentes a patógenos específicos, o que contribui para a estabilidade da produção e minimiza as perdas (Ramírez *et al.*, 2024). A gestão da saúde do solo também desempenha um papel importante, com o uso de substratos alternativos mostrando-se eficaz para reduzir a presença de patógenos do solo e melhorar a saúde geral do sistema produtivo, superando métodos tradicionais de fumigação (Jin *et al.*, 2024).

2.6 DIVERSIDADE GENÉTICA DE INHAME

A diversidade genética é um conceito fundamental em biologia, referindo-se à variação de genes dentro de uma espécie, sendo essencial para a adaptação a diferentes ambientes, resistência a pragas e doenças e para o melhoramento contínuo das culturas agrícolas (Çalışkan; Aydin, 2023). No caso do inhame, pertencente ao gênero *Dioscorea*, que abrange aproximadamente 600 espécies (Korsa *et al.*, 2022), essa diversidade é particularmente significativa devido à reprodução sexual e vegetativa, que contribuem para uma ampla variação genética (Sharif *et al.*, 2020). Essa variabilidade é crucial tanto para programas de melhoramento genético quanto para a conservação e o uso sustentável

dos recursos genéticos, especialmente diante de ameaças como erosão genética, pragas e mudanças climáticas Oliveira *et al.*, 2006; Ngwe *et al.*, 2015).

Estudos em diferentes regiões do mundo destacam a rica diversidade genética do inhame. Pesquisas na Etiópia e na Índia identificaram altos níveis de diversidade entre raças locais e espécies silvestres, reforçando a relevância da variabilidade genética para a adaptação a diferentes condições ambientais (Adejumobi *et al.*, 2023). Em Camarões, análises filogenéticas indicaram que a maioria das seções do gênero *Dioscorea* eram monofiléticas, mas as espécies dentro dessas seções mostraram complexas relações genéticas, evidenciando desafios no delineamento de linhagens específicas (Zanklan, 2003). Estudos em germoplasma de inhame provenientes de regiões como Quênia, África Ocidental, Etiópia e China utilizaram marcadores moleculares, como SCoT (Start Codon Targeted) e SSR (Simple Sequence Repeats), revelando altos níveis de polimorfismo e heterozigosidade (Cao *et al.*, 2021; Owiti *et al.*, 2023). Esses marcadores informaram a formação de grupos distintos de genótipos com base em origens geográficas, indicando potenciais para programas de melhoramento e preservação genética (Wang *et al.*, 2022).

No Brasil e em Angola, práticas tradicionais de cultivo e troca de variedades locais por agricultores desempenham um papel central na preservação da diversidade genética. Em Angola, a vasta extensão territorial e a diversidade de climas e solos favorecem a manutenção de uma ampla base genética adaptada a diferentes condições ambientais (Scarcelli *et al.*, 2006a; Ngwe *et al.*, 2015). Essa diversidade é enriquecida pelo fluxo gênico entre espécies silvestres e cultivadas, resultado da domesticação e manejo por agricultores, como observado em regiões tropicais e subtropicais (Loko *et al.*, 2013). Contudo, essa variabilidade está ameaçada pela erosão genética, frequentemente associada a práticas agrícolas inadequadas e ataques de pragas (Ngwe *et al.*, 2015).

Pesquisas que empregam diferentes marcadores moleculares têm contribuído significativamente para o entendimento da diversidade genética do inhame. Em Uganda, o uso de marcadores DArTseq mostrou variações genéticas significativas entre genótipos, destacando o potencial para programas de melhoramento visando resistência a doenças e adaptação a ambientes variados (Adjei *et al.*, 2023). Comparações entre métodos como AFLP, RAPD e SSR mostraram a eficácia dessas ferramentas para caracterizar germoplasmas de inhame (Mignouna; Abang; Fagbemi, 2003). Além disso, em Benin, análises de SSR em cultivares de *Dioscorea rotundata* revelaram alta heterozigosidade, fornecendo informações críticas para investigações sobre a origem e o polimorfismo em variedades cultivadas (Tostain *et al.*, 2007). Na Costa do Marfim, marcadores SNP foram

usados para avaliar a diversidade em acessos de inhame, indicando sua importância para a conservação e o melhoramento genético (Bakayoko *et al.*, 2021).

A diversidade genética também se reflete na variação morfológica e na estrutura populacional das espécies de *Dioscorea*. Estudos com *D. cayenensis* e *D. rotundata* identificaram correlação entre diversidade genética e distância geográfica, influenciando a estrutura genética das populações (Silva *et al.*, 2017). Em análises de *D. alata*, foram encontradas taxas de polimorfismo de 95,3% utilizando ISSR e de 93,5% com SRAP, indicando uma alta diversidade genética (Wu *et al.*, 2014). Por outro lado, *D. esculenta* apresenta menor diversidade genética, destacando a necessidade de estratégias específicas de conservação para essa espécie (Ngwe *et al.*, 2015).

Estudos filogenéticos também revelam similaridades genéticas e diversidades interespecíficas significativas. A semelhança genética entre *D. alata* e *D. esculenta* foi de 33,51%, enquanto *D. cayenensis* foi identificada como a espécie com maior diversidade filogenética, reforçando a importância de esforços conservacionistas direcionados (Rivera-Jiménez *et al.*, 2011; Ngwe *et al.*, 2015). Análises de subpopulações indicaram variações de até 60% dentro de subpopulações de inhame no Quênia, sugerindo a necessidade de ampliar programas de reprodução para aumentar a diversidade genética (Owiti *et al.*, 2023).

A relevância da diversidade genética do inhame vai além de sua contribuição para o melhoramento e conservação. Estudos destacam sua importância para a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde é uma cultura base (Asiedu; Sartie, 2010). Métodos combinados de análises moleculares e fenotípicas são essenciais para identificar acessos com características desejáveis, promovendo a conservação de germoplasma, o manejo sustentável e o desenvolvimento de cultivares adaptadas (Bakayoko *et al.*, 2021).

2.7 RELAÇÃO ANGOLA-BRASIL NO CULTIVO DE INHAME

A relação entre Angola e Brasil no cultivo de inhame reflete similaridades importantes, especialmente no contexto da agricultura familiar e do uso de métodos tradicionais de cultivo. Em ambos os países, o cultivo de inhame é predominantemente realizado por pequenos agricultores, que utilizam práticas agrícolas tradicionais devido ao acesso limitado a tecnologias modernas e essas práticas, embora culturalmente significativas, enfrentam desafios como baixa produtividade, vulnerabilidade às

mudanças climáticas e dificuldade em adotar práticas mais sustentáveis (Asiedu; Sartie, 2010; Siqueira *et al.*, 2014; Touckia *et al.*, 2021).

No Brasil, o inhame é amplamente produzido nas regiões Nordeste e Sudeste, com destaque para estados como Bahia, Paraíba e Espírito Santo, sendo uma importante fonte de renda para agricultores familiares. A diversidade agro-morfológica dos genótipos de inhame no Brasil, resultado de práticas locais de manejo e seleção, reflete a importância dessa cultura para as comunidades rurais (Moreira *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2016). Além disso, a pesquisa revela que, apesar da relevância econômica e alimentar do inhame, ele é frequentemente negligenciado em termos de investimentos em pesquisa e desenvolvimento agrícola (Siqueira *et al.*, 2014).

Em Angola, o inhame desempenha um papel essencial na segurança alimentar e na geração de renda para as comunidades rurais. Assim como no Brasil, a agricultura familiar domina o cultivo, com o uso de variedades locais e métodos de cultivo tradicionais. Estudos indicam que práticas como conservação de solo e técnicas de manejo agrônomo adequado poderiam melhorar significativamente a produtividade no país (Touckia *et al.*, 2021). A diversidade genética do inhame em Angola, favorecida pelas condições climáticas e pela troca de variedades entre agricultores, oferece um potencial significativo para a adaptação da cultura às condições locais e para programas de melhoramento genético (Scarcelli *et al.*, 2006a; Ngwe *et al.*, 2015).

A cooperação entre Brasil e Angola, facilitada por iniciativas como o Acordo de Cooperação e Facilitação de Investimentos (ACFI), pode oferecer uma oportunidade valiosa para o intercâmbio de conhecimentos e tecnologias agrícolas. Essa colaboração pode incluir o desenvolvimento de variedades de inhame mais resistentes a pragas e doenças, treinamento em práticas de manejo sustentável e a implementação de técnicas modernas, como o uso de plantas de cobertura e materiais livres de vírus para aumentar a produtividade e qualidade do cultivo (Ramírez; Chávez; Fereres, 2024).

2.8 MULTIPLICAÇÃO DE TÚBERAS-SEMENTES

A multiplicação do inhame por tubérculos-semente é um processo essencial na produção em larga escala dessa cultura, proporcionando uma maneira eficiente de garantir um suprimento constante de material de plantio de qualidade (Cunha, 2014). Segundo Santos (1996), os tubérculos-semente podem ser propagados a partir de sementes inteiras ou partes específicas, como a cabeça, o meio e a ponta. No entanto, os tubérculos-semente

inteiros ou da cabeça são preferíveis devido à sua rápida brotação e à capacidade de uniformizar a população de plantas em campo, resultando em um aumento na produção de túberas comerciais (Aighewi *et al.*, 2020).

O método de multiplicação por tubérculos-semente, também conhecido como propagação vegetativa, é amplamente adotado na produção de inhame em larga escala, como observado por Santos (2006). Este processo envolve o uso de partes da planta mãe, como os próprios tubérculos, para gerar novas plantas geneticamente idênticas (Onwueme; Charles, 1994). Estudos recentes indicam que o uso de estacas de caule pode produzir minitubérculos de forma eficaz, com resultados ideais obtidos a partir de cortes em posição mediana (Santos *et al.*, 2022).

Para realizar a multiplicação por tubérculos-semente de forma eficaz, é necessário seguir algumas etapas específicas. Primeiramente, é fundamental selecionar tubérculos-semente de alta qualidade, livres de doenças e danos, como recomendado por Alencar e Lemos (2000) e Santos *et al.* (2007). A preparação dos tubérculos-semente, que inclui tratamentos para prevenção de doenças e estímulo ao desenvolvimento das gemas, também é crucial para garantir o sucesso da multiplicação (Aighewi *et al.*, 2014).

Em seguida, os tubérculos-semente preparados são plantados no solo, seguindo técnicas adequadas de manejo e profundidade de plantio (Silva *et al.*, 2017). Durante o ciclo de crescimento das plantas, é essencial fornecer os cuidados necessários, como irrigação adequada e controle de pragas e doenças (Alencar; Lemos, 2000). Após o período de crescimento, os tubérculos formados estão prontos para a colheita e armazenamento, garantindo a viabilidade do material de plantio para a próxima safra (Santos *et al.*, 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEWOY, D. Review on postharvest handling practices of root and tuber crops. **International Journal of Plant Breeding and Crop Science**, [online], v. 8, n. 1, p. 992-1000, 2021.
- ABRAHAM, K.; NAIR, S.G.; SREEKUMARI, M.T.; UNNIKRIISHNAN, M. Seed set and seedling variation in greater yam (*Dioscorea alata* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 35, p. 337-343, 1986.
- ABRAMO, M. A. **Taioba, cará e inhame: o grande potencial inexplorado**. São Paulo: Editora Ícone. 1990, 80p.

ADEJUMOBI, I.I.; AGRE, P.A.; ADEYINKA, A.S.; CIPRIANO, I.M.; ADHEKA, J.G.; ONAUTSHU, D.O. Status of yam (*Dioscorea spp.*) in the Democratic Republic of Congo. **Plant Breeding**, Hoboken, v. 142, n. 5, p. 563-572, 2023.

ADEJUMOBI, I.I.; AGRE, P.A.; ONAUTSHU, D.O.; ADHEKA, J.G.; CIPRIANO, I.M.; MONZENGA, J.C.L.; KOMOY, J.L. Assessment of the yam landraces (*Dioscorea spp.*) of DR Congo for reactions to pathological diseases, yield potential, and tuber quality characteristics. **Agriculture**, Basel, v.12, n.5, p.599, 2022.

ADJEL, E.A.; ESUMA, W.; ALICAI, T.; BHATTACHARJEE, R.; DRAMADRI, I.O.; AGABA, R.; CHAMBA, E.B.; ODONG, T.L. Phenotypic diversity within Ugandan yam (*Dioscorea* species) germplasm collection. **International Journal of Agronomy**, Londres, v. 2022, 2022.

ADJEL, E.A.; ESUMA, W.; ALICAI, T.; BHATTACHARJEE, R.; DRAMADRI, I.O.; EDEMA, R.; CHAMBA, E.B.; ODONG, T.L. Genetic diversity and population structure of Uganda's yam (*Dioscorea spp.*) genetic resource based on DArTseq. **Plos one**, Basel, v. 18, n. 2, p. e0277537, 2023.

ADERIYE, B.I.; OGUNDANA, S.K.; ADESANYA, S.A.; ROBERTS, M.F. Antifungal properties of Yam (*Dioscorea alata*) peel extract. **Folia Microbiologica**. Heidelberg, v. 41, p.407–412, 1996.

ADEWUMI, A. S.; ADEJUMOBI, I. I.; OPOKU, V. A.; ASARE, P. A.; ADU, M. O.; TAAH, K. J.; STANLEY, A. E.; OLATUNDE, T. E.; AFUTU, E.; AKABA, S.; MUSHORIWA, H.; AGRE, P. A. Exploring quantitative trait nucleotides associated with response to yam mosaic virus severity and tuber yield traits in *Dioscorea praehensilis* Benth. germplasm via genome-wide association scanning. **Frontiers in Horticulture**, Lausanne, v. 3, p. 145-176, 2024.

ADOMÈNIENÈ, A.; VENSKUTONIS, P.R. *Dioscorea spp.*: Comprehensive review of antioxidant properties and their relation to phytochemicals and health benefits. **Molecules**, Basel, v. 27, n. 8, p. 2530, 2022.

AIGHEWI, B.A.; ASIEDU, R.; MAROYA, N.; BALOGUN, M. Improved propagation methods to raise the productivity of yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). **Food Security**, London, v. 7, p.823–834, 2015.

AIGHEWI, B.; MAROYA, N.; ASIEDU, R.; AIHEBHORIA, D.; BALOGUN, M.; MIGNOUNA, D. Seed yam production from whole tubers versus minisetts. **Journal of Crop Improvement**, Hong Kong, v. 34, n. 6, p. 858-874, 2020.

AGBA, S.A.; ODE, I.; UGBEM, C.; NWAFOR, S.C. Impact of Yam Postharvest Activities on Standard of Living of Yam Farming Households in North-East Zone of Benue State, Nigeria. **Journal of Applied Life Sciences International**, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2019.

AGRE, P.A.; ASIBE, F.; DARKWA, K.; EDEMODU, A.; BAUCHET, G.; ASIEDU, R.; ADEBOLA, P.; ASFAW, A. Phenotypic and molecular assessment of genetic

structure and diversity in a panel of winged yam (*Dioscorea alata*) clones and cultivars. **Scientific reports**, Londres, v. 9, n. 1, p. 18221, 2019.

AGRE, P.A.; DASSOU, A.G.; LOKO, L.E.; IDOSSOU, R.; DADONOUGBO, E.; GBAGUIDI, A.; MONDO, J.M.; MUYIDEEN, Y.; ADEBOLA, P.O.; ASFAW, A. Diversity of white Guinea yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) cultivars from Benin as revealed by agro-morphological traits and SNP markers. **Plant Genetic Resources**, Cambridge, v. 19, n. 5, p. 437-446, 2021.

AGRE, P.A.; EDEMODOU, A.; OBIDIEGWU, J.E.; ADEBOLA, P.; ASIEDU, R.; ASFAW, A. Variability and genetic merits of white Guinea yam landraces in Nigeria. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 14, p. 1-17, 2023.

AKAKPO, R.; SCARCELLI, N.; CHAÏR, H.; DANSI, A.; DJEDATIN, G.; THUILLET, A.C.; RHONÉ, B.; FRANÇOIS, O.; ALIX, K.; VIGOUROUX, Y. Molecular basis of African yam domestication: analyses of selection point to root development, starch biosynthesis, and photosynthesis related genes. **BMC genomics**, Londres, v. 18, p. 1-9, 2017.

ALENCAR, L.M.C.; LEMOS, E.E.P. Propagação do Inhame (*Dioscorea spp.*). In: PEIXOTO NETO, P.A.S.; LOPES FILHO, J.; CAETANO, L.C.; ALENCAR, L.M.C.; LEMOS, E.E.P. **Inhame o nordeste fértil**. Maceió: Edufal, p. 55-61. 2000.

ALMEIDA, I.V.B. de; SOUZA, J.T.A.; BATISTA, M.C. Genetic improvement of xerophilic forage plants. **PUBVET**, Londrina, v. 13, n. 8, 2019.

AMADI, E.N.; KIIN-KABARI, D.B.; WILLIAM-WEST, D.P.; PEPPE, G.E. Microbiological flora and proximate composition of the yam beetle, *Heteroligus meles*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Kanchipuram, v. 5, n. 12, p. 370-375, 2016.

AMUSA, N.A.; ADEGBITE, A.A.; MUHAMMED, S.; BAIYEWU, R.A. Yam diseases and its management in Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, Lagos, v. 2, p. 497-502, 2003.

ARIYO, O.C.; USMAN, M.B.; OLORUKOOBA, M.M.; OLAGUNJU, O.E.; ONI, O.B.; SULEIMAN, R.; ARIYO, M.O. Economics of yam production in gboyin local government area of ekiti state, Nigeria. **Journal of Experimental Agriculture International**, Hooghly, v. 42, n. 4, p. 99-110, 2020.

ARNAU, G.; BHATTACHARJEE, R.; MN, S.; CHAIR, H.; MALAPA, R.; LEBOT, V.; ABRAHAM, K.; PERRIERX.; PETRO, D.; PENET, L.; PAVIS, C. Understanding the genetic diversity and population structure of yam (*Dioscorea alata* L.) using microsatellite markers. **PloS one**, San Franscisco, v. 12, n. 3, p. e0174150, 2017.

ARRIETA-GUERRA, J.J.; DÍAZ-CABADIAZ, A.T.; PÉREZ-PAZOS, J.V.; CADENA-TORRES, J.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, D.B. Hongos asociados a la pudrición seca de tubérculos de ñame (*Dioscorea rotundata* Poir.) en Córdoba, Colombia. **Agronomía Mesoamericana**, San José, v. 32, n. 3, p. 790-807, 2021.

ASFAW, A.; AGRE, P.A.; DIENG, I.; ADEBOLA, P.; OBIDIEGWU, J.E.; CHAMBA, E.; DARKWA, K.; OTOO, E.; DANSI, A.; DIBI, K.E.B. Trends in genetic gain for yam in the IITA breeding program. **Crop Science**, Madison, v.64, p.2261–2273, 2024.

ASIEDU, R.; SARTIE, A. Crops that feed the world 1. **Yams for income and food security**. Ibadan, v. 2, p.305-315, 2010.

AVULA, B.; WANG, Y.H.; WANG, M.; ALI, Z.; SMILLIE, T.J.; ZWEIGENBAUM, J.; KHAN, I.A. Characterization of steroidal saponins from *Dioscorea villosa* and *D. cayenensis* using ultrahigh performance liquid chromatography/electrospray ionization quadrupole time-of-flight mass spectrometry. **Planta medica**, Stuttgart, p. 321-329, 2014.

BAKAYOKO, L.; POKOU, D.N.D.; KOUASSI, A.B.; AGRE, P.A.; KOUAKOU, A.M.; DIBI, K.E.B.; NZUE, B.; MONDO, J.M.; ADEBOLA, P.; AKINTAYO, O.T.; ASFAW, A.; N'GUETTA, A.S.P. Diversity of Water Yam (*Dioscorea alata* L.) accessions from Côte d'Ivoire based on SNP markers and agronomic traits. **Plants**, Basel, v. 10, n. 12, p. 1-18, 2021.

BETHLENFALVAY, G.J.; EVANS, R.A.; LESPERANCE, A.L. Mycorrhizal Colonization of Crested Wheatgrass as Influenced by Grazing 1. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 2, p. 233-236, 1985.

BLACK, R.E.; HURLEY, F.J.; HAVERY, D.C.; Occurrences of 1,4-dioxane in cosmetic raw materials and finished cosmetic products. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 84, n. 3, p. 666–670, 2001.

BRAIMAH, H.; ANCHIRINAH, V. M.; ADU-MENSAH, J. Yam pests in the Ashanti and Brong Ahafo regions of Ghana: A study of farmers' indigenous technical knowledge and control practices. **Ghana Journal of Agricultural Science**, Ghana, v. 40, n. 1, p. 33-42, 2007.

CADDICK, L.R.; RUDALL, P.J.; WILKIN, P.; HEDDERSON, T.A.; CHASE, M.W. Phylogenetics of Dioscoreales based on combined analyses of morphological and molecular data. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 138, n. 2, p. 123-144, 2002.

ÇALIŞKAN, M.E.; AYDIN, S. **Genetic Diversity-Recent Advances and Applications**. 1 ed. Rijeka: IntechOpen, 2023. 160p.

CAO, T.; SUN, J.; SHAN, N.; CHEN, X.; WANG, P.; ZHU, Q.; XIAO, Y.; ZHANG, H.; ZHOU, Q.; HUANG, Y. Uncovering the genetic diversity of yams (*Dioscorea* spp.) in China by combining phenotypic trait and molecular marker analyses. **Ecology and evolution**, Hoboken, v. 11, n. 15, p. 9970-9986, 2021.

CAZÉ FILHO, J. Clonagem do Inhame (*Dioscorea* sp.) por métodos biotecnológicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2., 2002. João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: EMEPA – PB, 2002. v.1, p. 113-123.

- CEREDA, M. P. Potencial de taro e inhame como matéria-prima. **Oceania**, Sydney, v. 222, p. 285.
- CHANG, S. J.; LEE, Y. C.; LIU, S. Y.; CHANG, T. W. Chinese Yam (*Dioscorea alata* cv. Tainung No. 2) Feeding exhibited antioxidative effects in hyperhomocysteinemia rats. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, London, v. 52, p. 1720-1725, 2004.
- CHEN, X.; SUN, J.; ZHU, Q.; XIAO, Y.; ZHANG, H.; HUANG, Y.; WANG, P.; CAO, T.; HU, R.; XIANG, Z.; SHAN, N.; ZHOU, Q. Characterizing diversity based on phenotypes and molecular marker analyses of purple yam (*Dioscorea alata* L.) germplasm in southern China. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 69, n. 7, p. 2501-2513, 2022.
- CHEVALIER, A. Nouvelles recherches sur les ignames cultivées. **Revue Internationale de Botanique appliquée à l'Agriculture Tropicale**, Paris, v. 26, n. 26-31, 1946.
- COURSEY, D. G. **Yams**. An account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the Dioscoreaceae. Longmans, Green and Co. Ltd. Londres, UK. 1967, 230p.
- CUNHA, E.C. **Produção de mudas de inhame (*Dioscorea rotundata*) de alta qualidade fitossanitária**. 2014. 53p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.
- DARKWA, K.; OLASANMI, B.; ASIEDU, R.; ASFAW, A. Review of empirical and emerging breeding methods and tools for yam (*Dioscorea* spp.) improvement: Status and prospects. **Plant Breeding**, New Jersey, v. 139, n. 3, p. 474-497, 2020.
- DECKER, J.S. **Aspectos Biológicos da Flora Brasileira**. São Leopoldo: Casa Editorial Rotermundo & Co. 1936.
- DEGRAS, L. Quelques données sur la variabilité de descendance d'igname Cousse-couche *D. trifida*. In: CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY, 7., 1969. Guadeloupe. **Anais...** Guadeloupe: INRA, 1969. p. 59-65.
- DONYE, A.O.; GWARY, M.M.; NUHU, H.S.; ZHINTSWEN, A.A. Assessment of youth involvement in yam production in Wukari local Government area of Taraba State, Nigeria. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Glendale CA, v. 3, n. 8, p. 311-317, 2012.
- DOSSA, K.; HOUNGBO, M. E.; IREP, J. L.; CHAIR, H.; CORNET, D. Identification and analysis of genomic regions influencing leaf morpho-physiological traits related to stress responses in *Dioscorea alata*. **bioRxiv**, Cold Spring Harbor, p. 2023.10.18.562915, 2023.
- ENCHILL, A.; NYAKU, S.T.; OSABUTEY, S.; LUTUF, H.; CORNELIUS, E. Prevalence of yam nematodes in diverse soil communities, and their morphometrics in the Krachi-Nchumuru District of Ghana. **African Crop Science Journal**, Kampala, v. 31, n. 3, p. 319-336, 2023.

FARIA, A.P.; FONSECA JÚNIOR, N. DA S.; DESTRO, D.; FARIA, R.T. DE. Ganho genético na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 28, n. 1, p. 71-78, 2007.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Countries by commodity. **FAOSTAT**, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 27 Abr. 2024.

FERRARO, V.; PICCIRILLO, C.; TOMLINS, K.; PINTADO, M.E. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and yam (*Dioscorea* spp.) crops and their derived foodstuffs: safety, security and nutritional value. **Critical reviews in foodscience and nutrition**, Abingdon, v. 56, n. 16, p. 2714-2727, 2016.

FERRIOL, M. Morphological Diversity of Edible Yam (*Dioscorea* spp) in Tablas, Island, Romblon, Philippines. **Romblon State University Research Journal**, Odiongan, v. 5, n. 1, p. 33-42, 2023.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. *Dioscorea* L. 2024. **Reflora**. Disponível em: https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=1&idsFilhosAlgas=%5B2%5D&idsFilhosFungos=%5B1%2C11%2C10%5D&lingua=&grupo=6&familia=null&genero=Dioscorea&especie=&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODO&origem=TODO®iao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP_VAR&opcoesBusca=TODO_OS_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica. Acesso em: 20 Mai. 2024.

FROSSARD, E.; AIGHEWI, B.A.; AKÉ, S.; BARJOLLE, D.; BAUMANN, P.; BERNET, T.; DAO, D.; DIBY, L.N.; FLOQUET, T.; HGAZA, K.V.; ILBOUDO, L.J.; KIBA, D.K.; MONBO, R.L.; NACRO, H.B.; NICOLAY, G.L.; OKA, E.; OUTATTARA, Y.F.; POUYA, N.; SENANAYAKE, R.L.; SIX, J.; TRAORÉ, O.I. The challenge of improving soil fertility in yam cropping systems of West Africa. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 8, p. 304872, 2017.

GATARIRA, C.; AGRE, P.; MATSUMOTO, R.; EDEMODU, A.; ADETIMIRIN, V.; BHATTACHARJEE, R.; ASIEDU, R.; ASFAW, A. Genome-wide association analysis for tuber dry matter and oxidative browning in water yam (*Dioscorea alata* L.). **Plants**, Basel, v. 9, n. 8, p. 969, 2020.

GHOOGARE, R.; LUDWIG, Y.; BUENO, G.M.; SLAMET-LOEDIN, I.H.; DHINGRA, A. Genome editing reagent delivery in plants. **Transgenic Research**, Dordrecht, v.30, n.4, p.321–335, 2021.

GOGILE, A.; KEBEDE, M.; KIDANEMARIAM, D.; ABRAHAM, A. Identification of yam mosaic virus as the main cause of yam mosaic diseases in Ethiopia. **Heliyon**, v. 10, n.5, p.1-9, 2024.

HAN, C.H.; LIU, J.C.; FANG, S.U.; HOU, W.C. Antioxidant activities of

synthesised thiol-contained peptides derived from computer-aided pepsin hydrolysis of yam tuber storage protein, dioscorin. **Food Chemistry**, Washington DC, v.138, p. 923–930, 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Produção de Inhame. **IBGE**, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/inhame/br> Acesso em: 22 mai. 2024.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Inhame. **IBGE**, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=29008&t=resultados>. Acesso em: 22 mai. 2024.

ISEKI, K.; MATSUMOTO, R.; OLALEYE, O.; SHIMIZU, M.; ASFAW, A. Variability of flowering sex and its effect on agronomic trait expression in white guinea yam. **Frontiers in Plant Science**, Basel, v. 13, p. 837951, 2022.

ITOLOU, K.A.; ATTI, T.; MAWUKO, S.B.; KOLANI, S.R.; HAOUGUI, A.; YAWOVI, G.D.M. Inventaire Des Nématodes Parasites et Mycorhization Naturelle de l'Igname (*Dioscorea spp.*) Dans La Région Centrale Du Togo. **European Scientific Journal**, Kocani, v.16, n.3, p.7857–7881, 2020.

JIANG, Y.; LU, X.Y.; QIN, Y.L.; ZHANG, Y.M.; SHAO, Z.Q. Genome-Wide Identification and Evolutionary Analysis of Receptor-like Kinase Family Genes Provides Insights into Anthracnose Resistance of *Dioscorea alata*. **Plants**, Basel, v. 13, n. 9, p. 1274, 2024.

KARKUTE, S.G.; SINGH, A.K.; GUPTA, O.P.; SINGH, P.M.; SINGH, B. CRISPR/Cas9 mediated genome engineering for improvement of horticultural crops. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 8, p. 292352, 2017.

KORSA, F.; FEYISSA, T.; DESSALEGN, O.; MEKONNEN, T. Genetic diversity and population structure of Yam (*Dioscorea* species) from Western Ethiopia as revealed by simple sequence repeat markers. **Research Square**, Durham, p.1-19, 2022.

KUMAR, A.; GOPAL, S.C.; SHARMA, N.; POOJA; SINGH, A.; LATA, C.; PRASHAD, J.; RAJKUMAR, E. Changes in biochemical constituents, enzyme activities and protein profiles during root-shoot differentiation in callus culture of *Dioscorea alata*. **International Journal of Agricultural Science**, Atenas, v. 87, p.107–114, 2017.

KUMAR, V.; WANKHEDE, K.G.; GENA, H.C. Role of cooperatives in improving livelihood of farmers on sustainable basis. **American journal of educational research**, New York, v. 3, n. 10, p. 1258-1266, 2015.

LEBOT, V. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. In: LEBOT, V. **Pests and diseases**. Wallingford: CABI, 2009. p. 253–264.

LEONEL, M.; MISCHAN, M.M.; PINHO, S.Z.D.; IATURO, R.A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 26, p. 459-464, 2006.

LIU, Y.; LI, H.; FAN, Y.; MAN, S.; LIU, Z.; GAO, W.; WANG, T. Antioxidant and antitumor activities of the extracts from Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) Flesh and peel and the effective compounds. **Journal Food Science, Chicago**, v. 81, n. 6, p. 1553–1564, 2016.

LOKO, Y.L.; DANSI, A.; TAMO, M.; BOKONON-GANTA, A.H.; ASSOGBA, P.; DANSI, M.; VODOUHE', R.; AKOEGNINOU, A.; SANNI, A. Storage insects on yam chips and their traditional management in Northern Benin. **The Scientific World Journal**, Hoboken, v. 2013, p.1-11, 2013.

LÓPEZ, D.B.S; CASTELLANOS, L.L.; CABADIAZ, A.T.D.; PAZOS, J. V.P.; TORRES, J.C. Identificación de hongos asociados a la pudrición seca del ñame bajo condiciones de almacenamiento. **Journal of High Andean Research**, Puno, v.22, n.3, p.199-214, 2020.

LÓPEZ, D.B.S.; CASTELLANOS, L.L.L.; CARVAJAL, M.R.E.; POLO, D.J.P.; TORRES, J.C. Capacidad de infección de hongos asociados a la pudrición seca de los Tubérculos de Ñame: Fungal infection. **Revista Investigaciones Altoandinas**, Puno, v. 23, n. 3, p. 149-158, 2021.

MAHER, M.F.; NASTI, R.A.; VOLLBRECHT, M.; STARKER, C.G.; CLARK, M.D.; VOYTAS, D.F. Plant gene editing through de novo induction of meristems. **Nature Biotechnology**, London, v.38, n.1, p.84–89, 2020.

MAROYA, N.; BALOGUN, M.; AIGHEWI, B.; MIGNOUNA, D.B.; KUMAR, P.L.; ASIEDU, R. Transforming yam seed systems in West Africa. In: THIELE, G.; FRIEDMANN, M.; CAMPOS, H.; POLAR, V.; BENTLEY, J.W. (Eds). **Root, Tuber and Banana Food System Innovations: Value Creation for Inclusive Outcomes**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 421-451.

MARTÍNEZ-REINA, A.; TORDECILLA-ZUMAQUÉ, L.; GRANDETT-MARTÍNEZ, L.; REGINO-HERNÁNDEZ, S.; LUNA-CASTELLANOS, L.L.; PÉREZ-CANTERO, S.P. Analysis of the technical efficiency of yam cultivation (*Dioscorea* spp.) in the Caribbean Region of Colombia. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, Tunja, v. 15, n. 2, 2021.

MASSAWE, J.I.; TEMU, G.E. Morphological Variabilities and Identification of Yam (*Dioscorea spp.*) Genotypes from Major Growing Regions in Tanzania. **Tanzania Journal of Science**, Dar es Salaam, v. 48, n. 4, p. 897-912, 2022.

MATSUMOTO, R.; ISHIKAWA, H.; ASFAW, A.; ASIEDU, R. Low soil nutrient tolerance and mineral fertilizer response in White Guinea Yam (*Dioscorea rotundata*) genotypes. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, p. 629762, 2021.

MIGNOUNA, H.D.; ABANG, M.M.; FAGBEMI, S.A. A comparative assessment of molecular marker assays (AFLP, RAPD and SSR) for white yam (*Dioscorea rotundata*)

germplasm characterization. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v. 142, n. 3, p. 269-276, 2003.

MONDO, J.M.; CHUMA, G.B.; MATITI, H.M.; KIHYE, J.B.; BAGULA, E.M.; KARUME, K.; KAHINDO, C.; EGERU, A.; MAJALIWA, J.G.M.; AGRE, P.A.; ADEBOLA, P.A.; ASFAW, A. Crop calendar optimization for climate change adaptation in yam farming in South-Kivu, eastern DR Congo. **PloS one**, San Francisco, v. 19, n. 9, 2024.

MONTES, A.J.L.; BHATTACHARJEE, R.; TESSEMA, G. G. Yam breeding at IITA: achievements, challenges, and prospects. **IITA Journal Articles**, Ibadan, p.27-30, 2012.

MOTA, A. P. Z.; DOSSA, K.; LECHAUDEL, M.; CORNET, D.; MOURNET, P.; SANTONI, S.; LOPEZ, D.; CHAÏR, H. Whole-genome sequencing and comparative genomics reveal candidate genes associated with quality traits in *Dioscorea alata*. **BMC genomics**, London, v. 25, n. 1, p. 248, 2024.

MONTE-GUEDES, C.K.R.; MONTE-GUEDES, A.F.L.; MONTENEGRO STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, T.L.M. Inhame (*Dioscorea sp.*): alimento funcional?. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Maringá, v. 21, p. 290-199, 2019.

MOREIRA, R.F.C.; AFONSO, S.D.J.; LEDO, C.A. da S.; SILVA, S.A.; CONCEIÇÃO, A.L. da S.; CERQUEIRA-PEREIRA, E.C.; LINGE, C. Da S. Agro-morphological diversity in yam genotypes from Recncavo of Bahia, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 12, n. 24, p. 2070-2077, 2017.

MULUALEM, T.; MEKBIB, F.; SHIMELIS, H.; GEBRE, E.; AMELEWORK, B. Genetic diversity of yam (*Dioscorea spp.*) landrace collections from Ethiopia using simple sequence repeat markers. **Australian Journal of Crop Science**, Sydney, v. 12, n. 8, p. 1222-1230, 2018.

MURUGAN, M.; MOHAN, V. R. In-vitro antioxidant studies of *Dioscorea esculenta* (Lour). Burkill. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [online] v. 2, p. 1620–1624, 2012.

NARZARY, C.; SARKAR, D.; DAS, P.; PAPI, D. Ethanobotany, Phytochemistry and Pharmacological Activity of *Dioscorea bulbifera*: A Comprehensive Review. **Chemistry & Biodiversity**, Weinheim, p.1-17, 2024.

NASEEM, N.; KHALIQ, T.; JAN, S.; NABI, S.; SULTAN, P.; HASSAN, Q. P.; MIR, F. A An overview on pharmacological significance, phytochemical potential, traditional importance and conservation strategies of *Dioscorea deltoidea*: A high valued endangered medicinal plant. **Heliyon**, Cambridge, v.10, n.10e31245, 2024.

NAYAR, N. M. The contribution of tropical tuber crops towards food security. **Journal of Root Crops**, Sreekariyam, v. 40, n. 1, p. 3-14, 2014.

- NDUBUEZE-OGARAKU, M.E.; ADEYOOLA, O.A.; NWIGWE, C.A. Determinants of technical efficiency of small-holders yam farmers in Nigeria. **Review of Agricultural and Applied Economics**, Lincoln, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2021.
- NGWE, M.F.S.N.; OMOKOLO, D.N.; JOLY, S. Evolution and phylogenetic diversity of yam species (*Dioscorea spp.*): Implication for conservation and agricultural practices. **PLoS one**, San Francisco, v. 10, n. 12, p.1-15, 2015.
- NORMAN, P.E.; AGRE, P.A.; ASIEDU, R.; ASFAW, A. Multiple-traits selection in white guinea yam (*Dioscorea rotundata*) genotypes. **Plants**, Basel, v. 11, n. 21, p. 3003, 2022.
- NWOGHA, J.S.; ABTEW, W.G.; RAVEENDRAN, M.; OSELEBE, H.O.; OBIDIEGWU, J.E.; CHILAKA, C.A.; AMIRTHAM, D.D. Role of non-structural sugar metabolism in regulating tuber dormancy in white yam (*Dioscorea rotundata*). **Agriculture**, New York, v. 13, n. 2, p. 343, 2023.
- NYABOGA, E.; TRIPATHI, J.N.; MANOHARAN, R.; TRIPATHI, L. Agrobacterium-mediated genetic transformation of yam (*Dioscorea rotundata*): an important tool for functional study of genes and crop improvement. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 5, p. 1-14, 2014.
- PADHAN, B.; MUKHERJEE, A.K.; MOHANTY, S.K.; LENKA, S.K.; PANDA, D. Genetic variability and inter species relationship between wild and cultivated yams (*Dioscorea spp.*) from Koraput, India based on molecular and morphological markers. **Physiology and molecular biology of plants**, London, v. 25, p. 1225-1233, 2019.
- PADHAN, B.; PANDA, D. Potential of neglected and underutilized yams (*Dioscorea spp.*) for improving nutritional security and health benefits. **Frontiers in pharmacology**, Lausanne, v. 11, p. 1-13, 2020.
- PEDRALLI, G. Dioscoreaceae. In: RIBEIRO J.E.; HOPKINS M.; VICENTINI A. (Eds). **Flora da Reserva Ducke**: Guia de Identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme da Amazônia. 1 ed. Manaus, AM: INPA/DFID. v. 1, p. 723-724, 1999.
- PEDRALLI, G. Dioscoreaceae e Araceae: Aspectos Taxonômicos, Etnobotânicos e Espécies Nativas com Potencial para Melhoramento Genético. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, PB: EMEPA – PB, 2002. 2002. p.37-53
- OBIDIEGWU, J.E.; LYONS, J.B.; CHILAKA, C.A. The *Dioscorea* Genus (Yam)—An appraisal of nutritional and therapeutic potentials. **Foods**, Basel, v. 9, n. 9, p. 1-45, 2020.
- OLIVEIRA, A.P.D.; BARBOSA, L.J.D.N.; PEREIRA, W.E.; SILVA, J.E.L. da; OLIVEIRA, A.N.P. de. Produção de rizóforos comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 73-76, 2007.

OLIVEIRA, I.S.; LUZ, E.D.; BEZERRA, J.L.; MOURA, R.M.; TORRES, G.R.; MAIA, L.C. Severidade da podridão-verde em inhames e especialização fisiológica em *Penicillium sclerotigenum*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 94-98, 2006.

OLORUNSANYA, E.O. A Gender based Economic Analysis of Yam Production among Resource Poor Farm Households in Kwara State, Nigeria. **Agricultura Tropica et Subtropica**, Poznań, v. 48, n. 1-2, p. 5-10, 2015.

ONWUEME, I.C.; CHARLES, W.B. **Tropical root and tuber crops - Production, perspectives and future prospects**. FAO Plant Production & Rome: FAO. 1994. 228p.

ONWUEME, I.C.; JOHNSTON, M. Influence of shade on stomatal density, leaf size and other leaf characteristics in the major tropical root crops, tannia, sweet potato, yam, cassava and taro. **Experimental Agriculture**, Wallingford, v. 36, n. 4, p. 509-516, 2000.

ONWUARO, A.S.; NWANDU, P.I.; JOSEPH, M.; HAMIDU, B. Assessment of women's participation in the community action in improving farmer-saved seed yam (cay-seed) project, Abuja Nigeria. **Journal of Agripreneurship and Sustainable Development**, Bauchi, v. 4, n. 1, p. 165-170, 2021.

OTEGBAYO, B.O.; OGUNIYAN, D.J.; OLUNLADE, B.A.; ORONIRAN, O.O.; ATOBATELE, O.E. Characterizing genotypic variation in biochemical composition, anti-nutritional and mineral bioavailability of some Nigerian yam (*Dioscorea spp.*) land races. **Journal of food science and technology**, Mumbai, v. 55, p. 205-216, 2018.

OWITI, A.A.; BARGUL, J.L.; OBIERO, G.O.; NYABOGA, E.N. Analysis of genetic diversity and population structure in Yam (*Dioscorea Species*) germplasm using start codon targeted (SCoT) molecular markers. **International Journal of Plant Biology**, London, v. 14, n. 1, p. 299-311, 2023.

QIN, Y. H.; WANG, F. L.; CAI, L.; GAO, S. X.; WEN, Y.; LIU, Y. X.; LU, C. T.; YANG, J.; LI, X. M.; QI, W. P.; ZHANG, H. R.; WANG, F. First report of youcai mosaic virus infecting yam in China. **Plant Disease**, St Paul, v. 107, n. 4, p. 1247, 2023.

QIU, Y.; LI, L.; WANG, B.; CHEN, Z.; KNOOP, V.; GROTH-MALONEK, M. ; DOMBROVSKA, O.; LEE, J.; KENT, L.; REST, J.S.; ESTABROOK, G.F.; HENDRY, T.; TAYLOR, D.W.; TESTA, C.M.; AMBROS, M.; CRANDALL-STOTLER, B.; DUFF, R.J.; STECH, M.; FREY, W.; QUANDT, D.; DAVIS, C.C. The deepest divergences in land plants inferred from phylogenomic evidence. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Wahshignts v.103, n.42, p.15511-15516, 2006.

RAMÍREZ, J.E.G.; CHÁVEZ, V.V.; FERERES, A.; PORTAL, O. Effect of plantain barrier plants on potyvirus-associated diseases in yam cultivation. **Research Square**, Durham, 2024.

RAVELO, J.; BATALON, L. J.; LALUSIN, A. Genetic Diversity Analysis of Greater Yam (*Dioscorea alata* L.) Collections Using Tuber Morphology and Simple Sequence Repeats (SSR) Markers. **The Philippine Agricultural Scientist**, Los Baños, v. 107, n. 2, p. 5, 2024.

RAVINDRAN, A. P.; LAJAPATHY, J.M.; LALITHAKUMARI, S.G.; MOHAN, A.K.; CYRIAC, T.; USHA, S.S. Efficacy of *Bacillus licheniformis*: a biocontrol agent against *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.(Penz. & Sacc.) causing anthracnose in greater yam (*Dioscorea alata* L.). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, Caíro, v. 33, n. 1, p. 112, 2023.

RIVERA-JIMÉNEZ, H.J.; ÁLVAREZ-SOTO, A.; PALACIO-MEJÍA, J. D.; BARRIOS-LEAL, D. Y.; LÓPEZ-ÁLVAREZ, D. Diversidad genética intra e inter-específica de ñame (*Dioscorea spp.*) de la región Caribe de Colombia mediante marcadores AFLP. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 60, n. 4, p. 328-338, 2011.

SADIK, S.; OKEREKE, O. U. **A new approach to improvement of yam *Dioscorea rotundata***. London: Nature. v. 254, p. 135-135, 1975.

SAFFA, M.D.; SAQUEE, F.S.; NORMAN, P.E.; KAVHIZA, N.J.; SIMBO, D.; ZARGAR, M.; LYASHKO, M.; PAKINA, E.; VVEDENSKY, V. Influence of Field and Storage Diseases and Pests on Tuber Yield and Quality of Exotic and Local Yam (*Dioscorea spp.*) Genotypes. **Horticulturae**, Switzerland, v. 9, n. 11, p. 1183, 2023.

SALEHI, B.; SENER, B.; KILIC, M.; SHARIFI-RAD, J.; NAZ, R.; YOUSAF, Z.; FOKOUG, P.V.T.; EZZATH, I.S.M.; MAHITAB, H.; BISHBISHYH, E.; TAHERIJ, K. Y.; LUCARIELLO, G.; DURAZZOM, A.; LUCARINIM, M.; SULERIAN, H.A.R.; SANTINIL, A. *Dioscorea* plants: a genus rich in vital nutra-pharmaceuticals-A review. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR**, Teerã, v. 18, n. Suppl1, p. 68-89, 2019.

SANTOS, C.A.D.; ARRIGONI-BLANK, M.D.F.; GOIS, I.B.; COSTA, A.S.D.; OLIVEIRA, S.D.D.S.; BLANK, A.F. Minituber production in yam for alternative vegetative propagation: types of cuttings, substrates, and anatomy. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n. 11, 2023.

SANTOS, E.S. **Inhame (*Dioscorea spp.*): aspectos básicos da cultura**. João Pessoa: EMEPA-PB, SEBRAE, 1996. 158p.

SANTOS E.S.; FONTINÉLLI, I.S.C.; LACERDA, J.T.; MATIAS, E.C.; BARBOSA, M.M. Sistema alternativo de produção de sementes de inhame (*Dioscorea sp.*). **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, p.19-24, 2007.

SANTOS, E.S. **Inhame: produção e preservação ambiental**. João Pessoa: EMEPA-PB. (Boletim informativo), 2006.

SCARCELLI, N.; CUBRY, P.; AKAKPO, R.; THUILLET, A.C.; OBIDIEGWU, J.; BACO, M.N.; VIGOUROUX, Y.; OTOO, E.; SONKÉ, B.; DANSI, A.; DJEDATIN, G.; MARIAC, C.; COUDERC, M.; CAUSSE, S.; ALIX, K.; CHAÏR, H.; OLIVIER FRANÇOIS, O.; VIGOUROUX, Y. Yam genomics supports West Africa as a major cradle of crop domestication. **Science advances**, Washington, D.C., v. 5, n. 5, p. 1-7, 2019.

SCARCELLI, N.; TOSTAIN, S.; MARIAC, C.; AGBANGLA, C.; DA, O.; BERTHAUD, J.; PHAM, J.L. Genetic nature of yams (*Dioscorea sp.*) domesticated by farmers in Benin (West Africa). **Genetic Resources and Crop Evolution**, Heidelberg, v. 53, p. 121-130, 2006b.

SCARCELLI, N.; TOSTAIN, S.; VIGOUROUX, Y.; AGBANGLA, C.; DAÏNOU, O.; PHAM, J. Farmers' use of wild relative and sexual reproduction in a vegetatively propagated crop. the case of yam in benin. **Molecular Ecology**, New Jersey, v. 15, n. 9, p. 2421-2431, 2006a.

SEETHARAM, Y.N.; JYOTHISHWARAN, G.; SUJEETH, H.; BARAD, A.; SHARANABASAPPA, G.; SHIVKUMAR, D. Antimicrobial activity of *Dioscorea bulbifera* bulbils. **Indian Journal of Pharmaceutical Science**, Mumbai, v. 65, p.195-196, 2003.

SHARIF, B.M.; BURGARELLA, C.; CORMIER, F.; MOURNET, P.; CAUSSE, S.; VAN, K.N.; KAOH, J.; RAJAONAH, M.T.; LAKSHAN, S.R.; WAKI, J.; BHATTACHARJEE, R.; BADARA, G.; PACHAKKIL, B.; ARNAU, G.; CHAÏR, H. Genome-wide genotyping elucidates the geographical diversification and dispersal of the polyploid and clonally propagated yam (*Dioscorea alata*). **Annals of botany**, Oxford, v. 126, n. 6, p. 1029-1038, 2020.

SILVA, A.D.A. AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Classificação. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CO NT000gx8wsdcp02wx7ha0myh2loxwclj8r.html. Acesso em: 25 Abr. 2024.

SILVA, L.R.; MEZETTE, T.F.; NASCIMENTO, W.F.D.; SILVA, E.F.; VEASEY, E.A. Spatially structured morphological and molecular diversity among *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata* yam accessions. **Plant genetic resources**, Cambridge, v. 15, n. 4, p. 296-309, 2017.

SILVA, L.R.G.; BAJAY, M.M.; MONTEIRO, M.; MEZETTE, T.F.; NASCIMENTO, W.F.; ZUCCHI, M.I.; VEASEY, E.A. Isolation and characterization of microsatellites for the yam *Dioscorea cayenensis* (Dioscoreaceae) and cross-amplification in *D. rotundata*. **Genetics and Molecular Research**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 2766-2771, 2014.

SIQUEIRA, M.V.B.M.; NASCIMENTO, W.F.D.; SILVA, L.R.G.; FERREIRA, A.B.; SILVA, E.F.D.; MING, L.C.; VEASEY, E.A. Distribution, management and diversity of yam local varieties in Brazil: a study on *Dioscorea alata* L. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 74, p. 52-61, 2014.

SHARIF, B.M.; BURGARELLA, C.; CORMIER, F.; MOURNET, P.; CAUSSE, S.; NGUYEN VAN, K.; KAOH, J.; RAJAONAH, M.T.; SENANAYAKE, R.L.; WAKI, J.; BHATTACHARJEE, R.; GUEYE, B.; PACHAKKIL, B.; ARNAU, G.; CHAÏR, H. Genome-wide genotyping elucidates the geographical diversification and dispersal of the polyploid and clonally propagated yam (*Dioscorea alata*). **Annals of botany**, Oxford, v. 126, n. 6, p. 1029-1038, 2020.

SOUSA, E.C.; RAIZADA, M.N. Contributions of African crops to American culture and beyond: the slave trade and other journeys of resilient peoples and crops. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 4, p. 1-24, 2020.

SUGIHARA, Y.; DARKWA, K.; YAEGASHI, H.; NATSUME, S.; SHIMIZU, M.; ABE, A.; HIRABUCHI, A.; ITO, K.; OIKAWA, K.; TAMIRU-OLI, M.; OHTA, A.; MATSUMOTO, R.; AGRE, P.; DE KOEYER, D.; PACHAKKI, B.; YAMANAKA, S.; MURANAKA, S.; TAKAGI, H.; WHITE, B.; ASIEDU, R.; INNAN, H.; ASFAW, A.; ADEBOLA, P.; TERAUCHI, R.I. Genome analyses reveal the hybrid origin of the staple crop white Guinea yam (*Dioscorea rotundata*). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, D.C., v. 117, n. 50, p. 31987-31992, 2020.

SUGIHARA, Y.; KUDOH, A.; OLI, M. T.; TAKAGI, H.; NATSUME, S.; SHIMIZU, M.; ABE, A.; ASIEDU, R.; ASFAW, A.; ADEBOLA, P.; TERAUCHI, R. Population genomics of yams: evolution and domestication of *Dioscorea* species. In: RAJORA, O, P. (Ed.). **Population Genomics: Crop Plants**. Springer: Heidelberg, 2021. P.837-864.

SUN, X.Q.; XUE, J.Y.; LEI, Z.; ZHANG, Y.M.; LI, M.M.; ZHOU, G.C.; HANG, Y. Taxonomic and phylogenetic significance of leaf venation characteristics in *Dioscorea* plants. **Archives of Biological Sciences**, Belgrado, v. 70, n. 2, p. 397-407, 2018.

SYOMBUA, E.D.; TRIPATHI, J.N.; OBIERO, G.O.; NGUU, E.K.; YANG, B.; WANG, K.; TRIPATHI, L. Potential applications of the CRISPR/Cas technology for genetic improvement of yam (*Dioscorea spp.*). **Food and Energy Security**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 1-18, 2022.

TAMIRU, M.; BECKER, H.C.; MAASS, B.L. Diversity, distribution and management of yam landraces (*Dioscorea spp.*) in Southern Ethiopia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 55, p. 115-131, 2008.

TARIQ, H.; XIAO, C.; WANG, L.; GE, H.; WANG, G.; SHEN, D.; DOU, D. Current Status of Yam Diseases and Advances of Their Control Strategies. **Agronomy**, Madison, v. 14, n. 7, 2024.

THINH, N. C.; KUMAGAI, E.; SHIMONO, H.; KAWASAKI, M. Effects of elevated TARIQ, Hamza *et al.* Current Status of Yam Diseases and Advances of Their Control Strategies. **Agronomy**, v. 14, n. 7, 2024. atmospheric CO₂ concentration on morphology of leaf blades in Chinese yam. **Plant Production Science**, Toquio, v. 21, n. 4, p. 311-321, 2018.

THINH, N.C.; SHIMONO, H.; KUMAGAI, E.; KAWASAKI, M. Effects of elevated CO₂ concentration on growth and photosynthesis of Chinese yam under different temperature regimes. **Plant Production Science**, Toquio, v. 20, n. 2, p. 227-236, 2017.

TIRNAZ, S.; ZANDBERG, J.; THOMAS, W.J.; MARSH, J.; EDWARDS, D.; BATLEY, J. Application of crop wild relatives in modern breeding: An overview of resources, experimental and computational methodologies. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, p. 1-17, v. 13, p. 1008904, 2022.

TOBIH, F.O.; EMOSAIRUE, S.O.; OMOLOYE, A. A. Evaluation of Carbofuran, Chlorpyrifos and Endosulfan for the control of yam beetles, *Heteroligus* spp.(Coleoptera: Dynastidae) in Delta State, Nigeria. **Nigerian Journal of Entomology**, Ibadan, v. 24, p. 76-81, 2007.

TOUCKIA, G.I.; ABA-TOUMNOU, L.; YONGO, O.D.; YARA, M.G.; KOKOU, K. The Impact of Conservation Agriculture Practice and Socio-Economic Factors on Yam Production (*Dioscorea alata* and *Dioscorea rotundata*) in Kalagoé (Lobaye, Central African Republic). **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology**. Hooghly, v.39, n.10, 2021.

TOSTAIN, S.; AGBANGLA, C.; SCARCELLI, N.; MARIAC, C.; DAÏNOU, O.; BERTHAUD, J.; PHAM, J.L. Genetic diversity analysis of yam cultivars (*Dioscorea rotundata* Poir.) in Benin using simple sequence repeat (SSR) markers. **Plant Genetic Resources**, Cambridge, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2007.

UMBER, M.; FILLOUX, D.; MULLER, E.; LABOUREAU, N.; GALZI, S.; ROUMAGNAC, P.; ISKA-CARUANA, M.L.; PAVIS, C.; TEYCHENEY, P.Y.; SEAL, S.E. The genome of A frican yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata* complex) hosts endogenous sequences from four distinct badnavirus species. **Molecular plant pathology**, New Jersey, v. 15, n. 8, p. 790-801, 2014.

UYOH, E.A.; ITA, E.E.; NTUI, V.O. Strategies for the Production of Disease-Free Yam Planting Materials: Implications for Improved Yam Production in Nigeria. *In*: OBEMBE, O.O.; EKUNDAYO, E.O.; OKOLI, A.S.; GIDADO, A.; ADETUNJI, C.O.; IBRAHIM, A.B.; UBI, B.E. **Agricultural Biotechnology, Biodiversity and Bioresources Conservation and Utilization**. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 101-126.

VALE, J.C.D.; SOARES, P.C.; CORNÉLIO, V.M.O.; REIS, M.S.; BORGES, V.; BISI, R.B.; SOARES, A.A.; FRITSCHÉ-NETO, R. Contribuição genética na produtividade do arroz irrigado em Minas Gerais no período de 1998 a 2010. **Bragantia**, Bragança, v. 71, p. 460-466, 2012.

VELÁZQUEZ-HERNÁNDEZ, J.M.; DURÁN-PUGA, N.; RUÍZ-CORRAL, J.A.; GONZÁLEZ-EGUIARTE, D.R.; SANTACRUZ-RUVALCABA, F.; GALLEGOS-RODRÍGUEZ, A. Distribución geográfica y usos de especies del género *Dioscorea*: Geographic distribution and uses of species of the genus *Dioscorea*. **e-CUCBA**, Havana, n. 19, p. 141-150, 2022.

VERTER, N.; BEČVÁŘOVÁ, V. An analysis of yam production in Nigeria. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, Brno, v. 63, n. 2, p. 659-665, 2015.

VIRUEL, J.; CATALÁN, P.; SEGARRA-MORAGUES, J.G. Latitudinal environmental niches and riverine barriers shaped the phylogeography of the central Chilean endemic *Dioscorea humilis* (Dioscoreaceae). **PloS one**, San Francisco, v. 9, n. 10, p. e110029, 2014.

- VIRUEL, J.; SEGARRA-MORAGUES, J.G.; RAZ, L.; FOREST, F.; WILKIN, P.; SANMARTÍN, I.; CATALÁN, P. (Late Cretaceous–early Eocene origin of yams (Dioscorea, Dioscoreaceae) in the Laurasian Palaeartic and their subsequent Oligocene–Miocene diversification. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 43, n. 4, p. 750-762, 2016.
- WANG, H.; WANG, Y.; XIONG, L.; CHEN, Y.; SUN, J.; OUYANG, C.; LI, B.; ZENG, H.; CHEN, X.; LUAN, M. Development of simple sequence REPEAT markers for genetic diversity analysis based on the cDNA sequences of Chinese yam (*Dioscorea spp.*). **Horticulturae**, Basel, v. 8, n. 12, p. 1163, 2022.
- WANG, T.; PALUCCI, D.; LAW, K.; YANAGAWA, B.; YAM, J.; BUTANY, J. Atherosclerosis: pathogenesis and pathology. **Diagnostic Histopathology**, Londres, v. 18, n. 11, p. 461-467, 2012.
- WANG, Y.; XU, W.T.; LU, R.S.; CHEN, M.; LIU, J.; SUN, X.Q.; ZHANG, Y.M. Genome sequence resource for *Colletotrichum gloeosporioides*, an important pathogenic fungus causing anthracnose of *Dioscorea alata*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 107, n. 3, p. 893-895, 2023.
- WANG, Z.; ZHAO, S.; TAO, S.; HOU, G.; ZHAO, F.; TAN, S.; MENG, Q. *Dioscorea spp.*: Bioactive compounds and potential for the treatment of inflammatory and metabolic Diseases. **Molecules**, Basel, v. 28, n. 6, p. 2878, 2023.
- WILKIN, P.; SCHOLS, P.; CHASE, M.W.; CHAYAMARIT, K.; FURNESS, C.A.; HUYSMANS, S.; RAKOTONASOLO, F.; SMETS, E.; THAPYAI, C. A plastid gene phylogeny of the yam genus, Dioscorea: roots, fruits and Madagascar. **Systematic Botany**, St. Luis, v. 30, n. 4, p. 736-749, 2005.
- WONOK, W.; SUDMOON, R.; TANEE, T.; LEE, S.Y.; CHAVEERACH, A. Complete chloroplast genome of four thai native dioscorea species: structural, comparative and phylogenetic analyses. **Genes**, Basileia, v. 14, n. 3, p. 703, 2023.
- WU, C.; ZHANG, R.; WANG, J.; CHEN, Y.; ZHU, W.; YI, X.; WANG, Y.; WANG, L.; LIU, P.; LI, P. Dioscorea nipponica Makino: a comprehensive review of its chemical composition and pharmacology on chronic kidney disease. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Paris, v. 167, p. 115508, 2023.
- WU, Z.G.; LI, X.X.; LIN, X.C.; JIANG, W.; TAO, Z.M.; MANTRI, N.; FAN, C.Y.; BAO, X.Q. Genetic diversity analysis of yams (*Dioscorea spp.*) cultivated in China using ISSR and SRAP markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Heidelberg, v. 61, p. 639-650, 2014.
- ZANKLAN, A.S. **Agronomic performance and genetic diversity of the root crop yam bean (*Pachyrhizus spp.*) under West African conditions**. 2003. 134p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Faculty of Agricultural Sciences Georg-August University, Göttingen, 2003.

ZANOTTO, M.; BRAMMER, S.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.D.; SCAGLIUSI, S.M. Viabilidade polínica como seleção assistida no programa de melhoramento genético de triticale. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 2078-2082, 2009.

ZHANG, J.; CARLIN, B.P.; NEATON, J.D.; SOON, G.G.; NIE, L.; KANE, R.; VIRNIG, B.A.; CHU, H. Network meta-analysis of randomized clinical trials: reporting the proper summaries. **Clinical Trials**, Londres, v. 11, n. 2, p. 246-262, 2014.

ZHANG, X.-Y.; HU, C.-G.; YAO, J.-L. Tetraploidization of diploid *Dioscorea* results in activation of the antioxidant defense system and increased heat tolerance. **Journal of plant physiology**, Oxford, v. 167, n. 2, p. 88-94, 2010.

ZHANG, Y.; IAFFALDANO, B.; QI, Y. CRISPR ribonucleoprotein-mediated genetic engineering in plants. **Plant Communications**, Cambridge, v.2, n.2, 2021.

ZANG, Z.; GONG, X.; CAO, L.; NI, H.; CHANG, H. Resistant starch from yam: Preparation, nutrition, properties and applications in the food sector. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v.27, n.133087, p.1-13, 2024.

ZHAO, Z.; WANG, X.; YU, Y.; YUAN, S.; JIANG, D.; ZHANG, Y.; ZHANG, T.; ZHON, W.; YUAN, Q.; HUANG, L. Complete chloroplast genome sequences of *Dioscorea*: Characterization, genomic resources, and phylogenetic analyses. **PeerJ**, Londres, v. 6, p. 1-32, 2018.

ARTIGO 1**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE INHAME
PROVENIENTES DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS GEOGRÁFICAS DE
ANGOLA**

RESUMO: O inhame (*Dioscorea* spp.) é um tubérculo de grande importância nas regiões tropicais e subtropicais, fornecendo carboidratos, proteínas e minerais essenciais, além de ter valor cultural e medicinal. Em Angola, a diversidade genética do inhame é resultado de práticas agrícolas tradicionais que promovem o cultivo de genótipos adaptados às variadas condições climáticas e geográficas. A caracterização morfológica dos genótipos é fundamental para identificar variedades com características desejáveis, como resistência a doenças e alta produtividade. Este estudo teve como objetivo caracterizar genótipos de espécies de inhame provenientes de diferentes províncias de Angola, com foco na conservação da diversidade genética e na melhoria das práticas agrícolas. A coleta de genótipos foi realizada nas províncias de Cabinda, Cuanza Norte, Cuanza Sul, Malanje, Uíge e Huambo, abrangendo as espécies *D. esculenta* (DE), *D. alata* (DA), *D. cayenensis* (DC) e *D. bulbifera* (DB). O experimento foi conduzido na Fazenda Esperança, no Município de Lubango, província de Huíla, em um clima subtropical oceânico. O delineamento experimental foi completamente casualizado, com 15 repetições por espécie, totalizando 60 plantas. A caracterização morfológica foi feita após seis meses de cultivo, utilizando 24 descritores morfológicos, sendo 16 qualitativos e 8 quantitativos, avaliados com auxílio de instrumentos de medição. A análise dos dados foi realizada utilizando a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA), que revelou uma clara distinção entre as quatro espécies de inhame, com cada uma formando um cluster distinto, evidenciando baixa variabilidade intraespecífica e uma separação bem definida entre os grupos, independentemente das variações ambientais locais. As diferenças fenotípicas observadas, especialmente na cor do pecíolo, caule e túbera, refletem adaptações evolutivas ou seleções artificiais, essenciais para a sobrevivência e o sucesso reprodutivo das espécies. Características visuais, como cor, podem indicar adaptações a pressões ambientais, como camuflagem ou fotoproteção. A segunda dimensão principal da PCA foi influenciada pela morfologia foliar, especialmente pelo número de lóbulos da folha (NL) e largura entre lóbulos (LL), destacando a importância da estrutura foliar na adaptação das plantas. Por exemplo, as folhas trilobadas em *D. alata* (DA) e *D. bulbifera* (DB) podem favorecer a dissipação de calor e as trocas gasosas, enquanto a ausência de lóbulos em *D. cayenensis* (DC) pode representar uma adaptação para conservação hídrica em ambientes mais secos. Além disso, alguns descritores apresentaram baixa variabilidade fenotípica, como posição da folha (PF), diâmetro do caule (DMC) e formato do caule (FC), resultando em sua exclusão da análise PCA, pois indicam um baixo grau de variabilidade genética e são características altamente conservadas dentro das espécies estudadas. Por outro lado, a variação observada em outros descritores, como comprimento do pecíolo (CMP) e largura entre os lóbulos (LL), sugere maior plasticidade fenotípica. A coloração das folhas e caules também se destacou como um marcador importante, com variações indicando adaptações às condições ambientais e pressões seletivas, como defesa contra herbívoros ou otimização da fotossíntese. Esses resultados ressaltam a importância da morfologia na adaptação das plantas a diferentes ambientes ecológicos, contribuindo para a conservação da diversidade genética e a sustentabilidade das práticas agrícolas.

Palavras-Chaves: Inhame; diversidade genética; descritores morfológicos.

ABSTRACT: Yam (*Dioscorea* spp.) is a tuber of great importance in tropical and subtropical regions, providing essential carbohydrates, proteins, and minerals, in addition to having cultural and medicinal value. In Angola, the genetic diversity of yam results from traditional agricultural practices that promote the cultivation of genotypes adapted to various climatic and geographical conditions. Morphological characterization of genotypes is essential for identifying varieties with desirable traits, such as disease resistance and high productivity. This study aimed to characterize yam genotypes from different provinces of Angola, focusing on genetic diversity conservation and improving agricultural practices. Genotype collection was carried out in the provinces of Cabinda, Cuanza Norte, Cuanza Sul, Malanje, Uíge, and Huambo, covering the species *D. esculenta* (DE), *D. alata* (DA), *D. cayenensis* (DC), and *D. bulbifera* (DB). The experiment was conducted at Fazenda Esperança, in Lubango Municipality, Huíla province, under a subtropical oceanic climate. The experimental design was completely randomized, with 15 replicates per species, totaling 60 plants. Morphological characterization was performed after six months of cultivation using 24 morphological descriptors, including 16 qualitative and 8 quantitative traits, assessed with the aid of measuring instruments. Data analysis was performed using the Principal Component Analysis (PCA) technique, which revealed a clear distinction among the four yam species, each forming a distinct cluster, indicating low intraspecific variability and a well-defined separation between groups, regardless of local environmental variations. The observed phenotypic differences, particularly in petiole color, stem, and tuber, reflect evolutionary adaptations or artificial selection, which are essential for species survival and reproductive success. Visual traits such as color may indicate adaptations to environmental pressures, such as camouflage or photoprotection. The second principal component dimension was influenced by leaf morphology, particularly the number of leaf lobes (NL) and width between lobes (LL), highlighting the importance of leaf structure in plant adaptation. For example, trilobed leaves in *D. alata* (DA) and *D. bulbifera* (DB) may enhance heat dissipation and gas exchange, whereas the absence of lobes in *D. cayenensis* (DC) may represent an adaptation for water conservation in drier environments. Additionally, some descriptors exhibited low phenotypic variability, such as leaf position (PF), stem diameter (DMC), and stem shape (FC), leading to their exclusion from the PCA analysis, as they indicate a low degree of genetic variability and are highly conserved characteristics within the studied species. On the other hand, variation in other descriptors, such as petiole length (CMP) and width between lobes (LL), suggests greater phenotypic plasticity. Leaf and stem coloration also emerged as an important marker, with variations indicating adaptations to environmental conditions and selective pressures, such as herbivore defense or photosynthesis optimization. These results highlight the importance of morphology in plant adaptation to different ecological environments, contributing to genetic diversity conservation and the sustainability of agricultural practices.

Keywords: Yam; genetic diversity; morphological descriptors.

1 INTRODUÇÃO

O inhame (*Dioscorea spp.*) é um tubérculo de grande importância econômica e social, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais (Wang *et al.*, 2023). Destaca-se como um alimento básico para milhões de pessoas, especialmente na África Ocidental, onde espécies como *D. alata* L. e *D. rotundata* (P.) J.M. são cultivadas por suas raízes tuberosas ricas em carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais (Cazé Filho, 2002; Karkute *et al.*, 2017; Scarcelli *et al.*, 2019). Além de seu valor nutricional, o inhame possui significância cultural e medicinal, sendo utilizado em diversas cerimônias e para fins terapêuticos (Padhan; Panda, 2020; Sousa; Raizada, 2020).

Em Angola, com suas variadas condições climáticas e geográficas, oferece um ambiente propício para o cultivo de diferentes genótipos de inhame (Kumar *et al.*, 2014). A diversidade genética encontrada nas plantações de inhame do país é resultado de práticas agrícolas tradicionais, que envolvem a seleção e propagação de variedades locais adaptadas às condições específicas de cada região (Danquah *et al.*, 2022). Esse patrimônio genético é fundamental para a resiliência das culturas e a segurança alimentar do país.

A caracterização morfológica dos genótipos de inhame permite a identificação de variedades com atributos desejáveis, como resistência a doenças, produtividade e qualidade nutricional, além de facilitar programas de melhoramento genético (Agre *et al.*, 2019; Syombua *et al.*, 2021; Norman *et al.*, 2022).

Para explorar plenamente o potencial agrícola e econômico do inhame em Angola, é crucial obter um entendimento detalhado das características morfológicas dos diferentes genótipos presentes no país. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo caracterizar morfolologicamente genótipos de inhame provenientes de diferentes procedências geográficas de Angola, visando contribuir para o conhecimento e conservação da diversidade genética da cultura, bem como para o desenvolvimento de estratégias agrícolas sustentáveis e eficientes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO E PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL

Os genótipos foram coletados a partir de expedições nas províncias de Cabinda, Cuanza Norte, Cuanza Sul, Malange, Uíge e Huambo, pertencente ao país de Angola.

Destas, foram obtidos dois genótipos de *D. esculenta* (L.) B., cinco de *D. alata* L., seis de *D. cayenensis* L. e dois de *D. bulbifera* L., conforme está disposta na Tabela 1.

Tabela 1- Localização geográfica dos genótipos de inhame *Dioscorea spp.* em diferentes províncias de Angola.

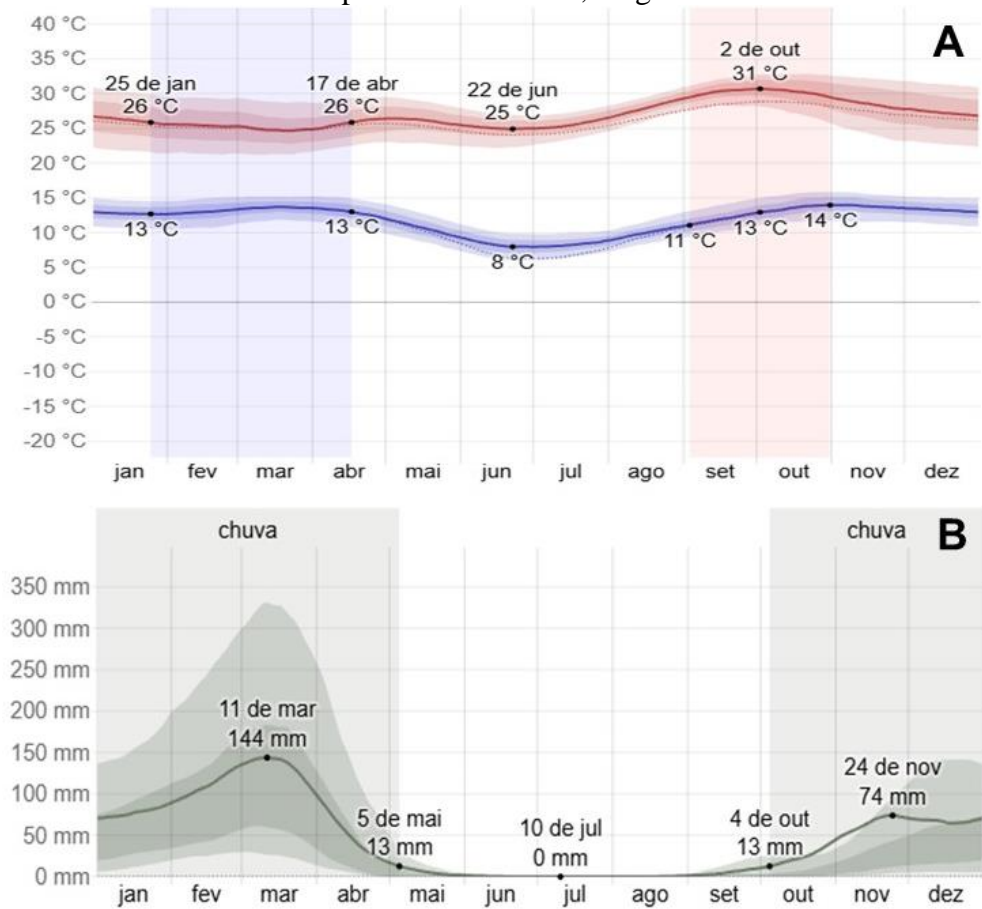
Genótipo	Espécie	Nome-comum	Coordenadas Geográficas	Província
1	<i>Dioscorea esculenta</i>	Assipi	12°46'48"S, 15°45'00"E e 1.700m	Huambo
2	<i>Dioscorea esculenta</i>	Assipi	11°12'36"S, 13°50'24"E e 0 a 10m	Cuanza Sul
3	<i>Dioscorea alata</i>	Mbanza roxo	07°36'36"S, 15°03'00"E e 850m	Uíge
4	<i>Dioscorea alata</i>	N'guenge	09°18'00"S, 14°54'36"E e 1.180m	Cuanza Norte
5	<i>Dioscorea alata</i>	N'guenge	09°32'24"S, 16°20'24"E e 1.180m	Malange
6	<i>Dioscorea alata</i>	Mbambi	05°32'60"S, 12°11'60"E e 20m	Cabinda
7	<i>Dioscorea alata</i>	Inhame	11°12'36"S, 13°50'24"E e 0 a 10m	Cuanza Sul
8	<i>Dioscorea cayenensis</i>	Inhame	12°46'48"S, 15°45'00"E e 1.700m	Huambo
9	<i>Dioscorea cayenensis</i>	Batata inhame	07°36'36"S, 15°03'00"E e 850m	Uíge
10	<i>Dioscorea cayenensis</i>	Mbambi	05°32'60"S, 12°11'60"E e 20m	Cabinda
11	<i>Dioscorea cayenensis</i>	Ngame	09°18'00"S, 14°54'36"E e 1.050m	Cuanza norte
12	<i>Dioscorea cayenensis</i>	Inhame	11°12'36"S, 13°50'24"E e 0 a 10m	Cuanza Sul
13	<i>Dioscorea cayenensis</i>	N'guenge	09°32'24"S, 16°20'24"E e 1.180m	Malange
14	<i>Dioscorea bulbifera</i>	Batata de Coração	09°18'00"S, 14°54'36"E e 1.050m	Cuanza Norte
15	<i>Dioscorea bulbifera</i>	Batata de Coração	07°36'36" S, 15°03'00" E e 850 m	Uíge

Após a coleta, os genótipos foram identificados e documentados com informações detalhadas sobre cada genótipo, as quais foram obtidas por meio de entrevistas com os produtores locais, abrangendo aspectos como a nomenclatura local, métodos de manejo e uso.

2.2 ÁREA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A partir das espécies fornecidas pelos produtores rurais, o estudo foi conduzido na Fazenda Esperança, localizada no Município de Lubango, província de Huíla, Angola, caracterizada por um clima oceânico subtropical das terras altas ('Cwb') (Carvalho; Santos; Pulquério, 2017). As temperaturas máxima, média e mínima anuais da região são de 26,9°C, 18,4°C e 11,9°C, respectivamente, com precipitação anual de 540 mm e estação chuvosa de setembro a abril (Figura 1) (Weather Spark, 2024).

Figura 1 - Variação de temperatura e precipitação médias ao longo do ano em Lubango, na província de Huíla, Angola.



Fonte: Weather Spark (2024).

Na região estudada, o solo é classificado como argiloso, e antes da instalação do experimento, foi realizada uma análise detalhada do solo para determinar suas condições iniciais e orientar as intervenções necessárias. A qual revelou que o solo apresentava um pH ácido de 5,5 e uma deficiência significativa de fósforo, indicando a necessidade de correções nutricionais e manejo adequado para garantir condições propícias ao cultivo (Tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização química do solo da área de estudo na província de Huíla, Angola.

Parâmetro	Método de Análise	Resultado Obtido
pH em CaCl ₂	MAPA, Método pH, CAP III.D.2	5,51
Umidade	MAPA, U.s., CAP III.D.1	40,7%
Cálcio	MAPA, Método Cálcio, CAP III.E.7	4,5%
Magnésio	MAPA, Método Magnésio, CAP III.E.7	1,12%
Potássio-K ₂ O	MAPA, Método Potássio, CAP III.E.6	2,39%
Matéria Orgânica	MAPA, Método C. Org, CAP III.E.13	46,6%
Carbono Orgânico	MAPA, Método C. Org, CAP III.E.13	27%
Relação C/N	MAPA, Método Relação C/N, CAP III.E.10	16:01
Ferro – Fe	MAPA, Método Micronutrientes, CAP III.E.10	1,4%

Manganês – Mn	MAPA, Método Micronutrientes, CAP III.E.10	0,1%
Zinco – Zn	MAPA, Método Micronutrientes, CAP III.E.10	0%
Boro – B	MAPA, Método Boro, CAP III.E.9	1,9%
Enxofre – S	MAPA, Método Enxofre, CAP III.E.8	1,1%
Nitrogênio – N	MAPA, Método Nitrogênio Total, CAP III.E.11	1%
Fósforo – P ₂ O ₅	MAPA, Método Fósforo, CAP III.E.5	-0,26%

Com base nos resultados dessa análise inicial, foi recomendada a adubação de fundo com matéria orgânica antes da sementeira, visando melhorar a estrutura do solo e aumentar os níveis de matéria orgânica. Aos 40 dias após a germinação, foi realizada a adubação de cobertura com o composto NPK, atendendo às exigências nutricionais das plantas e corrigindo parcialmente as deficiências detectadas no solo.

De acordo com a análise química do solo da área de estudo, verificou-se uma deficiência crítica de fósforo (P₂O₅), enquanto os níveis de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) estavam em níveis moderados a adequados. Dessa forma, a adubação de cobertura foi realizada utilizando a formulação NPK 10-30-10 ou NPK 12-24-12, priorizando o fósforo para o desenvolvimento radicular e a brotação. A dosagem aplicada foi de 200 a 300 kg/ha, dividida em duas aplicações (aos 40 e 90 dias após a germinação), distribuída em faixas ao redor das plantas, evitando contato direto com as raízes.

Além disso, foi necessário corrigir deficiências de micronutrientes, especialmente zinco (Zn) e manganês (Mn), identificados em baixos níveis na análise do solo. Para suprir essas necessidades, foram aplicados 5 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco e 5 a 10 kg ha⁻¹ de sulfato de manganês. O enxofre (S) foi suplementado por meio da aplicação de sulfato de amônio e sulfato de potássio, garantindo um balanço nutricional adequado para o pleno desenvolvimento das plantas.

O delineamento experimental foi implementado de forma inteiramente casualizada, contendo 15 repetições de cada espécie, totalizando 60 plantas. Cada genótipo foi cultivado em parcelas com três linhas de cinco plantas. O espaçamento entre linhas e entre plantas dentro das linhas variou de acordo com a espécie, sendo: para *D. esculenta*, 1,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas; para *D. alata*, 1,2 m entre linhas e 1,0 m entre plantas; para *D. cayenensis*, 1,2 m entre linhas e 1,0 m entre plantas; e para *D. bulbifera*, 1,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. Essa variação no espaçamento foi determinada considerando as diferenças no porte e no crescimento das espécies. Durante o experimento, práticas de manejo como irrigação por inundação com auxílio de motobomba e mangueiras, tutoramento e capinas manuais foram realizadas regularmente. A saca foi implementada para o controle de infestantes e melhoria da aeração do solo.

2.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Após seis meses de plantio, foi realizada a caracterização da parte aérea (folhas e caules), utilizando descritores selecionados conforme a chave proposta pelo IPGRI/IITA (1997) para espécies de *Dioscorea*. Foram avaliados 24 descritores, dos quais 16 eram qualitativos e 8 quantitativos (Quadro 1). A caracterização da parte aérea foi conduzida com o auxílio de régua e paquímetro universal analógico.

Quadro 1 - Descritores utilizados para a caracterização morfológicos dos genótipos de inhame (*Dioscorea spp.*) em Angola.

Identificação	Descritor	Classes (códigos)				
PF	Posição da folha	1. Alternada			2. Oposta	
FF	Forma das folhas	1. Acortada	2. Sagitada		3. Lobada	
NL	Número de lóbulos da folha	1. Um		2. Três		
CMP	Comprimento do pecíolo	1. < 5 cm	2. (5 –10 cm)		3. > 10 cm	
CP	Cor do pecíolo	1. Verde	2. Verde com marrom		3. Roxo	
DES	Distância entre a inserção do pecíolo na folha à extremidade	1. < 2 cm	2. 2-4 cm		3. > 4 cm	
DEI	Distância entre a inserção do pecíolo na folha à extremidade inferior da folha	1. < 10 cm	2. 10-15cm		3. > 15 cm	
LF	Largura da folha	1. < 10 cm	2. 10-15cm		3. > 15cm	
LL	Largura entre os lóbulos	1. < 6cm	2. 6-10cm		3. > 10 cm	
CC	Cor do caule	1. Verde	2. Verde com faixa roxa		3. Verde com faixa marrom	
PE	Presença de espinho	1. Presente		2. Ausente		
PA	Presença de asas	1. Presente		2. Ausente		
CA	Cor das asas	1. Verde		2. roxo		
PAC	Presença de acúleos	1. Presente		2. Ausente		
DIC	Direção de crescimento	1. Horário		2. Anti-horário		
DMC	Diâmetro do caule	1. < 0,4 cm	2. 0,4 - 0,6 cm		3. > 0,6 cm	
FC	Formato do caule	1. Poligonal		2. Redondo		
TS	Tubérculos subterrâneo	1. Presente		2. Ausente		
NT	Número de tubérculo	1. Um	2. Alguns		3. Muitos	
FT	Formato do tubérculo	1. Alongado		2. Irregular		
COMP	Comprimento do tubérculo	1. < 20cm	2. 20 - 40 cm		3.> 40 cm	
LT	Largura do tubérculo	1. < 7cm	2. 7 - 12 cm		3. > 12 cm	
CCA	Cor da casca	1. Marrom	2. Amarela		3.Roxa	
CT	Cor da túbera	1. Branca	2. Amarela	3.Roxa	4. Roxo com branco	5. Branco com roxo

Fonte: Adaptado IPGRI/IITA (1997).

Aos 11 meses após a implantação do experimento, foi realizada a caracterização física das túberas no Laboratório do Instituto de Investigação Agronómica (IIA) da Huíla. As túberas foram inicialmente submetidas a uma inspeção visual, durante a qual foram avaliadas quanto ao aspecto de sanidade, integridade física, tamanho e forma. Após a inspeção, as túberas foram lavadas em água corrente para remoção de resíduos e preparadas para as análises subsequentes.

As análises incluíram a pesagem inicial das túberas com casca (PT; g) e, após o descascamento mecânico, a pesagem das túberas sem casca (PP; g), ambas realizadas em balança digital de precisão. As medições dimensionais foram realizadas com o auxílio de régua e paquímetro digital, registrando o comprimento total das túberas (CT; cm), o diâmetro longitudinal (DL; cm) e transversal (DT; cm), bem como a espessura longitudinal (EL; cm) e transversal (ET; cm).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos por meio dos descritores foram analisados utilizando Análise de Componentes Principais (PCA) para identificar padrões de variação entre as espécies de inhame e compreender as relações entre os descritores avaliados. A PCA foi conduzida com o auxílio do pacote ‘FactoMineR’ (Mildenberger *et al.*, 2019), enquanto a visualização e ajuste do biplot foram realizados com os pacotes ‘factoextra’ (Kassambara; Mundt, 2020) e ‘ggplot2’ (Wickham, 2016).

A caracterização física das túberas foi submetida à análise de variância (ANOVA), com o teste F utilizado para identificar diferenças significativas entre os tratamentos. Para a comparação das médias, aplicou-se o teste de Tukey com nível de significância de $p < 0,05$, por meio do pacote ‘ExpDes.pt’ (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2021).

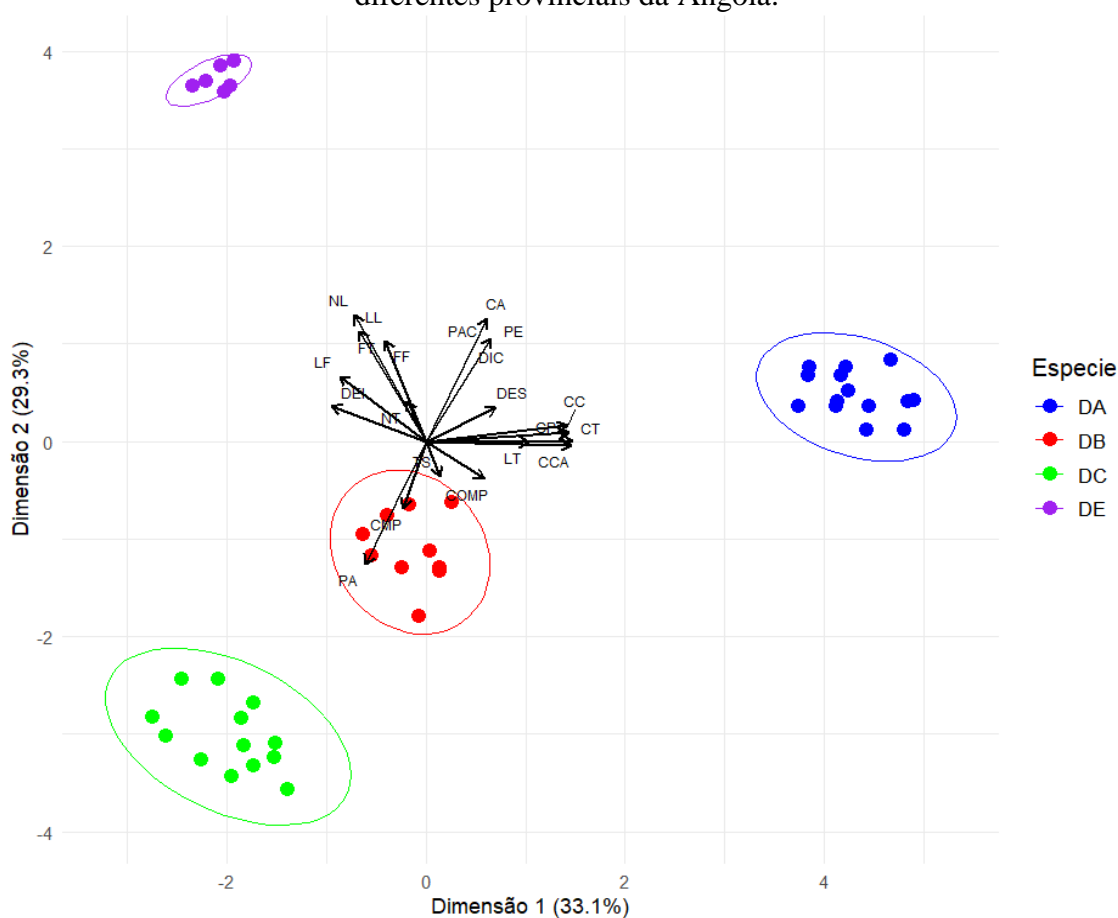
Todas as análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R (R Core Team, 2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Análise de Componentes Principais (PCA) conduzida para avaliar a variabilidade morfológica entre as quatro espécies de inhame—*Dioscorea esculenta*

(DE), *Dioscorea alata* (DA), *Dioscorea cayenensis* (DC) e *Dioscorea bulbifera* (DB)—demonstrou uma clara discriminação entre os grupos. Cada espécie formou um cluster distinto no biplot da PCA (Figura 2), sugerindo uma homogeneidade fenotípica notável dentro de cada grupo. Esta característica persistiu apesar das coletas terem sido realizadas em diferentes localidades, evidenciando que as diferenças genéticas entre as espécies são mais pronunciadas do que as variações ambientais locais. Contudo, observa-se alguma variabilidade fenotípica dentro de cada espécie, refletindo a influência de fatores ambientais e práticas de manejo. Os dois primeiros componentes principais explicaram 62,4% da variância total dos dados, sendo 33,1% atribuídos à Dimensão 1 e 29,3% à Dimensão 2. A organização dos clusters sugere que, embora existam variações intraespecíficas, as diferenças genéticas entre as espécies predominam sobre as variações ambientais locais.

Figura 2 – Análise de Componentes Principais (PCA) dos descritores morfológicos sobre as espécies *Dioscorea alata* (DA) (azul), *Dioscorea bulbifera* (DB) (vermelho), *Dioscorea cayenensis* (DC) (verde), e *Dioscorea esculenta* (DE) (roxo) provenientes de diferentes provinciais da Angola.



PF: Posição da folha; FF: Forma das folhas; NL: Número de lóbulos da folha; CMP: Comprimento do pecíolo; CP: Cor do pecíolo; DES: Distância entre a inserção do pecíolo na folha à extremidade; DEI:

Distância entre a inserção do pecíolo na folha à extremidade inferior da folha; LF: Largura da folha; LL: Largura entre os lóbulos; CC: Cor do caule; PE: Presença de espinho; PA: Presença de asas; CA: Cor das asas; PAC: Presença de acúleos; DIC: Direção de crescimento; DMC: Diâmetro do caule; FC: Formato do caule; TS: Tubérculos subterrâneo; NT: Número de tubérculo; FT: Formato do tubérculo; COMP: Comprimento do tubérculo; LT: Largura do tubérculo; CCA: Cor da casca; CT: Cor da túbera.

A separação das espécies foi impulsionada por variáveis morfológicas específicas. As espécies DA e DC mostraram forte associação com descritores relacionados ao tamanho das folhas e estruturas vegetativas, como número de lóbulos da folha (NL), largura da folha (LF), largura entre os lóbulos (LL), forma das folhas (FF), direção de crescimento (DIC) e diâmetro do caule (DMC). Já DB foi distinguida principalmente por características associadas aos tubérculos e coloração, incluindo presença de asas (PA), comprimento do tubérculo (COMP), cor da medula do pecíolo (CMP) e cor do caule (CC). Por outro lado, DE apresentou correlação com descritores do caule e folhas, como cor do caule (CC), cor do pecíolo (CP), cor da casca do tubérculo (CCA), formato do tubérculo (FT) e presença de espinhos (PE), fatores que ajudaram a separá-la das demais espécies. Além disso, variáveis como formato do caule (FC) e número de tubérculos (NT) também tiveram influência na diferenciação das espécies.

As diferenças fenotípicas evidenciadas na PCA, especialmente aquelas marcadas pela cor, como demonstrado pelos descritores CP, CC, CCA e CT, que foram significativamente influentes na primeira dimensão principal, sugerem que essas variações são não apenas marcadores visuais, mas possivelmente refletem adaptações evolutivas específicas ou o resultado de seleções artificiais ao longo do tempo. Tais adaptações podem ser cruciais para a sobrevivência e sucesso reprodutivo das espécies em diferentes ambientes (Tabela 3). Conforme discutido por Orteu e Jiggins (2020), traços de coloração são características visuais que desempenham um papel crucial na adaptação ao ambiente, seja por meio de camuflagem contra predadores ou atração a potenciais polinizadores. Assim, as variações observadas nesses descritores podem representar adaptações específicas que aumentam a sobrevivência e o sucesso reprodutivo das espécies em seus respectivos habitats. Essas diferenças, longe de serem meramente estéticas, destacam a relação dinâmica entre a coloração e o contexto ecológico, reforçando o papel das pressões seletivas na diversificação fenotípica e adaptativa das plantas.

Tabela 3 - Componentes principais dos descritores morfológicos sobre as quatro espécies de *Dioscorea* de diferentes provinciais da Angola.

Descritores	CP1	CP2
FF	-0,2708751	0,6892954
NL	-0,477061	0,861795
CMP	-0,1521454	-0,455519
CP	0,95446452	0,0578875
DES	0,46891421	0,2294502
DEI	-0,6299647	0,242894
LF	-0,5763301	0,4451118
LL	-0,477061	0,861795
CC	0,94635073	0,1062773
PE	0,43456592	0,7042526
PA	-0,4064168	-0,838375
CA	0,40641683	0,8383752
PAC	0,43456592	0,7042526
DIC	0,43456592	0,7042526
TS	0,09256432	-0,241475
NT	-0,1272783	0,2731533
FT	-0,4446062	0,7521362
COMP	0,3899736	-0,257564
LT	0,68920282	-0,00463
CCA	0,97029718	-0,026772
CT	0,97531836	0,0075193
Contribuição dos CP (%)	29,3	33,1
Contribuição acumulativa (%)		62,4

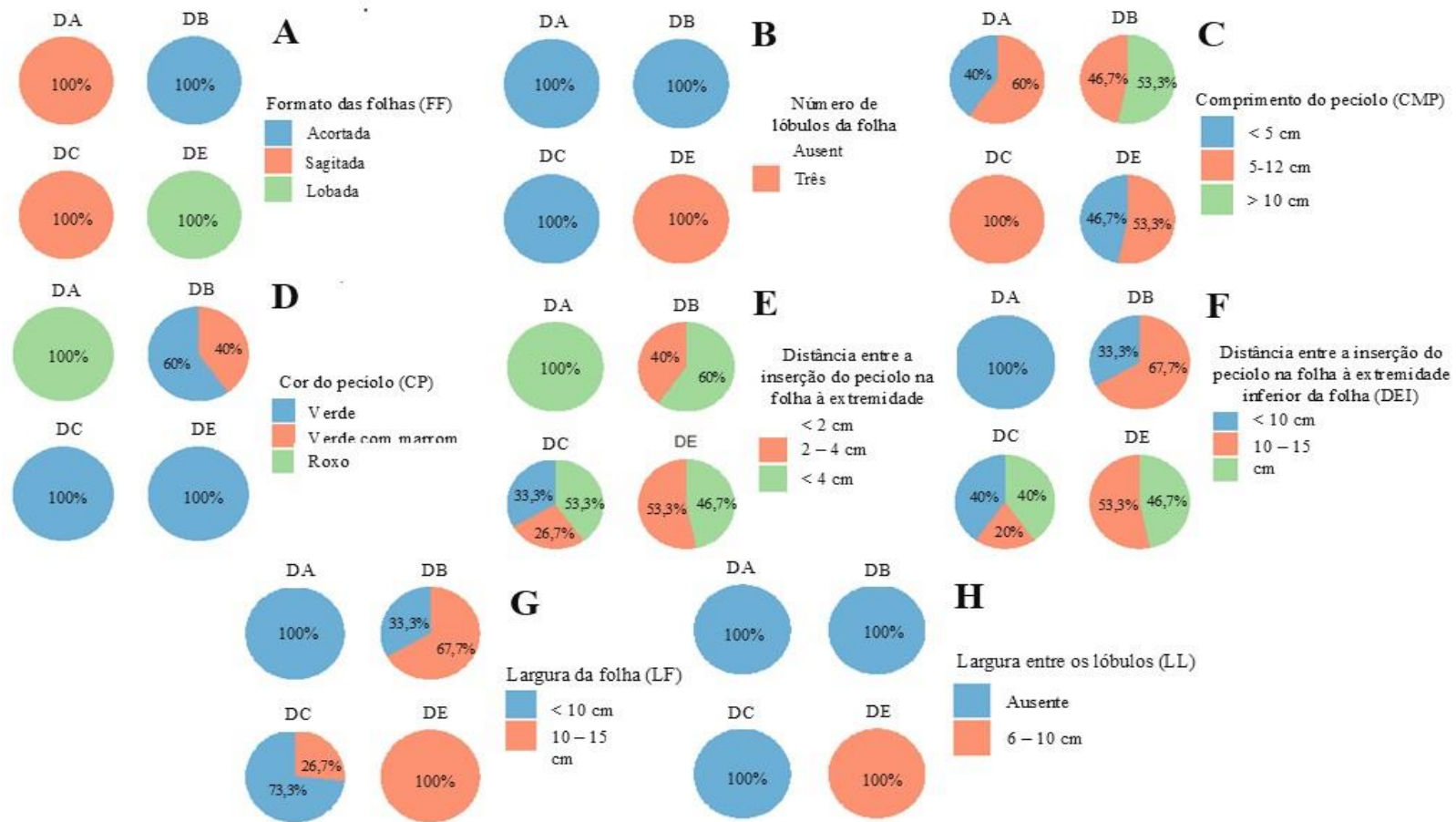
A segunda dimensão principal, fortemente influenciada pelo NL, LL e CA, evidencia a importância da morfologia foliar na adaptação funcional das plantas. Como discutido por Balduzzi *et al.* (2017) a relação entre estrutura e função das plantas é multifacetada, com características morfológicas desempenhando um papel essencial em processos como fotossíntese, trocas gasosas e defesa contra herbívoros. Esses descritores, que também refletem respostas a pressões ecológicas específicas, ilustram a capacidade das plantas de ajustar sua morfologia de forma eficiente às condições ambientais. Essa plasticidade estrutural, atuando em escalas que vão do nível celular às interações ecológicas, é crucial para otimizar funções fisiológicas e promover a sobrevivência no ecossistema.

Alguns descritores, como posição da folha (PF), diâmetro do caule (DMC) e formato do caule (FC), apresentaram uniformidade consistente entre as amostras analisadas, evidenciando baixa variabilidade fenotípica. Essa homogeneidade resultou na exclusão desses traços da análise PCA, uma vez que indicam um baixo grau de variabilidade genética, sugerindo que essas características são altamente conservadas dentro das espécies estudadas, com pouca ou nenhuma influência de fatores ambientais.

Abeywickrama *et al.* (2018) destacam que características fenotípicas com baixa variabilidade podem refletir estabilidade genética entre os acessos de *Dioscorea*, conferindo previsibilidade aos traços morfológicos e reduzindo a susceptibilidade a variações externas. Além disso, os autores enfatizam a importância da análise combinada de características morfológicas e moleculares para identificar redundâncias e garantir a diversidade genética, aspectos indispensáveis para o manejo e a conservação eficaz das espécies.

Os resultados evidenciam a variabilidade nos descritores foliares entre os grupos analisados (DA, DB, DC e DE). O formato das folhas (FF) mostrou-se uniforme em DA e DB, com 100% das amostras apresentando folhas lobadas, enquanto DC e DE exibiram maior diversidade, com 100% das amostras de DC apresentando folhas sagitadas (Figura 3A). Essa predominância da forma sagitada pode estar relacionada à eficiência na captação de luz e drenagem de água durante períodos chuvosos, reduzindo a incidência de doenças fúngicas, conforme sugerido por Norman, Tongoon e Shanahan (2011).

Figura 3 – Distribuição percentual das classes dos descritores morfológicos foliares: Posição da folha (PF), Forma das folhas (FF), Número de lóbulos da folha (NL), Comprimento do pecíolo (CMP), Cor do pecíolo (CP), Distância entre a inserção do pecíolo na folha e a extremidade (DES), Distância entre a inserção do pecíolo na folha e a extremidade inferior da folha (DEI), Largura da folha (LF) e Largura entre os lóbulos (LL).



No número de lóbulos da folha (NL), DA e DB apresentaram 100% das amostras com folhas trilobadas, enquanto DC mostrou 100% de folhas sem lóbulos, e DE apresentou 100% das amostras com folhas trilobadas (Figura 3B).

Essa discrepância pode refletir adaptações específicas às condições ambientais ou diferentes estágios ontogenéticos. Folhas trilobadas, mais frequentes em DA e DB, têm maior eficiência na dissipação de calor e troca gasosa, conforme descrito por Brodribb *et al.* (2007). Por outro lado, a ausência de lóbulos em DC pode estar relacionada à redução da área foliar exposta, favorecendo a conservação hídrica em ambientes mais secos. Esses resultados sugerem que a morfologia foliar pode ser um critério relevante para a seleção de cultivares adaptadas a diferentes condições climáticas.

O comprimento do pecíolo (CMP) apresentou variação entre as espécies. DA e DB concentraram-se predominantemente na categoria intermediária (5–12 cm, representando 40% e 53,3% das amostras, respectivamente), enquanto DC teve 100% dos pecíolos curtos (<5 cm), e DE apresentou uma distribuição mais equilibrada entre as categorias (Figura 3C). Pecíolos mais curtos, como os observados em DC, podem refletir uma menor necessidade de suporte estrutural, enquanto os mais longos, predominantes em DA e DB, maximizam a interceptação de luz em ambientes sombreados (Ferriol *et al.*, 2023).

A cor do pecíolo (CP) variou entre as espécies. DA apresentou 100% das amostras com pecíolos verdes, enquanto DB mostrou 60% das amostras com pecíolos verdes e marrons e 40% exclusivamente verdes (Figura 3D). DC e DE apresentaram 100% dos pecíolos verdes, indicando uma maior uniformidade fenotípica. A presença de pigmentação marrom em DB pode estar relacionada ao acúmulo de antocianinas, que desempenham papel importante na fotoproteção e na resposta a fatores ambientais, como luz e temperatura (Onwueme; Johnston, 2000).

A distância entre a inserção do pecíolo e a extremidade superior da folha (DES) foi variável em DA e DB, predominando na faixa 2–4 cm (53,3% e 60% das amostras, respectivamente), enquanto DC e DE mostraram maior uniformidade nessa mesma categoria (Figura 3E). Já a distância entre a inserção do pecíolo e a extremidade inferior da folha (DEI) apresentou variação em DA e DB, enquanto DC e DE concentraram-se na faixa de 10–15 cm (53,3% e 46,7%, respectivamente) (Figura 3F).

Essa estabilidade em DC e DE pode refletir adaptações ligadas à eficiência fotossintética ou ao crescimento compacto. Distâncias maiores, predominantes em DA e

DB, favorecem a redução do sombreamento entre folhas, estratégia já discutida por Massawe e Temu (2022).

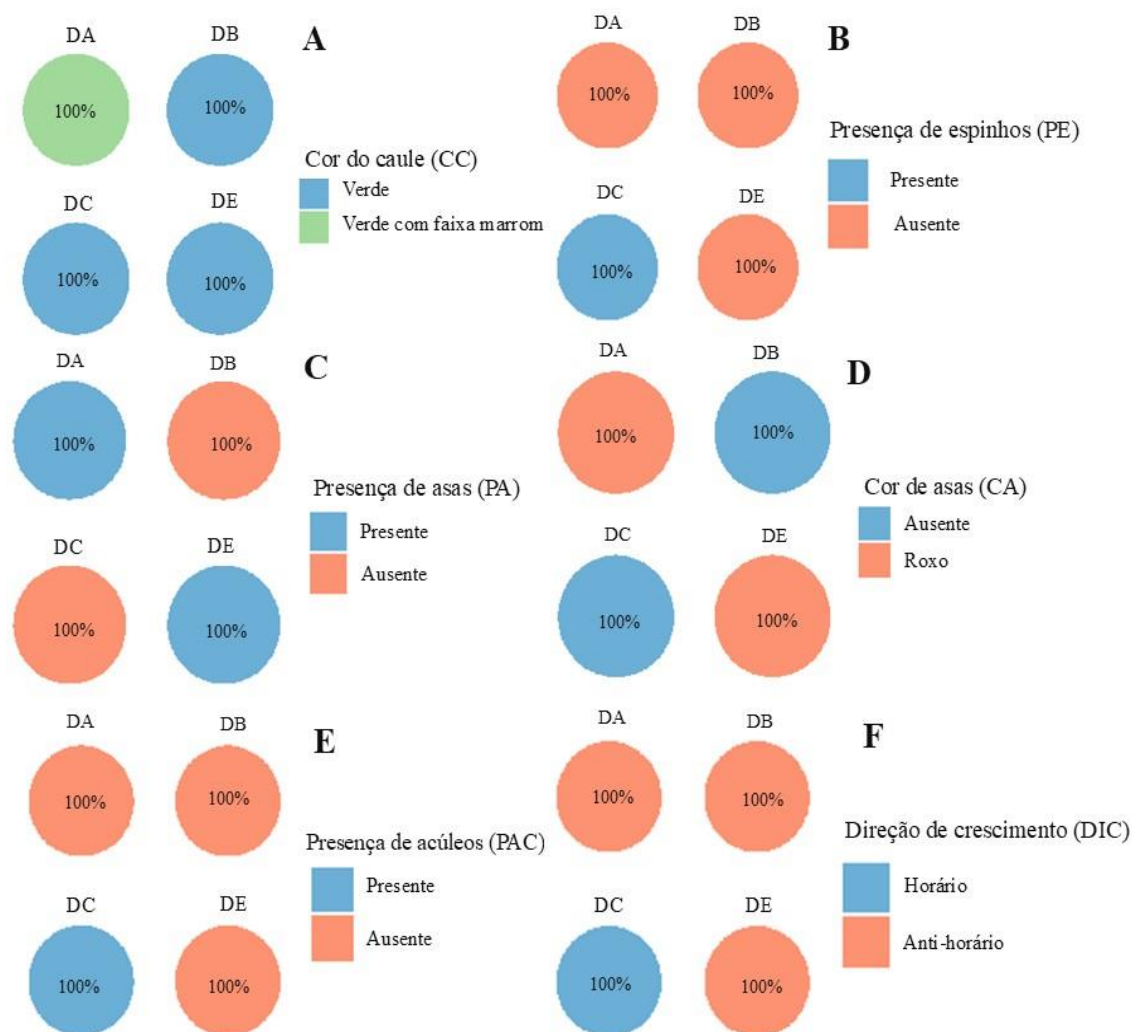
A largura da folha (LF) foi relativamente uniforme em DA, DB e DE, com 100% das amostras na faixa de 10–15 cm, enquanto DC apresentou maior variação, com 73,3% das folhas abaixo de 10 cm (Figura 3G). Folhas mais estreitas, como as de DC, podem indicar adaptação a ambientes com baixa disponibilidade hídrica, reduzindo a transpiração excessiva.

A largura entre os lóbulos (LL) esteve ausente em DA, DC e DE, mas foi expressiva em DB, onde 67,7% das amostras situaram-se na faixa de 6–10 cm (Figura 3H). Essa característica pode influenciar a dissipação térmica e a interceptação de luz, favorecendo plantas que crescem sob menor disponibilidade luminosa (Riekötte *et al.*, 2022).

A uniformidade observada em características como a cor do pecíolo (DC e DE, 100% verdes) e a predominância de folhas trilobadas (DA e DB, 100%) sugere maior estabilidade genética nesses descritores. Em contrapartida, a variabilidade em parâmetros como o comprimento do pecíolo e a largura entre os lóbulos indica maior plasticidade fenotípica frente a condições ambientais variáveis. Esses resultados reforçam a importância da morfologia foliar na adaptação das plantas aos diferentes contextos ecológicos.

Além disso, a cor do caule (CC) apresentou padrões consistentes dentro dos grupos. DA e DB exibiram 100% de caules verdes com faixa marrom, enquanto DC e DE apresentaram 100% de caules inteiramente verdes (Figura 4A). A coloração verde está diretamente associada à presença de clorofila, contribuindo para a fotossíntese suplementar, enquanto a presença de faixas marrons pode estar relacionada a maior lignificação ou defesa química contra herbivoria, refletindo adaptações às pressões ambientais (Aremu *et al.*, 2019).

Figura 4 - Distribuição dos percentuais de classes pelos descritores morfológicos caulinares: Cor do caule (CC), Presença de espinho (PE), Presença de asas (PA), Cor das asas (CA), Presença de acúleos (PAC) e Direção de crescimento (DIC).



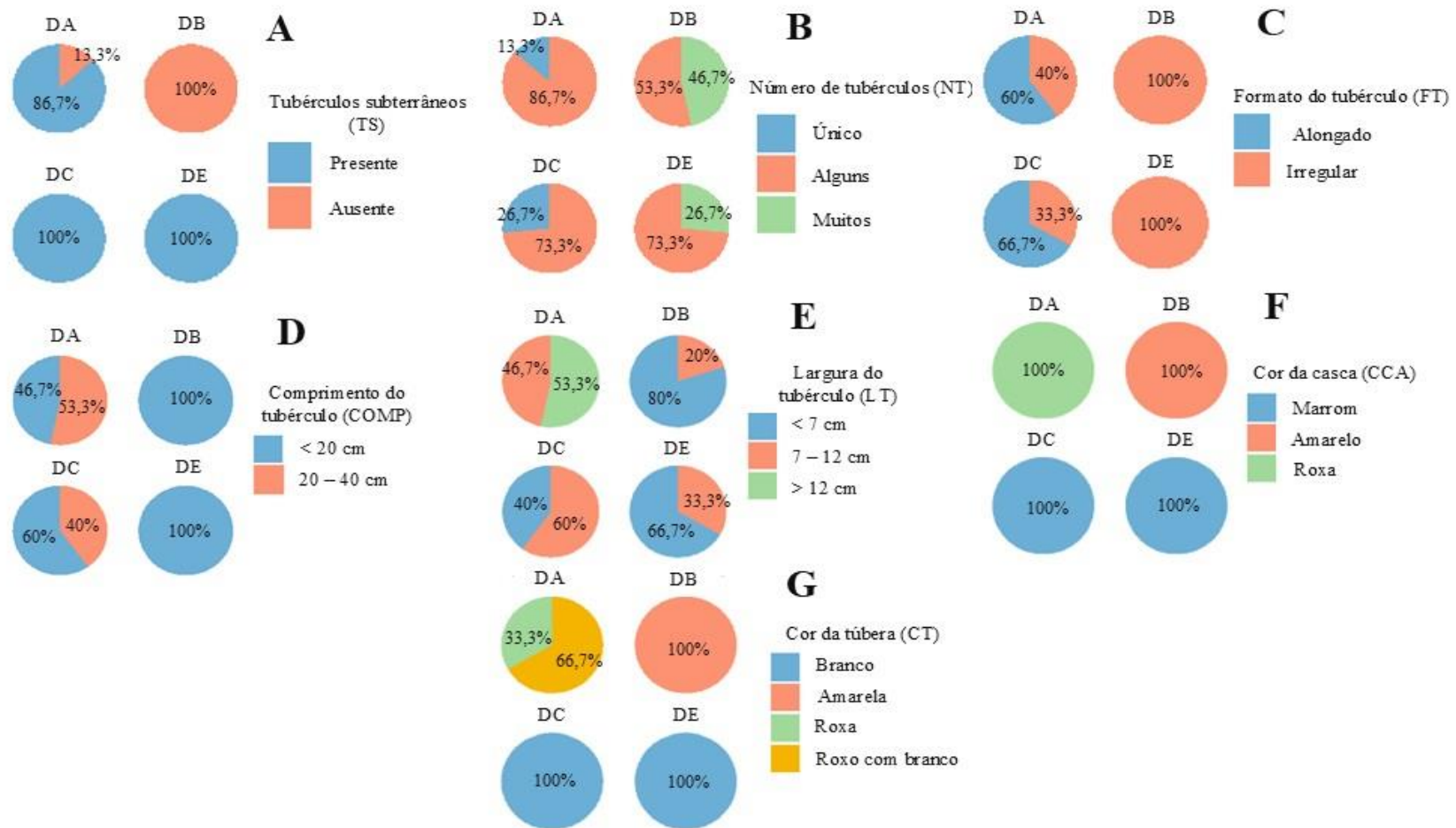
A presença de espinhos (PE) foi ausente em todos os genótipos analisados, sugerindo ausência de pressão seletiva por esse mecanismo de defesa nos ambientes estudados (Figura 4B). Estudos anteriores indicam que os espinhos são mecanismos de defesa eficazes contra herbívoros, ajudando a preservar as reservas energéticas nos tubérculos e garantindo a sobrevivência em condições adversas (Nilsen; Orcutt, 1996). Por outro lado, a presença de asas (PA) e a cor de asas (CA) mostraram-se altamente discriminativas. Em DA e DB, a presença de asas foi universal (100%), com coloração roxa constante, enquanto DC e DE exibiram ausência completa de asas (Figura 4C e 4D). Essas variações podem estar associadas à diversidade genética e estratégias de adaptação, destacando a importância da variabilidade fenotípica para a adaptação a condições ambientais específicas, como observado em estudos que caracterizaram genótipos de inhame na Tanzânia e Uganda (Massawe; Temu, 2022; Ferriol, 2023).

A presença de acúleos (PAC) apresentou variação marcante, com *DA* e *DB* apresentando acúleos em 100% dos indivíduos, enquanto *DC* e *DE* não apresentaram essa característica. Isso reforça a importância de adaptações locais ou pressões seletivas que influenciam essas características (Figura 4E). Já a direção de crescimento (DIC) apresentou um padrão consistente: sentido horário para *DA* e *DC*, e anti-horário para *DB* e *DE* (Figura 4F). Essa orientação pode estar relacionada a mecanismos internos que favorecem uma distribuição mais eficiente dos tubérculos no solo, otimizando a absorção de nutrientes e minimizando a competição entre raízes e tubérculos (Khan; Gement; Villordon, 2016).

Esses resultados reforçam a importância da diversidade morfológica em estratégias adaptativas das plantas. Conforme destacado por Abeywickrama *et al.* (2018), características geneticamente fixadas, como a cor do caule e a ausência de espinhos, garantem previsibilidade e estabilidade fenotípica, enquanto traços variáveis, como presença de asas e direção de crescimento, são essenciais para maximizar a adaptabilidade a condições ambientais específicas. Esses padrões não apenas destacam a relevância da caracterização morfológica e molecular para o manejo e conservação das espécies, mas também sublinham a importância da diversidade genética para a resiliência ecológica e sucesso evolutivo das plantas.

Os resultados obtidos evidenciam uma diversidade fenotípica significativa nos tubérculos avaliados, incluindo variações em características como formato, tamanho, número, cor da casca e cor da túbera. Essa diversidade reflete não apenas diferenças genéticas, mas também adaptações importantes a condições ambientais distintas (Figura 5).

Figura 5 - Distribuição dos percentuais de classes pelos descritores morfológicos dos tubérculos: Tubérculos subterrâneos (TS), Número de tubérculo (NT), Formato do tubérculo (FT), Comprimento do tubérculo (COMP), Largura do tubérculo (LT), Cor da casca (CCA) e Cor da túbera (CT).



O formato dos tubérculos apresentou predominância de formas alongadas em alguns acessos e irregulares em outros. Tubérculos irregulares podem oferecer vantagens adaptativas, como uma maior superfície de contato com o solo, facilitando a absorção de nutrientes e permitindo melhor adaptação a diferentes tipos de solo e condições ambientais (Epping; Laibach, 2020). Além disso, a diversidade nos formatos pode ser interpretada como uma estratégia adaptativa para otimizar a eficiência no uso de recursos e maximizar a sobrevivência em cenários ecológicos variáveis. Em relação ao tamanho, foi observado que tubérculos menores, presentes em alguns acessos, tendem a ser mais eficientes em termos de crescimento, permitindo maior densidade de plantio e melhor uso do espaço e dos recursos disponíveis (Squire, 2004). Esse aspecto não apenas facilita a colheita, mas também reduz os custos de processamento, tornando a produção mais economicamente viável.

A cor da casca variou entre marrons e roxas, sendo a primeira predominante na maioria dos acessos. Tubérculos com casca marrom apresentam maior resistência a danos físicos e ataques de patógenos devido à presença de compostos fenólicos, que atuam como barreiras naturais (Lattanzio *et al.*, 2006). Por outro lado, tubérculos com casca roxa, embora menos frequentes, contêm antocianinas, que protegem contra estresse oxidativo e radiação UV, conferindo maior resistência a ambientes adversos. Já a cor da túbera foi predominantemente branca, com menor frequência de túberas amarelas. A polpa branca, presente em 76,67% dos acessos, é tipicamente rica em amido, representando uma fonte eficiente de energia (Ukwuru; Egbonu, 2013). Por sua vez, a polpa amarela, observada em 23,33% dos acessos, sugere a presença de carotenoides, compostos importantes para a saúde humana devido ao seu papel como precursores de vitamina A. Essas diferenças na coloração da polpa têm implicações tanto nutricionais quanto comerciais, influenciando diretamente a aceitação do produto pelos consumidores e seu valor de mercado.

Os padrões observados também sugerem que a diversidade fenotípica encontrada nos acessos pode estar relacionada a pressões seletivas ambientais ou práticas de manejo agrícola. Tubérculos menores, cascas mais resistentes e variações na cor da polpa demonstram como diferentes acessos podem ter sido favorecidos por condições locais específicas, garantindo a sobrevivência e a produtividade em diferentes cenários. No entanto, a homogeneidade observada em algumas características, como a presença de tubérculos subterrâneos em todos os acessos e a predominância de túberas brancas, pode indicar uma seleção natural ou artificial que favoreceu características específicas,

adaptadas a condições ambientais estáveis ou às práticas agrícolas prevalentes. Em alguns casos, essa falta de variabilidade pode limitar a capacidade de resposta das plantas a mudanças ambientais ou novos desafios bióticos (Vishnu; Rajan; Jaishanker, 2023).

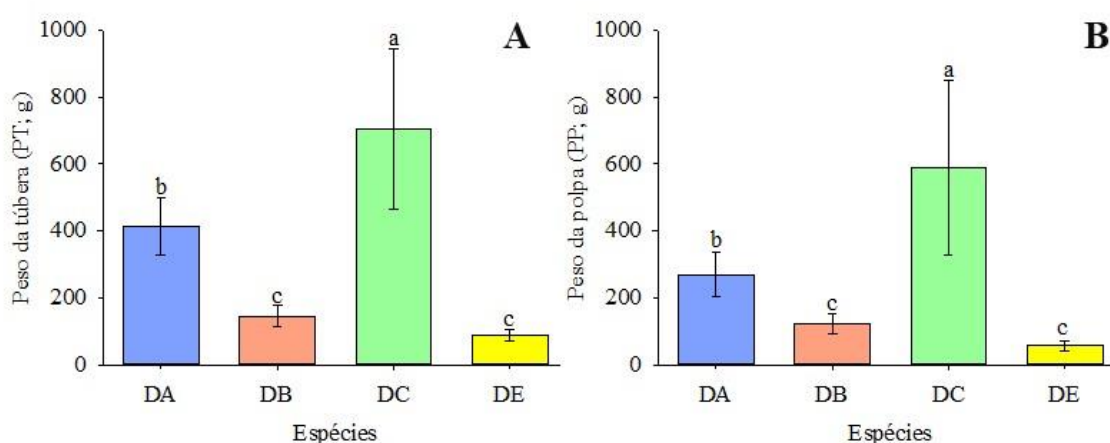
A análise de variância apresentada na Tabela 4 demonstra que as características avaliadas, como peso da túbera (PT), peso da polpa (PP), comprimento (C), diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT), e espessuras transversal (ET) e longitudinal (EL), variaram significativamente entre as espécies de *Dioscorea*. Os coeficientes de variação (CV) variaram de 12,77% (EL) a 54,30% (PP), destacando uma alta variabilidade, principalmente para características relacionadas ao peso, como PT e PP.

Tabela 4– Resumo da análise de variância do Peso da túbera (PT), Peso da polpa (PP), Comprimento (C), Diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT), Espessura transversal (ET) e Longitudinal (EL) das túberas das quatro espécies de *Dioscorea* de diferentes provinciais da Angola.

FV	GL	PT	PP	C	DL	DT	ET	EL
Espécies	3	1207801,00**	8423320**	1575,03*	5632,30**	1304,82**	32,938**	40,015**
Erro	56	17742,00	19806	13,45	93,1	115,56	0,591	0,497
Total	59							
CV (%)	-	39,47	54,30	23,76	18,90	17,65	14,98	12,77

ns, * e **: não significativo e significativo nos níveis de probabilidade de 0,01 e 0,05, respectivamente; FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de variação.

Figura 6 - Médias do Peso túbera (PT), Peso da polpa (PP) e comprimento da túbera (C) para as espécies de *Dioscorea alata* (DA), *Dioscorea cayenensis* (DC), *Dioscorea bulbifera* (DB) e *Dioscorea esculenta* (DE) provenientes de diferentes províncias de Angola.



*Médias seguidas de letras iguais não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados das Figuras 6A e 6B confirmam que DB obteve os maiores valores médios tanto para peso da túbera (PT = 337,43 g) quanto para peso da polpa (PP = 259,17 g), superando significativamente as demais espécies. Essa superioridade pode ser

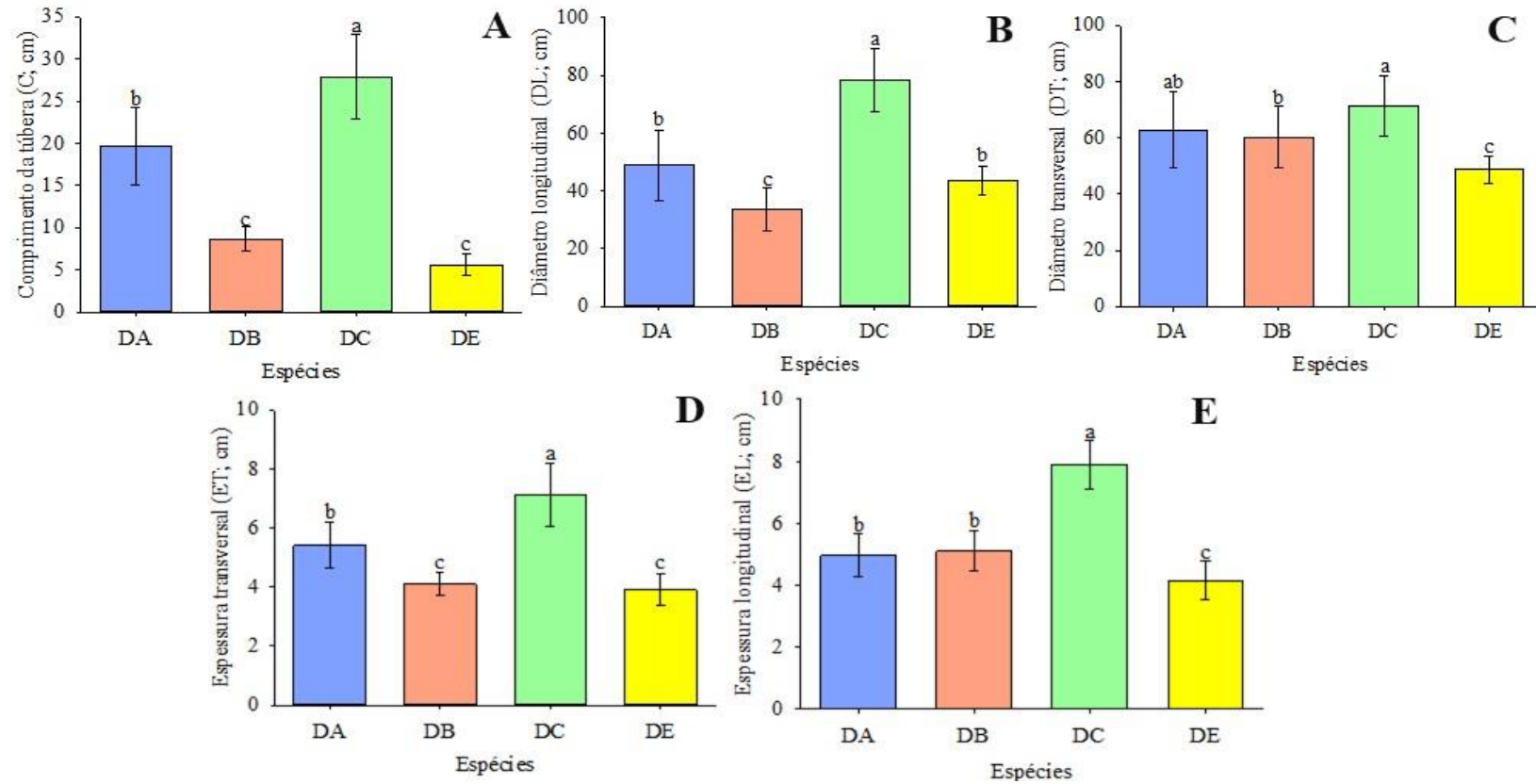
explicada pela sua alta eficiência no acúmulo de reservas energéticas, característica que a torna atrativa para sistemas agrícolas voltados à biomassa. Em contrapartida DE apresentou os menores valores médios para ambas as variáveis, indicando túberas menores e menos densas, possivelmente adaptadas a solos de baixa fertilidade e condições ambientais desafiadoras. Essa tendência está em linha com estudos como os de Rayamajhi *et al.* (2020), que apontam diferenças adaptativas entre espécies de *Dioscorea* relacionadas à morfologia das túberas.

Análises de variabilidade genética corroboram essas observações, destacando que DB apresenta potencial para túberas maiores e mais pesadas, evidenciando sua superioridade em características relacionadas ao rendimento agrícola (Lu *et al.*, 2024). Esses estudos indicam que a diversidade genética dentro do gênero permite a seleção de genótipos com características desejáveis, como maior peso e eficiência no armazenamento de carboidratos, que são ideais para produção agrícola em larga escala (Silva *et al.*, 2020).

Os dados de comprimento da túbera (C) e diâmetro longitudinal (DL), apresentados nas Figuras 6C e 6D, indicam um padrão semelhante. A DB alcançou o maior comprimento médio (27,87 cm) e maior diâmetro longitudinal (78,47 mm), enquanto DE obteve os menores valores (5,59 cm e 43,43 mm, respectivamente). As características de maior tamanho e volume de DB reforçam seu potencial para maximizar o rendimento agrícola, enquanto as dimensões reduzidas de DE refletem uma estratégia adaptativa distinta. Essa diferenciação pode ser vantajosa em sistemas agrícolas específicos, dependendo das condições ambientais e dos objetivos de cultivo.

As dimensões relacionadas à espessura e ao diâmetro transversal das túberas, mostradas na Figura 7, também destacam diferenças significativas entre as espécies. DB registrou o maior diâmetro transversal (DT = 71,40 mm) e a maior espessura longitudinal (EL = 8,12 cm), enquanto *Dioscorea cayenensis* (DC) e *Dioscorea alata* (DA) apresentaram valores elevados para a espessura transversal (ET). Essas características estruturais são essenciais para o manejo e armazenamento, além de refletirem estratégias de adaptação e potencial produtivo de cada espécie.

Figura 7 - Médias do Comprimento (C), diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT) e espessuras transversal (ET) e longitudinal (EL) das túberas das espécies de *Dioscorea alata* (DA), *Dioscorea cayenensis* (DC), *Dioscorea bulbifera* (DB) e *Dioscorea esculenta* (DE) em diferentes províncias de Angola.



*Médias seguidas de letras iguais não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Os estudos de Chen *et al.* (2022) também destacam que a diversidade genética entre espécies de *Dioscorea* influencia não apenas as características morfológicas, mas também a resistência a pragas, a capacidade de armazenamento e a qualidade nutricional. Essas variações são cruciais para a seleção de genótipos adequados a diferentes condições ambientais e preferências de cultivo, maximizando o rendimento e a eficiência agrícola.

De forma geral, os resultados indicam uma ampla variabilidade genética entre as espécies de *Dioscorea* avaliadas. A DB se destacou como a espécie de maior rendimento, tanto em peso quanto em dimensões, reforçando seu valor em contextos agrícolas voltados para biomassa e produção em grande escala. Estudos prévios (Onwueme; Charles, 1994; Silva *et al.*, 2020) corroboram a eficiência de DB no armazenamento de carboidratos, indicando seu potencial como cultura de alto rendimento. Por outro lado, DE, com túberas menores e mais compactas, pode ser mais adequada para condições ambientais específicas, como solos pouco férteis, ou para sistemas agrícolas que priorizem maior densidade de plantio e menor tamanho das túberas. Essa diversidade entre as espécies demonstra a importância de considerar tanto as características morfológicas quanto as exigências ambientais para otimizar a produção agrícola e garantir maior sustentabilidade nos sistemas de cultivo.

4 CONCLUSÃO

O estudo caracterizou morfológicamente genótipos de inhame de diferentes regiões de Angola, evidenciando variações em cor, forma e estrutura das folhas, pecíolos e caules. A Análise de Componentes Principais destacou uma distinção clara entre as espécies, com características discriminantes como cor do pecíolo e caule, forma das folhas e presença de asas e acúleos.

A plasticidade fenotípica observada sugere a influência de fatores genéticos e ambientais, contribuindo para a diversidade da cultura. Esses resultados fornecem subsídios para a conservação da diversidade genética do inhame e o desenvolvimento de estratégias agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

Abeywickrama, KG TAK *et al.* Analysis of diversity and determination of duplicates among twenty one *Dioscorea* accessions through morphological and molecular characterization. **Sri Lanka Journal of Food and Agriculture**, v. 4, n. 1, 2018.

AGRE, P.A.; ASIBE, F.; DARKWA, K.; EDEMODU, A.; BAUCHET, G.; ASIEDU, R.; ADEBOLA, P.; ASFAW, A. Phenotypic and molecular assessment of genetic structure and diversity in a panel of winged yam (*Dioscorea alata*) clones and cultivars. **Scientific reports**, Londres, v. 9, n. 1, p. 18221, 2019.

AREMU, C.O.; OJUEDERIE, O.B.; AYO-VAUGHAN, F.; DAHUNSI, O.; ADEKIYA, A.O.; OLAYANJU, A.; ADEBIYI, O.T.; SUNDAY, I.; INEGBEDION, H.; ASALEYE, A.J.; ABOLUSORO, S.; ABOYEJI, C.M.; AJIBOYE, B.O.; OBANIYI, S.; OBANIYI, S. Morphometric analysis and characterization of the nutritional quality in African yam bean accessions. **Plant Physiology Reports**, Nova Delhi, v. 24, p. 446-459, 2019.

BALDUZZI, M.; BINDER, B.M.; BUCKSCH, A.; CHANG, C.; HONG, L.; IYER-PASCUZZI, A.S.; PRADAL, C.; SPARKS, E.E. Reshaping plant biology: qualitative and quantitative descriptors for plant morphology. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 8, p. 117, 2017.

BREDESON, J.V.; LYONS, J.B.; ONIYINDE, I.O.; OKEREKE, N.R.; KOLADE, O.; NNABUE, I.; NWADILI, C.O.; HRIBOVÁ, E.; PARKER, M.; NWOGHA, J.; SHU, S.; CARLSON, J.; KARIBA, R.; MUTHEMBA, S.; KNOP, K.; BARTON, G.J.; SHERWOOD, A.V.; LOPEZ-MONTES, A.; ASIEDU, R.; JAMNADASS, R.; MUCHUGI, A.; GOODSTEIN, D.; EGESI, C.N.; FEATHERSTON, J.; ROKHSAR, D.S. Chromosome evolution and the genetic basis of agronomically important traits in greater yam. **Nature communications**, London, v. 13, n. 1, p. 2001, 2022.

BRODRIBB, T.J.; FEILD, T.S.; JORDAN, G.J. Leaf maximum photosynthetic rate and venation are linked by hydraulics. **Plant physiology**, Rockville, v. 144, n. 4, p. 1890-1898, 2007.

CADDICK, L. R.; WILKIN, P.; RUDALL, P.J.; HEDDERSON, T.A.J.; CHASE, M.W. Yams reclassified: A recircumscription of dioscoreaceae and dioscoreales. **Taxon**, Bratislava, v.51, p.103–114, 2002.

CAZÉ FILHO, J. Clonagem do Inhame (*Dioscorea* sp.) por métodos biotecnológicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE AS CULTURAS DO INHAME E DO TARO, 2., 2002. João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: EMEPA – PB, 2002. v.1, p. 113-123.

CHEN, M.; SUN, X.; XUE, J.Y.; ZHOU, Y.; HANG, Y. Evolution of Reproductive Traits and Implications for Adaptation and Diversification in the Yam Genus *Dioscorea* L. **Diversity**, Basileia, v. 14, n. 5, p. 349, 2022.

DANQUAH, E.O.; DANQUAH, F.O.; FRIMPONG, F.; DANKWA, K.O.; WEEBADDE, C.K.; ENNIN, S.A.; ASANTE, O.O.; BREMPONG, M.B.; DWAMENA, H.A.; ADDO-DANSO, A.; NYAMEKYE, D.R.; AKOM, M.; OPOKU, A.Y. Sustainable intensification and climate-smart yam production for improved food security in West Africa: a review. **Frontiers in agronomy**, Lausanne, v. 4, p. 1-14, 2022.

EPPING, J.; LAIBACH, N. An underutilized orphan tuber crop—Chinese yam: A review. **Planta**, Heidelberg, v. 252, p. 1-19, 2020.

Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA (2021). `_ExpDes.pt`: Pacote Experimental Designs (Portugues). R package version 1.2.2, <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>.

FERRIOL, M. Morphological Diversity of Edible Yam (*Dioscorea spp*) in Tablas, Island, Romblon, Philippines. **Romblon State University Research Journal**, v. 5, n. 1, p. 33-42, 2023.

JOST, L. Entropy and diversity. **Oikos**, Lund. v.113, p.363-375, 2006.

KARKUTE, S.G.; SINGH, A.K.; GUPTA, O.P.; SINGH, P.M.; SINGH, B. CRISPR/Cas9 mediated genome engineering for improvement of horticultural crops. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 8, p. 292-352, 2017.

Kassambara A, Mundt F (2020). `_factoextra`: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7, <<https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>>.

KHAN, M.A.; GEMENET, D.C.; VILLORDON, A. Root system architecture and abiotic stress tolerance: current knowledge in root and tuber crops. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 7, p.1-13, 2016.

KUMAR, S.; SINGH, P.K.; SOLANKEY, S.S.; SINGH, B.K. Genotypic× environment interaction and stability analysis for yield and quality components in elephant foot yam [*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst) Nicolson]. **African Journal of Agricultural Research**, Naoirobi, v. 9, n. 7, p. 707-712, 2014.

LASKY, J.R.; JOSEPHS, E.B.; MORRIS, G.P. Genotype–environment associations to reveal the molecular basis of environmental adaptation. **The Plant Cell**, Rockville, v. 35, n. 1, p. 125-138, 2023.

LÓPEZ, D.B.S.; CASTELLANOS, L.L.; CABADIAZ, A.T.D.; PAZOS, J.V.P.; TORRES, J.C. Identificación de hongos asociados a la pudrición seca del ñame bajo condiciones de almacenamiento. **Revista de Investigaciones Altoandinas**, Altipano, v. 22, n. 3, p. 199-214, 2020.

LU, R.; HU, K.; SUN, X.; CHEN, M. Low-coverage whole genome sequencing of diverse *Dioscorea bulbifera* accessions for plastome resource development, polymorphic nuclear SSR identification, and phylogenetic analyses. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 15, p. 1373297, 2024.

MASSAWE, J.I.; TEMU, G.E. Morphological Variabilities and Identification of Yam (*Dioscorea spp.*) Genotypes from Major Growing Regions in Tanzania. **Tanzania Journal of Science**, Dar es Salaam, v. 48, n. 4, p. 897-912, 2022.

MAROYA, N.; BALOGUN, M.; AIGHEWI, B.; MIGNOUNA, D.B.; KUMAR, P.L.; ASIEDU, R. Transforming yam seed systems in West Africa. *In*: Thiele, G.; Friedman, M.; Campos, H.; Polar, V.; Bentley, J.W. (Ed.). **Root, Tuber and Banana Food System Innovations: Value Creation for Inclusive Outcomes**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 421-451.

Mildenberger T, Rozenholc Y, Zasada D. Histogram: Construction of regular and irregular histograms with different options for automatic choice of bins. R package version 0.0-25 [Internet];26 abr 2019[citado em 1 nov 2023]. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=histogram>

MURALEEDHARAN, V.; RAJAN, S.C. Geometric entropy of plant leaves: A measure of morphological complexity. **Plos one**, San Francisco, v. 19, n. 1, p.29-35, 2024.

NORMAN, P.E.; AGRE, P.A.; ASIEDU, R.; ASFAW, A. Multiple-traits selection in white guinea yam (*Dioscorea rotundata*) genotypes. **Plants**, Basel, v. 11, n. 21, p. 3003, 2022.

NORMAN, P.E.; TONGOONA, P.; SHANAHAN, P.E. Diversity of the morphological traits of yam (*Dioscorea spp.*) genotypes from Sierra Leone. **Journal of Applied Biosciences**, Ruiru, v. 45, p. 3045-3058, 2011.

ONWUEME, I.C.; JOHNSTON, M. Influence of shade on stomatal density, leaf size and other leaf characteristics in the major tropical root crops, tannia, sweet potato, yam, cassava and taro. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 36, n. 4, p. 509-516, 2000.

ORTEU, Anna; JIGGINS, Chris D. The genomics of coloration provides insights into adaptive evolution. **Nature Reviews Genetics**, v. 21, n. 8, p. 461-475, 2020.

PADHAN, B.; PANDA, D. Potential of neglected and underutilized yams (*Dioscorea spp.*) for improving nutritional security and health benefits. **Frontiers in pharmacology**, Lausanne, v. 11, p. 1-13, 2020.

PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; DIAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M.S.; CORNWELL, W.K.; CRAINE, J.M.; GURVICH, D.E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E.J.; REICH, P.B.; POORTER, L.; WRIGHT, I.J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J.G., DE VOS, A.C., BUCHMANN, N., FUNES, G., QUÉTIER, F., HODGSON, J.G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H.D.; TER STEEGE, H.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M.V.; CONTI, G., STAYER, A.C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J.H.C. Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, Sydney, v. 64, n. 8, p. 715-716, 2016.

CARVALHO, S. C. P.; SANTOS, F. D.; PULQUÉRIO, M. Climate change scenarios for Angola: an analysis of precipitation and temperature projections using four RCMs. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 8, p. 3398-3412, 2017.

RAYAMAJHI, M.B.; ROHRIG, E.; TIPPING, P.W.; PRATT, P.D.; LEIDI, J.G. Allometric equations for the invasive vine air potato (*Dioscorea bulbifera*) in its exotic

range in Florida. **Invasive Plant Science and Management**, Cambridge, v. 13, n. 2, p. 76-83, 2020.

RIEKÖTTER, J.; OKLESTKOVA, J.; MUTH, J.; TWYMAN, R.M.; EPPING, J. Transcriptomic analysis of Chinese yam (*Dioscorea polystachya* Turcz.) variants indicates brassinosteroid involvement in tuber development. **Frontiers in Nutrition**, Lausanne, v. 10, p. 1112793, 2023.

SCARCELLI, N.; CUBRY, P.; AKAKPO, R.; THUILLET, A.C.; OBIDIEGWU, J.; BACO, M.N.; VIGOUROUX, Y.; OTOO, E.; SONKÉ, B.; DANSI, A.; DJEDATIN, G.; MARIAC, C.; COUDERC, M.; CAUSSE, S.; ALIX, K.; CHAÏR, H.; OLIVIER FRANÇOIS, O.; VIGOUROUX, Y. Yam genomics supports West Africa as a major cradle of crop domestication. **Science advances**, Washington, D.C., v. 5, n. 5, p. 1-7, 2019.

DA SILVA, E.N.L. da; ARAÚJO, J.F. da S.; PIRES, C.R.F. Caracterização nutricional das espécies cará-moela (*Dioscorea bulbífera*) e cará (*Dioscorea spp.*). **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, Palmas, v. 7, n. 3, p. 357-366, 2020.

SOUSA, E.C.; RAIZADA, M.N. Contributions of African crops to American culture and beyond: the slave trade and other journeys of resilient peoples and crops. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 4, p. 1-24, 2020.

SYOMBUA, E.D.; TRIPATHI, J.N.; OBIERO, G.O.; NGUU, E.K.; YANG, B.; WANG, K.; TRIPATHI, L. Potential applications of the CRISPR/Cas technology for genetic improvement of yam (*Dioscorea spp.*). **Food and Energy Security**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 1-18, 2022.

TSUKAYA, H. Mechanism of leaf-shape determination. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 57, p. 477-496, 2006.

UKWURU, M.U.; EGBONU, S.E. Recent development in cassava-based products research. **Academia Journal of Food Research**, Port Harcourt, v. 1, n. 1, p. 001-013, 2013.

VISHNU, M.; RAJAN, S.C.; JAISHANKER, R. Geometric Entropy of plant leaves: A measure of morphological complexity, **Research Square**, Durham, v.3, 2023.

WANG, Z.; ZHAO, S.; TAO, S.; HOU, G.; ZHAO, F.; TAN, S.; MENG, Q. *Dioscorea spp.*: Bioactive compounds and potential for the treatment of inflammatory and metabolic Diseases. **Molecules**, Basel, v. 28, n. 6, p. 2878, 2023.

WEATHER SPARK. Clima e condições meteorológicas médias em Lubango no ano todo Angola. **Weatherspark**. 2024. Disponível em: https://pt.weatherspark.com/y/74188/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Lubango-Angola-durante-o-ano#google_vignette. Acesso em: 12 nov. 2024.

H. Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.

IPGRI/IITA. Descriptors for yam (*Dioscorea* spp.). Rome, Italy: International Institute of Topical Agriculture, Ibadan, Nigeria/International Plant Genetic Resources Institute, 1997. p. 61.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2024. Disponível em: <http://www.r-project.org/index.html>.

ARTIGO 2

**DIFERENTES SUBSTRATOS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E
PRODUTIVO DE INHAME (*DIOSCOREA SPP.*), PROVENIENTES DE
DIFERENTES PROVÍNCIAS DE ANGOLA**

RESUMO: O inhame (*Dioscorea spp.*) é uma cultura de grande importância econômica e cultural no continente africano, especialmente em Angola, que se destaca pela diversidade genética dessa planta e pelo papel crucial que desempenha na segurança alimentar. A multiplicação de espécies de inhame é fundamental para a preservação do patrimônio genético, fortalecimento da agricultura sustentável e desenvolvimento socioeconômico de comunidades rurais. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar diferentes substratos para acelerar a brotação de túberas de *Dioscorea alata*, visando a produção de mudas de alta qualidade e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. O experimento foi realizado em Lubango, Angola, de janeiro a dezembro de 2023, utilizando túberas coletadas em seis províncias. Essas foram cortadas em três partes (cabeça, meio e ponta) e plantadas em substratos compostos por pó de serra compostado, esterco bovino, areia, biocarvão, composto orgânico e solo, combinados em cinco proporções diferentes (S1 a S5). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 repetições. Durante o experimento, foram avaliadas variáveis como número de brotos, folhas, raízes, comprimento de raiz e biomassa fresca e seca, analisadas por ANOVA e teste de Tukey. Os resultados mostraram que os substratos influenciaram significativamente o desenvolvimento inicial das plantas. O S4 (50% pó de serra compostado, 20% areia e 30% biocarvão) foi o mais eficiente, apresentando maior número de brotos (25,58), raízes (122,00) e biomassa aérea (31,09 g). O S5 (40% pó de serra, 40% terra e 20% esterco bovino) destacou-se no número de folhas (42,59), raízes (99,75) e massa radicular fresca e seca. Substratos ricos em biocarvão (S4) melhoraram a retenção de nutrientes e a aeração do solo, promovendo maior desenvolvimento das plantas. Já o S1, com maior proporção de areia e esterco, favoreceu o crescimento inicial das sementes, mas apresentou resultados inferiores em outras variáveis. Conclui-se que os substratos S4 e S5 foram os mais eficientes para a multiplicação de *Dioscorea alata*. A combinação de biocarvão e terra com esterco bovino proporcionou condições ideais para o desenvolvimento inicial das plantas, evidenciando seu potencial para melhorar a produção de mudas de qualidade, contribuir para a preservação da biodiversidade e impulsionar a agricultura sustentável em Angola.

Palavras-Chaves: *Dioscorea alata* L.; multiplicação de túberas; biocarvão.

ABSTRACT: Yam (*Dioscorea spp.*) is a crop of great economic and cultural importance on the African continent, especially in Angola, which stands out for the genetic diversity of this plant and the crucial role it plays in food security. The multiplication of yam species is fundamental for the preservation of genetic heritage, strengthening sustainable agriculture, and the socioeconomic development of rural communities. In this context, this study aimed to evaluate different substrates to accelerate the sprouting of *Dioscorea alata* tubers, aiming for the production of high-quality seedlings and the promotion of sustainable agricultural practices. The experiment was conducted in Lubango, Angola, from January to December 2023, using tubers collected from six provinces. These were cut into three parts (head, middle, and tip) and planted in substrates composed of composted sawdust, cattle manure, sand, biochar, organic compost, and soil, combined in five different proportions (S1 to S5). The experimental design was completely randomized with 12 replications. During the experiment, variables such as the number of shoots, leaves, roots, root length, and fresh and dry biomass were evaluated, analyzed by ANOVA and Tukey's test. The results showed that the substrates significantly influenced the initial development of the plants. S4 (50% composted sawdust, 20% sand, and 30% biochar) was the most efficient, presenting the highest number of shoots (25.58), roots (122.00), and aerial biomass (31.09 g). S5 (40% sawdust, 40% soil, and 20% cattle manure) stood out for the number of leaves (42.59), roots (99.75), and fresh and dry root mass. Substrates rich in biochar (S4) improved nutrient retention and soil aeration, promoting better plant development. S1, with a higher proportion of sand and manure, favored the initial seedling growth but presented inferior results in other variables. It is concluded that substrates S4 and S5 were the most efficient for *Dioscorea alata* multiplication. The combination of biochar and soil with cattle manure provided ideal conditions for the initial development of the plants, highlighting their potential to improve the production of quality seedlings, contribute to biodiversity preservation, and boost sustainable agriculture in Angola.

Keywords: *Dioscorea alata* L.; tuber multiplication; biochar.

1 INTRODUÇÃO

O continente africano é reconhecido como o centro de origem e diversidade do inhame (*Dioscorea spp.*), uma cultura agrícola de significativa importância econômica e cultural (Pedralli, 1999; Lebot, 2009; Padhan; Panda, 2020; Sousa; Raizada, 2020). Ao longo dos séculos, as diversas regiões da África desempenharam um papel crucial na domesticação e na preservação das espécies de inhame, resultando em uma rica diversidade genética que é fundamental para a segurança alimentar e a subsistência de muitas comunidades africanas (Scarcelli *et al.*, 2019; Owiti *et al.*, 2023).

Dentro desse contexto, Angola se destaca como um país que abriga uma grande variedade de espécies de inhame, refletindo não apenas a diversidade genética da planta, mas também a riqueza cultural e ambiental da nação (Kumar *et al.*, 2014). Com suas diferentes províncias e ecossistemas, o país oferece um ambiente propício para o cultivo e a multiplicação de espécies de inhame adaptadas às condições locais (Danquah *et al.*, 2022).

A multiplicação das espécies de inhame desempenha um papel crucial na conservação do rico patrimônio genético dessas plantas (Cunha, 2014). Ao explorar métodos de multiplicação, contribui-se para a preservação e o aperfeiçoamento dessas variedades botânicas únicas, além de salvaguardar essas espécies valiosas. A melhor aplicação também fortalece a segurança alimentar e impulsiona o desenvolvimento agrícola sustentável (Tirnaz *et al.*, 2022). Explorar métodos de multiplicação permite ampliar a diversidade genética e adaptabilidade das plantas de inhame, garantindo assim sua continuidade e promovendo benefícios significativos para a agricultura e o meio ambiente (Owiti *et al.*, 2023).

Portanto, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia para acelerar a brotação em túberas de inhame (*D. alata*) utilizando diferentes substratos, para produção de mudas de qualidade. Neste sentido, visa-se contribuir para o fortalecimento da agricultura sustentável, a preservação da biodiversidade e o desenvolvimento socioeconômico das comunidades rurais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em um telado, na Fazenda Esperança, localizada na cidade da Huíla, Angola (14°91'75''S, 13°49'25''E, a 1.805 metros de altitude), durante o período de janeiro a dezembro de 2023. Foram utilizadas

aeração e regadas regularmente para manter a umidade ideal. Após quatro meses, o material estava completamente decomposto, apresentando coloração escura e odor terroso, características indicativas de sua prontidão para uso.

O esterco bovino foi coletado de fazendas próximas e armazenado em montes, passando por um processo natural de decomposição durante 90 dias. Durante esse período, foi revolvido semanalmente para promover a aeração e regado conforme necessário. Após o curtimento, o esterco apresentava textura homogênea, ausência de odor forte e estava adequado para a composição dos substratos.

O biocarvão foi produzido no local do experimento utilizando resíduos vegetais, como caroços de milho e madeira seca, sem tratamento químico. Os resíduos foram colocados em um tambor metálico e carbonizados por combustão controlada, com o tambor tampado para limitar o oxigênio. Após a carbonização, o material foi deixado para esfriar, peneirado e misturado ao composto orgânico na proporção de 3% de biocarvão e 2% de composto orgânico. Essa mistura foi curada por 60 dias com regas regulares antes de ser utilizada. O composto orgânico foi produzido por meio da compostagem de restos vegetais, como hortaliças e folhas secas. Os materiais foram dispostos em camadas alternadas de resíduos secos e úmidos, mantidos úmidos com regas regulares e revolvidos quinzenalmente. Após quatro meses, o composto estava estabilizado, homogêneo e pronto para uso. A areia utilizada foi coletada de leitos de rios, seca ao ar livre e peneirada para remover impurezas. O solo foi coletado nas proximidades do local do experimento, seco e peneirado para garantir uniformidade.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco composições de substratos e 12 repetições. Cada parcela experimental teve dimensões de 1,5 m × 0,5 m, contendo uma túbera-semente por cova. Os tratamentos foram compostos por diferentes formulações de substrato: S1 (50% pó de serra compostado, 30% esterco bovino e 20% areia), S2 (70% pó de serra compostado e 30% composto orgânico), S3 (50% pó de serra compostado e 50% biocarvão), S4 (50% pó de serra compostado, 20% areia e 30% biocarvão) e S5 (40% pó de serra compostado, 40% terra e 20% esterco bovino).

As caixas de madeira foram preparadas com cada mistura de substrato, e as túberas-sementes foram semeadas em recipientes separados para evitar contaminação cruzada. Durante o período experimental, de fevereiro a dezembro de 2023, o manejo incluiu regas diárias e controle manual de ervas daninhas. Aos 60 dias após o plantio, as brotações foram quantificadas e, ao final do ciclo (11 meses após o plantio), foram

mensuradas as seguintes variáveis: altura da maior haste (AMH), número de brotos (NB), número de folhas (NF), número de raízes (NR), comprimento da raiz (CR), massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria fresca da raiz (MFR), massa da matéria seca da raiz (MSR), massa da matéria fresca da semente (MFS) e massa da matéria seca da semente (MSS). As amostras foram secas em estufa com circulação de ar a 60 ± 5 °C até peso constante para determinação da massa seca. As pesagens foram realizadas em balança analítica de precisão, garantindo a exatidão dos dados obtidos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o teste F utilizado para identificar diferenças significativas entre os tratamentos. Para a comparação das médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa R (R Core Team, 2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas entre os substratos testados para número de brotos (NB), número de folhas (NF), número de raízes (NR) e comprimento da raiz (CR) de *D. alata*, indicando que a composição dos substratos influenciou diretamente a brotação e o crescimento inicial da planta. A análise de variância (Tabela 1) revelou efeitos significativos ($p < 0,01$) para NB, NF, NR e CR, enquanto a altura da maior haste (AMH) não apresentou diferenças significativas, sugerindo que esta variável pode ser menos sensível às variações nos substratos.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância do Número de brotos (NB), Número de folhas (NF), Altura da maior haste (AMH), Número de raízes (NR) e Comprimento de raiz (CR) da *Dioscorea alata* L. em diferentes combinações de substratos.

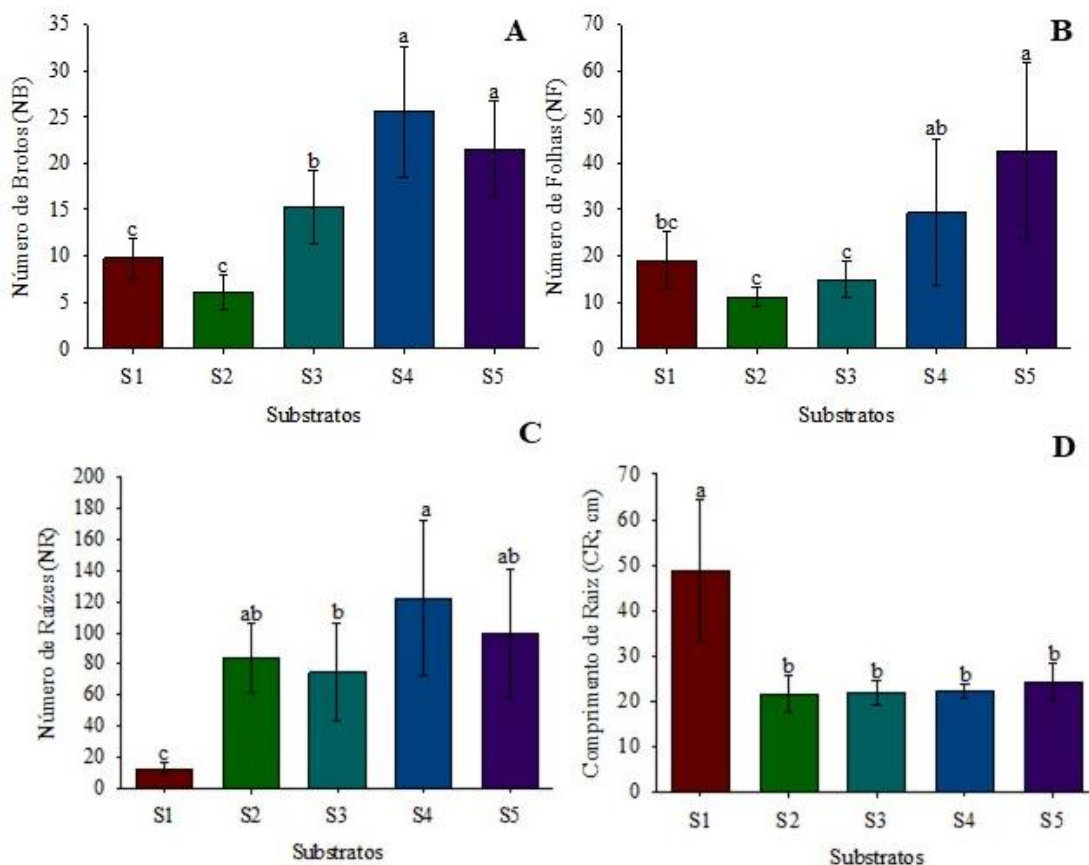
FV	GL	NB	NF	AMH	NR	CR
Substratos	4	781,10**	1938,06**	384,48 ^{ns}	20120,30**	1678,87**
Erro	55	21,84	145,22	27,23	1237,70	62,82
Total	59	-	-	-	-	-
CV(%)	-	29,86	51,46	39,05	44,78	28,47

^{ns}, * e **: não significativo e significativo nos níveis de probabilidade de 0,01 e 0,05, respectivamente; FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de variação.

O substrato S4 apresentou o maior número de brotos (25,58), seguido por S5 (21,58) (Figura 2A). A presença de biocarvão no S4 e de terra com esterco bovino no S5 parece ter melhorado a retenção de nutrientes e a capacidade de troca catiônica do substrato, fatores que estimulam o desenvolvimento inicial das plantas (Major *et al.*, 2010; Lehmann; Joseph, 2015). Esses resultados corroboram estudos que demonstram

que o biocarvão melhora a porosidade do solo, a aeração e a disponibilidade de nutrientes, o que favorece a proliferação de brotos (Chen *et al.*, 2022).

Figura 2 – Médias do Número de Brotos (NB), Folhas (NF) e Raízes (NR) e Comprimento da Raiz (CR) para *Dioscorea alata* L. em diferentes combinações de substratos.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade; S1 - 50% pó de serra compostado, 30% esterco bovino, 20% areia; S2 - 70% pó de serra compostado, 30% composto orgânico; S3 - 50% pó de serra compostado, 50% biocarvão; S4 - 50% pó de serra compostado, 20% areia, 30% biocarvão; e S5 - 40% pó de serra compostado, 40% terra, 20% esterco bovino.

Para o número de folhas (NF), o S5 destacou-se com a maior média (42,59), seguido pelo S4 (29,41) (Figura 2B). Isso pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes nos substratos com terra e esterco bovino, que fornecem condições favoráveis para o desenvolvimento da parte aérea (Van Dingenen *et al.*, 2017). Substratos ricos em biocarvão e compostos orgânicos também são conhecidos por estimular o metabolismo fotossintético, o que pode explicar o melhor desempenho do S4 (Lehmann *et al.*, 2011).

Em relação ao número de raízes (NR), o substrato S4 apresentou a maior média (122,00), seguido pelo S5 (99,75) (Figura 1C). Substratos contendo biocarvão são eficazes na promoção do crescimento radicular, devido à melhoria da estrutura do solo, retenção de água e disponibilidade de nutrientes (Andrade; Puga, 202; Yang *et al.*, 2024).

Estudos mostram que o biocarvão melhora a morfologia das raízes, promovendo maior área radicular, volume e densidade, o que contribui para a maior absorção de nutrientes (Grafmüller *et al.*, 2023).

No comprimento da raiz (CR), o substrato S1 apresentou o maior valor (48,92 cm), seguido por S5 (24,36 cm) (Figura 1D). A menor resistência mecânica do S1, devido à sua composição com maior proporção de areia, pode ter permitido um crescimento radicular mais alongado (Criscione *et al.*, 2022). No entanto, os substratos S4 e S5, apesar de menores valores de comprimento, apresentaram melhor desempenho em biomassa, reforçando a eficácia do biocarvão e da terra na promoção do desenvolvimento radicular (Major *et al.*, 2010; Fu *et al.*, 2022).

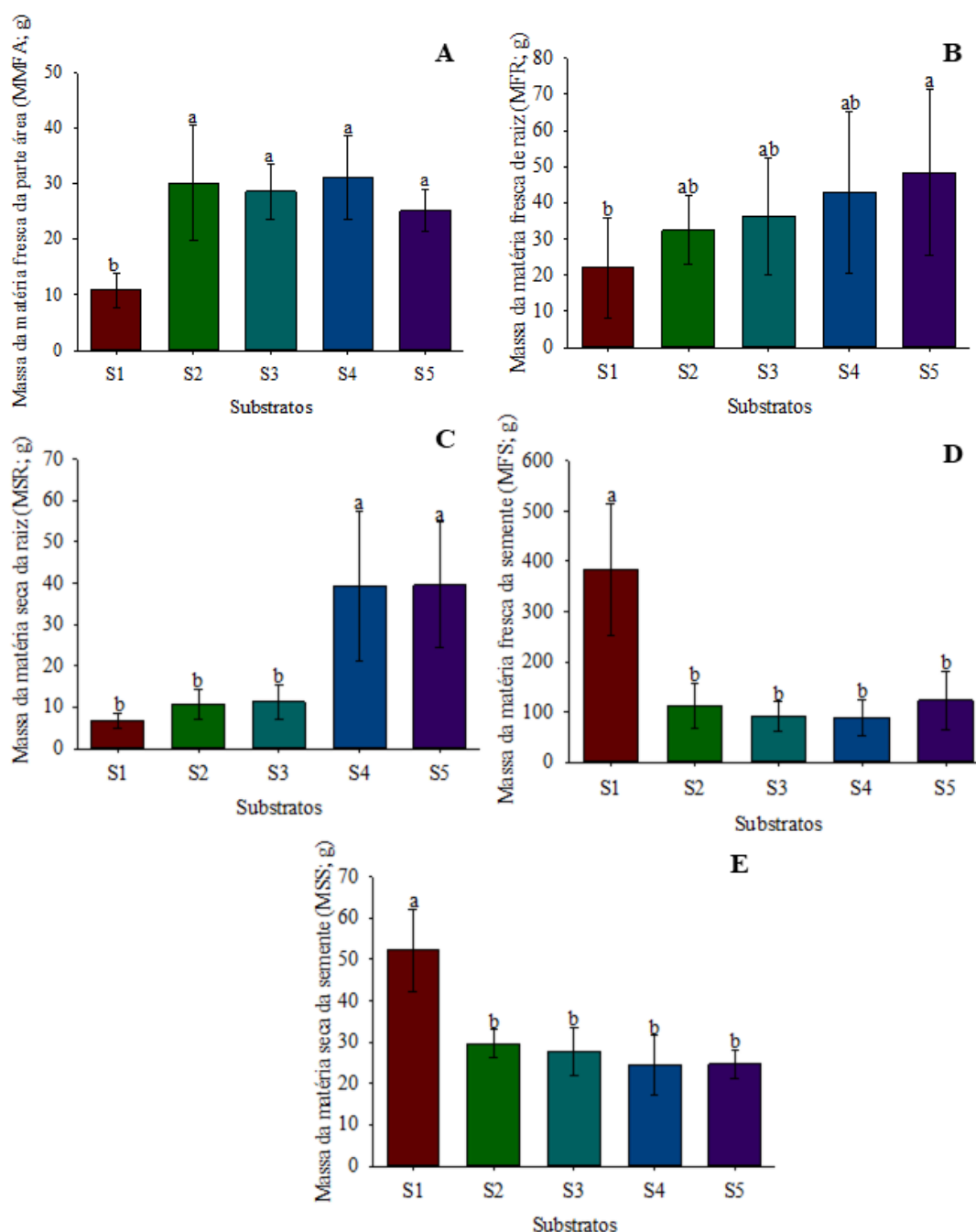
A análise de variância para a massa da matéria fresca (MMFA, MFR, MFS) e seca (MSR, MSS) também revelou diferenças significativas (Tabela 2). A massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA) foi maior em S4 (31,09 g), seguido por S2 (30,08 g) e S3 (28,56 g), enquanto S1 apresentou a menor média (10,76 g) (Figura 3A). Esses resultados reforçam que substratos contendo biocarvão ou compostos orgânicos oferecem nutrientes essenciais e melhoram as condições do solo, favorecendo o crescimento da parte aérea (Lehmann; Joseph, 2015).

Tabela 2– Resumo da análise de variância da Massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA), da raiz (MFR), da semente (MFS) e da matéria seca da parte aérea (MSFA), da raiz (MSR) e da semente (MSS) da *Dioscorea alata* L. em diferentes combinações de substratos.

FV	GL	MMFA	MSFA	MFR	MSR	MFS	MSS
Substratos	4	834,38**	23,98 ^{ns}	1230,30*	3249,30**	191311,00**	1625,73**
Erro	55	47,11	27,88	337,60	129,3	5390,00	45,52
Total	59						
CV (%)	-	27,32	40,81	50,51	52,74	49,51	21,25

^{ns}, * e **: não significativo e significativo nos níveis de probabilidade de 0,01 e 0,05, respectivamente; FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de variação.

Figura 3 – Médias da Massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA), da raiz (MFR), da semente (MFS) e da matéria seca da raiz (MSR) e da semente (MSS) para *Dioscorea alata* L. em diferentes combinações de substratos.



* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; S1 - 50% pó de serra compostado, 30% esterco bovino, 20% areia; S2 - 70% pó de serra compostado, 30% composto orgânico; S3 - 50% pó de serra compostado, 50% biocarvão; S4 - 50% pó de serra compostado, 20% areia, 30% biocarvão; e S5 - 40% pó de serra compostado, 40% terra, 20% esterco bovino.

Em relação à massa da matéria fresca da parte aérea (MMFA), o S4 obteve a maior média (31,09 g), enquanto o S1 apresentou o menor valor (10,76 g) (Figura 3A). O S2 (30,08 g) e o S3 (28,56 g) também apresentaram médias altas, evidenciando que substratos com maior proporção de compostos orgânicos ou biocarvão podem contribuir positivamente para o desenvolvimento da parte aérea. Para a massa da matéria seca da raiz (MSR), os substratos S5 e S4 novamente se destacaram, com médias de 39,65 g e

39,31 g, respectivamente (Figura 3C). Esses resultados reforçam que a combinação de biocarvão e outros materiais orgânicos melhora o acúmulo de biomassa radicular. Em contraste, o S1 apresentou a menor média (6,75 g), indicando que sua composição pode ser limitada para promover o crescimento radicular eficiente

A massa da matéria fresca da raiz (MFR) foi superior no S5 (48,41 g) e S4 (42,87 g) (Figura 3B), indicando que substratos com biocarvão e terra promovem maior acúmulo de biomassa radicular fresca, possivelmente devido à maior retenção de água e aeração do substrato (Major *et al.*, 2010; Andrade; Puga, 2023). A massa da matéria seca da raiz (MSR) seguiu uma tendência similar, com S5 (39,65 g) e S4 (39,31 g) apresentando os melhores resultados (Figura 3C).

A massa da matéria fresca da semente (MFS) foi significativamente maior em S1 (384,33 g), enquanto os demais substratos apresentaram valores mais baixos (Figura 3D). Esse resultado sugere que a composição de S1, contendo maior proporção de esterco bovino, favorece o acúmulo inicial de biomassa na semente, devido ao fornecimento rápido de nutrientes essenciais (Glaser *et al.*, 2002; Lehmann; Rondon, 2006).

Para a massa da matéria seca da semente (MSS) foi maior em S1 (52,21 g), corroborando sua eficiência para o acúmulo inicial de biomassa seca (Figura 3E). Esses resultados reforçam que substratos contendo esterco bovino e areia oferecem condições ideais para o desenvolvimento inicial das sementes, consistentes com estudos que indicam que tais combinações favorecem o rápido estabelecimento das plantas (Laird *et al.*, 2010).

4 CONCLUSÃO

Os substratos contendo biocarvão (S4 e S3) e terra com esterco bovino (S5) foram os mais eficientes para promover a brotação e o desenvolvimento inicial de túberas de *D. alata*, com destaque para o S4, que resultou em maior número de brotos, folhas e raízes.

Os resultados indicam que a composição dos substratos influencia diretamente o crescimento inicial das plântulas, fornecendo informações relevantes para a escolha de substratos na produção de mudas de qualidade. No entanto, como o tempo de brotação não foi mensurado, não foi possível avaliar diretamente a aceleração da brotação. Dessa forma, o estudo se concentrou na avaliação do efeito dos substratos na brotação e no crescimento inicial de *D. alata*, contribuindo para estratégias mais eficientes na propagação dessa espécie.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.A. de; PUGA, A.P. Biocarvão: uso agrícola e ambiental. *In*: BETTIOL, W.; SILVA, C.A.; CERRI, C.E.P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, C.A. DE; MARTIN NETO, L. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília: Embrapa, 2023.
- ATKINSON, C.J.; FITZGERALD, J.D.; HIPPS, N.A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and soil**, New York, v. 337, p. 1-18, 2010.
- CHEN, H.; DU, X.; LAI, M.; NAZHAFATI, M.; LI, C.; QI, W. Biochar improves sustainability of green roofs via regulate of soil microbial communities. **Agriculture**, Basileia, v. 11, n. 7, p. 620, 2021.
- CRISCIONE, K.S.; FIELDS, J.S.; OWEN JR, J.S. Root exploration, initial moisture conditions, and irrigation scheduling influence hydration of stratified and non-stratified substrates. **Horticulturae**, Basileia, v. 8, n. 9, p. 826, 2022.
- CUNHA, E.C. **Produção de mudas de inhame (*Dioscorea rotundata*) de alta qualidade fitossanitária**. 2014. 53p. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.
- DANQUAH, E.O.; DANQUAH, F.O.; FRIMPONG, F.; DANKWA, K.O.; WEEBADDE, C.K.; ENNIN, S.A.; ASANTE, O.O.; BREMPONG, M.B.; DWAMENA, H.A.; ADDO-DANSO, A.; NYAMEKYE, D.R.; AKOM, M.; OPOKU, A.Y. Sustainable intensification and climate-smart yam production for improved food security in West Africa: a review. **Frontiers in agronomy**, Lausanne, v. 4, p. 858114, 2022.
- FU, X.; MENG, S.; KOU, L.; DAI, X.; WANG, H. Multiple responses of fine root resource uptake strategies to gravel content in a subtropical plantation. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 52, n. 3, p. 293-300, 2022.
- GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. **Biology and fertility of soils**, New York, v. 35, p. 219-230, 2002.
- GRABER, E.R.; HAREL, Y.M.; KOLTON, M.; CYTRYN, E.; SILBER, A.; RAV DAVID, D.; TSECHANSKY, L.; BORENSHTEIN, M.; ELAD, Y. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. **Plant and soil**, New York, v. 337, p. 481-496, 2010.
- GRAFMÜLLER, J.; KRAY, D.; KAMMANN, C.; MÜHE, M. E.; SCHMIDT, H.-P.; HAGEMANN, N. Granulated biochar-based NPK fertilizer and its impact on nutrient leaching, plant growth and soil-borne N₂O emissions. *In*: **EGU General Assembly 2023**. Vienna: EGU23-9066. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9066>. Acesso em: 17 jun. 2024.

HUANG, L.; GU, M. Effects of biochar on container substrate properties and growth of plants—A review. **Horticulturae**, Basileia, v.5, n. 1, p. 1-14, 2019.

JEFFERY, S.; VERHEIJEN, F.G.; VAN DER VELDE, M.; BASTOS, A.C. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, Amsterdam, v. 144, n. 1, p. 175-187, 2011.

KUMAR, S.; SINGH, P.K.; SOLANKEY, S.S.; SINGH, B.K. Genotypic× environment interaction and stability analysis for yield and quality components in elephant foot yam [*Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst) Nicolson]. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 9, n. 7, p. 707-712, 2014.

LAIRD, D.A.; BROWN, R.C.; AMONETTE, J.E.; LEHMANN, J. Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar. **Biofuels, bioproducts and biorefining**, Hoboken, v. 3, n. 5, p. 547-562, 2009.

LEBOT, V. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. *In*: LEBOT, V. **Pests and diseases**. Wallingford: CABI, 2009. p. 253–264.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for environmental management: an introduction. *In*: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management**. 2ed. Londres: Routledge, 2015. p. 1-13.

LEHMANN, J.; RONDON, M. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. **Biological approaches to sustainable soil systems**, v. 113, n. 517, p. e530, 2006.

MAJOR, J.; RONDON, M.; MOLINA, D.; RIHA, S.J.; LEHMANN, J. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. **Plant and soil**, New York, v. 333, p. 117-128, 2010.

NAYYEF, H.R. Effect of continuous cultivation and soil texture on some soil properties. **GSC Advanced Research and Reviews**, Jalgaon, v. 13, n. 1, p. 077-084, 2022.

PADHAN, B.; PANDA, D. Potential of neglected and underutilized yams (*Dioscorea spp.*) for improving nutritional security and health benefits. **Frontiers in pharmacology**, Lausanne, v. 11, p. 1-13, 2020.

PALANSOORIYA, K.N.; OK, Y.S.; AWAD, Y.M.; LEE, S.S.; SUNG, J.K.; KOUTSOSPYROS, A.; MOON, D.H. Impacts of biochar application on upland agriculture: A review. **Journal of environmental management**, Amsterdam, v. 234, p. 52-64, 2019.

PEDRALLI, G. Dioscoreaceae. *In*: RIBEIRO J.E.; HOPKINS M.; VICENTINI A. (Eds). **Flora da Reserva Ducke**: Guia de Identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme da Amazônia. 1 ed. Manaus, AM: INPA/DFID. v. 1, p. 723-724, 1999.

OWITI, A.A.; BARGUL, J.L.; OBIERO, G.O.; NYABOGA, E.N. Analysis of genetic diversity and population structure in Yam (*Dioscorea* Species) germplasm using start codon targeted (SCoT) molecular markers. **International Journal of Plant Biology**, Pisa, v. 14, n. 1, p. 299-311, 2023.

SCARCELLI, N.; CUBRY, P.; AKAKPO, R.; THUILLET, A.C.; OBIDIEGWU, J.; BACO, M.N.; VIGOUROUX, Y.; OTOO, E.; SONKÉ, B.; DANSI, A.; DJEDATIN, G.; MARIAC, C.; COUDERC, M.; CAUSSE, S.; ALIX, K.; CHAÏR, H.; OLIVIER FRANÇOIS, O.; VIGOUROUX, Y. Yam genomics supports West Africa as a major cradle of crop domestication. **Science advances**, Washington, D.C., v. 5, n. 5, p. 1-7, 2019.

SOUSA, E.C.; RAIZADA, M.N. Contributions of African crops to American culture and beyond: the slave trade and other journeys of resilient peoples and crops. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 4, p. 1-24, 2020.

TIRNAZ, S.; ZANDBERG, J.; THOMAS, W.J.; MARSH, J.; EDWARDS, D.; BATLEY, J. Application of crop wild relatives in modern breeding: An overview of resources, experimental and computational methodologies. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, p. 1-17, v. 13, p. 1008904, 2022.

VAN DINGENEN, J.; ANTONIOU, C.; FILIPPOU, P.; POLLIER, J.; GONZALEZ, N.; DHONDT, S.; GOOSSENS, A.; FOTOPOULOS, V.; INZÉ, D. Strobilurins as growth-promoting compounds: how Strobilurin regulates *Arabidopsis* leaf growth. **Plant, Cell & Environment**, Hoboken, v. 40, n. 9, p. 1748-1760, 2017.

YANG, L.; YANG, L.; SHEN, P.; LIANG, H.; WU, Q. Biochar relieves the toxic effects of microplastics on the root-rhizosphere soil system by altering root expression profiles and microbial diversity and functions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 271, p. 1-14, 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada ao longo desta tese abordou aspectos cruciais para o desenvolvimento da agricultura sustentável de inhame em Angola, focando na caracterização morfológica e físico-química de genótipos provenientes de diferentes regiões do país, além da avaliação de substratos para a multiplicação das plantas de inhame. Os resultados obtidos forneceram informações valiosas para a conservação da diversidade genética do inhame e para a implementação de práticas agrícolas mais eficientes e adaptadas às condições locais.

A caracterização morfológica dos genótipos de inhame revelou uma grande diversidade fenotípica entre as diferentes espécies e acessos coletados nas províncias do Cuanza Sul, Cuanza Norte, Uíge, Malanje, Cabinda e Huambo, evidenciando a adaptação das plantas às diversas condições climáticas e geográficas do país. A análise de componentes principais permitiu identificar claramente as diferenças fenotípicas entre as espécies de *Dioscorea* e sugeriu que as variações observadas são, em grande parte, resultado de pressões seletivas e adaptações evolutivas às condições ambientais. A morfologia das plantas, especialmente as características foliares, foi fundamental para entender como essas espécies se adaptam às mudanças no ambiente, como a conservação de água e a proteção contra estresses ambientais.

A avaliação dos substratos no desenvolvimento vegetativo e produtivo de *Dioscorea alata* também apresentou resultados significativos. Os substratos ricos em biocarvão, como o S4 (50% pó de serra compostado, 20% areia e 30% biocarvão), mostraram-se mais eficientes no favorecimento da brotação e do crescimento das plantas, indicando o potencial do biocarvão como uma estratégia importante para melhorar a retenção de nutrientes e a aeração do solo. Além disso, o uso de substratos compostos por terra e esterco bovino (S5) também demonstrou bons resultados no desenvolvimento radicular, o que pode ser particularmente útil para a produção de mudas de qualidade. Esses achados são essenciais para o aprimoramento das técnicas de cultivo do inhame e contribuem para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a diversidade genética do inhame em Angola é um recurso valioso que deve ser preservado, pois pode fornecer variedades adaptadas a diferentes condições ambientais e resistências a pragas e doenças. Além disso, a utilização de substratos adequados é uma estratégia promissora para a

multiplicação e melhoria da produção do inhame, favorecendo a qualidade das mudas e, conseqüentemente, a produtividade das lavouras.

A continuidade de estudos sobre a diversidade genética e a multiplicação de inhame, com a incorporação de novas tecnologias e práticas agrícolas, é fundamental para garantir o sucesso da cultura e fortalecer a agricultura familiar nas regiões produtoras. Assim, a preservação da biodiversidade local e o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis tornam-se pilares fundamentais para o crescimento socioeconômico e a segurança alimentar no país.