

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - MELHORAMENTO GENÉTICO DE
PLANTAS

JACKSON DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA, DIVERGÊNCIA
GENÉTICA E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM
ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

RECIFE, PE

2023

JACKSON DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA, DIVERGÊNCIA
GENÉTICA E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM
ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho - Orientador - DEPA/UFRPE

Dr. Júlio Carlos Polimeni de Mesquita - Coorientador - IPA

Prof^a. Dra. Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho - DEPA/UFRPE

RECIFE, PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586c SILVA, JACKSON
CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA, DIVERGÊNCIA GENÉTICA E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS EM ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS / JACKSON SILVA. - 2023.
102 f. : il.

Orientador: Jose Luiz Sandes de Carvalho Filho.

Coorientador: Julio Carlos Polimeni de Mesquita.

Inclui referências e anexo(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Recife, 2023.

1. Capsicum annum. 2. variabilidade genética. 3. melhoramento genético. 4. algoritmo de Gower. 5.
análise de componentes principais. I. Filho, Jose Luiz Sandes de Carvalho, orient. II. Mesquita, Julio Carlos
Polimeni de, coorient. III. Título

CDD 581.15

JACKSON DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA, DIVERGÊNCIA GENÉTICA E
ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM ACESSOS DE PIMENTEIRAS
ORNAMENTAL**

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em: 22/11/2023

ORIENTADOR:

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho (DEPA/UFRPE)

EXAMINARODES:

Dr. Júlio Carlos Polimeni de Mesquita (IPA)

Prof^a. Dr^a. Jackeline Terto da Silva Santana (IFAL)

Dr. João Gomes da Costa (EMBRAPA)

Dr. Sérgio Rogério Alves de Santana

RECIFE, PE

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por conceder-me o dom da vida.

Aos meus pais Gilson Alves da Silva e Irene Maria da Silva por participarem da minha vida em meus primeiros passos escolares com relação ao ensino, instruindo-me em qual caminho eu deveria seguir, aconselhando-me a progredir e a investir no conhecimento científico, ajudando-me e financiando-me quando hora precisara.

Aos meus irmãos Gefferson Henrique da Silva e Jaine da Silva, por todo amor e incentivo dado durante toda a minha vida. Aos demais familiares avós (a), tios (a) e primos (a), muito obrigado por tudo.

A minha noiva Irailza Alves da Silva, por toda força, compreensão, amizade e amor. Por ter se feito presente em todos os momentos dessa caminhada.

Ao Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho pela orientação no doutorado, pela amizade e por todos os conselhos que precisei nos momentos decisivos da minha vida profissional e pessoal.

A Prof^a. Dra. Maria Márcia Pereira Sartori pela orientação no mestrado, ensinamentos, confiança, paciência, amizade, além de exemplo de profissional e ser humano.

Ao Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira, pela orientação na graduação, participando ativamente da minha formação acadêmica.

Ao meu coorientador e amigo Dr. Júlio Carlos Polimeni de Mesquita, por ter me dado à oportunidade de conviver e aprender muito todos os dias, o qual me proporcionou ensinamento extra profissional, pelas conversas e conselhos. Muito obrigado por cada ensinamento, levarei por toda a minha vida.

Ao Prof. Dr. Cosme Damião Cruz por toda ajuda na análise e interpretação dos dados, como também pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto pelos ensinamentos, orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Dimas Menezes por toda amizade, orientações, ensinamentos e direcionamentos durante todo o curso.

Aos professores do PPAMGP e do DEPA, Prof. Dr. Clodoaldo da Anunciação, Prof. Dr. José Wilson, Prof^a. Dra. Vivian Loges, Prof. Dr. Edson Ferreira, Prof^a. Dra. Gheysa Coelho, Prof^a. Dra. Luiza Semen, Prof. Dr. Reginaldo de Carvalho, Prof. Dr. Pericles Albuquerque, Prof. Dr. Antônio Mendonça, Prof^a. Dra. Rosimar Musser, Prof^a. Dr^a. Roseane Cavalcanti, muito obrigado por todos os ensinamentos e conselhos.

Aos meus amigos e colegas do PPAMGP Islan Diego Espindula de Carvalho, Jamile Erica, Flavia Gomes, Bianca Galucio, Jordana, Daniele, Eduardo Lopes, Robson Ramos, Fabian Santana, Juliana e Roberta.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa durante todo período do curso.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas, pela oportunidade em se tornar aluno de doutorado desta importante instituição de ensino e pesquisa.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, por todo apoio do desenvolvimento da pesquisa, com materiais, laboratórios e casas de vegetação.

A todos os funcionários do IPA, em especial a “seu Fernando” e a “seu Leão” por todo auxílio e disponibilidade para comigo durante a realização de todas as atividades do doutorado na sede do IPA.

Ao Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas – IDAM, por todo apoio concedido para o encerramento do curso.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado a todos vocês!

Ao Meu Deus, senhor da minha vida!

OFERECIMENTO

Aos meus avôs Sebastião Gonzaga da Silva (*in memoriam*)
e Manuel Ferreira da Silva (*in memoriam*)

DEDICATÓRIA

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jackson da Silva, filho de Gilson Alves da Silva e Irene Maria da Silva, nasceu no dia 27 de agosto de 1991, no município de Arapiraca, Estado de Alagoas.

Realizou o ensino fundamental na Escola Estadual Adalberto Marroquim, localizada no município de Batalha-AL, entre os anos de 2002 a 2006.

No ano de 2008 ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Satuba, atualmente Instituto Federal de Alagoas - *Campus* Satuba, realizando o ensino médio, concomitantemente ao ensino profissionalizante em Técnico em Agropecuária, concluindo no ano de 2010. Durante esse período, foi bolsista de iniciação científica jr por 2 anos, em dois projetos distintos.

Em 2011, iniciou a graduação em Bacharelado em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Alagoas, no Centro de Ciências Agrárias, situado em Rio Largo-AL. Foi bolsista de iniciação científica na área de melhoramento genético por três anos. Foi integrante do Setor de Melhoramento Genético de Plantas (SMGP) e estagiário por 5 anos. Foi monitor das disciplinas de Física Aplicada às Ciências Agrárias, Estatística Geral e Melhoramento Vegetal. Concluiu a graduação no ano de 2016, recebendo o Prêmio de Talento Agrônômico da turma.

Em 2016, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia - Agricultura, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), *Campus* Botucatu, sob a orientação da Professora Dra. Maria Márcia Pereira Sartori, desenvolvendo o projeto intitulado de "Seleção e depressão por endogamia para a cultivar de mamona FCA-PB, em progênies obtidas por diferentes métodos de polinização", obtendo o título de Mestre no ano de 2018.

Em 2018, iniciou no curso de Doutorado em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, na Universidade Federal de Pernambuco, *Campus* Recife, sob a orientação do Professor Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho, desenvolvendo o projeto intitulado de "Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiros ornamentais".

Em dezembro de 2020, iniciou sua carreira profissional no Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas – IDAM, na cidade de Tefé-AM, através de aprovação em concurso público, no cargo de Engenheiro Agrônomo.

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

IPA – Instituto Agronômico de Pernambuco

IAC – Instituto Agronômico de Campinas

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

IFES – Instituto Federal do Espírito Santo

UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

IPGRI – International Plant Genetic Resources Institute

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 01. Resumo da análise de variância referente a 29 características avaliadas em pimenteiras ornamentais. Recife-PE, Brasil, 2023.....51

Tabela 02. Médias de 29 características avaliadas em pimenteiras ornamentais. Recife-PE, Brasil, 2023.....52

Tabela 03. Avaliação de 22 características qualitativas analisadas em pimenteiras ornamentais. Recife-PE, Brasil, 2023.....61

CAPÍTULO III

Tabela 01. Agrupamento de 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*) pelo método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis de 29 características quantitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.....82

Tabela 02. Estimativas das variâncias (autovalor λ_j), percentagem das estimativas das variâncias (autovalor λ_j (%)), variância acumulada (%) e autovetores das 29 características quantitativas avaliadas em 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*). Recife-PE, Brasil, 2023.....84

Tabela 03. Estimativas de herdabilidade ao nível de média de acessos (h^2m) e razão coeficiente de variação genética/coeficiente de variação ambiental (l) referentes a 29 características quantitativas avaliadas em 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*). Recife-PE, Brasil, 2023.....86

Tabela 04. Agrupamento de 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*) pelo método de Tocher, a partir das distâncias do algoritmo de Gower (1971), analisando 48 características quantitativas e qualitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.....88

Tabela 05. Estimativas das variâncias (autovalor λ_j), percentagem das estimativas das variâncias (autovalor λ_j (%)), variância acumulada (%) e autovetores de 48 características quantitativas e qualitativas avaliadas em 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*). Recife-PE, Brasil, 2023.....90

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 01. (a) Cápsula de papel alumínio protegendo a flor em antese. (b) Tecido de tule protegendo a planta de pimenteira. Recife-PE, Brasil, 2023.....26

CAPÍTULO II

Figura 01. Plantas protegidas individualmente com tecido de tule branco. Recife-PE, Brasil, 2023.....48

CAPÍTULO III

Figura 01. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*), obtido pelo método de agrupamento UPGMA, a partir da distância generalizada de Mahalanobis de 29 características quantitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.....83

Figura 02. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*), obtido pelo método de agrupamento UPGMA, a partir das distâncias do algoritmo de Gower (1971), considerando de 48 características quantitativas e qualitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.....89

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	14
GENERAL ABSTRACT	15
CAPÍTULO I	16
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. REFENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Origem e histórico das pimentas	18
2.2. Botânica e aspectos reprodutivos	19
2.3. Caracterização morfoagronômica	21
2.4. Divergência genética	22
2.5. Melhoramento genético de pimenteiras	23
2.6. Pimenteiras ornamentais	24
2.7. Análise multivariada	26
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO II	42
CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS	
RESUMO	43
ABSTRACT	44
INTRODUÇÃO	45
MATERIAL E MÉTODOS	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CAPÍTULO III	73
DIVERGÊNCIA GENÉTICA E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS	
RESUMO	74
ABSTRACT	75

INTRODUÇÃO	76
MATERIAL E MÉTODOS	77
RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
ANEXO	97

RESUMO GERAL

As pimenteiros ornamentais vêm ganhando espaço no segmento ornamental, em especial no mercado de plantas cultivadas em vasos. Contudo, apesar da sua importância o mercado nacional dispõe de poucas cultivares desenvolvidas especificamente para o segmento ornamental. Para desenvolver uma nova cultivar, uma das etapas é a caracterização de acessos para identificar os genótipos que apresentem características desejáveis. Além disso, o conhecimento da divergência genética dos acessos permite ao melhorista usar informações importantes para a obtenção de novas cultivares. Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi realizar a caracterização morfoagronômica, estimar a diversidade genética e parâmetros genéticos de acessos de pimenteiros ornamentais. Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situado em Recife. Foram utilizados 20 acessos de pimenteiros ornamentais, pertencentes ao banco de germoplasma de *Capsicum*, do IPA, sendo eles: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos e IFV. Após as análises, verificou-se que os acessos 404, 408, 410 e 423 atendem ao padrão de altura de planta (ATP) indicadas pelo mercado. Para as características relacionadas as colorações dos frutos, as quais chamam muito a atenção dos consumidores, a cor do fruto imaturo (CIM) e a cor do fruto maduro (CMD) os acessos 408 e IFV apresentaram colorações lilás/marrom/verde (mistura de cores) e vermelho escuro, respectivamente, além de terem arquitetura mais compactas. No método UPGMA houve a formação de 3 grupos, nos quais 2 grupos foram formados por 18 acessos. Na análise de componentes principais, a variância acumulada até o sétimo componente atingiu 83,99 %. A caracterização dos acessos de pimenteiros ornamentais expôs uma ampla variabilidade genética entre os acessos estudados, indicando haver acessos promissores para o mercado consumidor. A análise de divergência genética, considerando características quantitativas e qualitativas, quantificou as distâncias genéticas entre os grupos, sendo observado possíveis cruzamentos para o desenvolvimento de novas cultivares.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, variabilidade genética, melhoramento genético, algoritmo de Gower, análise de componentes principais.

GENERAL ABSTRACT

Ornamental pepper plants have been gaining ground in the ornamental segment, especially in the market for plants grown in pots. However, despite its importance, the national market has few cultivars developed specifically for the ornamental segment. To develop a new cultivar, one of the steps is the characterization of accessions to identify genotypes that present desirable characteristics. Furthermore, knowledge of the genetic divergence of accessions allows breeders to use important information to obtain new cultivars. Given the above, the objective of this research was to carry out the morphoagronomic characterization, estimate the genetic diversity and genetic parameters of ornamental pepper accessions. The experiments were conducted under greenhouse conditions belonging to the Pernambuco Agronomic Institute (IPA), located in Recife. 20 accessions of ornamental pepper plants were used, belonging to the IPA *Capsicum* germplasm bank, they are: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos and IFV. After analysis, it was found that accessions 404, 408, 410 and 423 meet the plant height standard (ATP) recommended by the market. For the characteristics related to the color of the fruits, which attract a lot of attention from consumers, the color of the immature fruit (CIM) and the color of the mature fruit (CMD) accessions 408 and IFV presented lilac/brown/green (mixture of colors) and dark red colors, respectively, in addition to having more compact architecture. In the UPGMA method, 3 groups were formed, in which 2 groups were formed by 18 accesses. In the principal components analysis, the accumulated variance up to the seventh component reached 83.99%. The characterization of ornamental pepper accessions exposed a wide genetic variability among the accessions studied, indicating that there are promising accesses for the consumer market. The analysis of genetic divergence, considering quantitative and qualitative characteristics, quantified the genetic distances between groups, possible crosses for the development of new cultivars are being observed.

Keywords: *Capsicum annuum*, genetic variability, breeding, Gower algorithm, principal component analysis.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Capsicum annuum* é uma planta do gênero *Capsicum*, o qual faz parte da família Solanaceae, na qual está incluso genótipos bastantes diversificados de pimentões, pimentas doces e picantes. Segundo Filgueira (2007), todas as espécies do gênero *Capsicum* são originadas provavelmente no continente americano. Nesse contexto, o Brasil situa-se como um importante centro de diversidade do gênero *Capsicum*, possuindo espécies silvestres, semi-domesticadas e domesticadas (Carvalho et al. 2003, Moscone et al. 2007).

Uma das espécies mais cultivadas do gênero *Capsicum* é a *Capsicum annuum*, devido ao seu valor econômico, a sua versatilidade na alimentação humana, a sua vasta variabilidade genética e enorme potencial ornamental (Neitzke et al. 2016). Segundo Pessoa et al. (2015), o mercado de pimenteiras ornamentais em vaso vem crescendo em razão do potencial estético das plantas, pelas características de forma e cor de folha, porte da planta, arquitetura de planta, coloração de flores e frutos.

Contudo, apesar do grande número de acessos presentes em bancos de germoplasma do gênero *Capsicum*, o Brasil ainda apresenta poucas cultivares de pimenteiras ornamentais. Nesse contexto, o desenvolvimento de novas cultivares com fins ornamentais, através de programas de melhoramento genético, abrem novos mercados e servem de fator de agregação de valor ao produto (Finger et al. 2012, Rêgo et al. 2016, MAPA 2023).

Para o sucesso na obtenção de novas cultivares é fundamental conhecer a variabilidade genética dos genótipos presentes nos programas de melhoramento. Uma das formas de se adquirir esse conhecimento é por meio da caracterização morfoagronômica, a qual permite identificar genótipos com características de interesse ao programa de melhoramento. Com a caracterização, os dados podem ser submetidos a metodologias genético-estatísticas a fim de estudar a diversidade genética dos genótipos e identificar os com melhores potenciais para o uso em programas de melhoramento (Andrade Júnior et al. 2018, Nascimento et al. 2019, Guedes et al. 2020). Segundo Rêgo et al. (2013), a caracterização morfoagronômica é a forma mais viável de se avaliar o potencial ornamental e a diversidade genética.

A análise da diversidade genética é realizada pelo emprego de técnicas multivariadas, em que permitem estudar conjuntamente várias características de uma mesma unidade experimental, possibilitando uma caracterização mais precisa

dos genótipos, considerando a contribuição e a importância relativa dos caracteres para a variação total (Araujo et al. 2019, Gomes et al. 2019, Pessoa et al. 2019).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Origem e histórico das pimentas

Os registros arqueológicos do gênero *Capsicum* mais antigos são datados de cerca de 7000 anos antes de Cristo, na região onde hoje situa-se a cidade de Tehuacán, no México. Segundo Carvalho et al. (2006), as espécies de pimentas são originárias das Américas. De acordo com Pikergill (1997), a espécie *Capsicum annuum* originou-se nas terras altas do México, sendo esse o lugar de origem da maior parte das cultivares de pimentas mexicanas, das pimentas atualmente cultivadas na África e Ásia, e das pimentas doces cultivadas em países de clima temperado.

No estudo realizado por McLeod et al. (1982), eles apontaram que na Bolívia se iniciou o processo de especiação do gênero *Capsicum* a partir da Cordilheira dos Andes, sendo que a espécie ancestral deu origem a dois grupos, diferindo-se em flores brancas e púrpuras. De acordo com Bianchetti (1996), a concentração das espécies silvestres do gênero *Capsicum* localizam-se entre a zona andina (Argentina-Venezuela) até a América Central, além do litoral do Brasil, o qual possui um grande número dessas espécies.

De acordo com Hunziker (2001), existem quatro centros de diversidade de *Capsicum spp.* no Mundo, o primeiro estende-se do México até o oeste da América do Sul, o segundo abrange o Nordeste do Brasil até a costa Oeste da Venezuela, o terceiro situa-se na costa Leste do Brasil e o quarto compreende o Sul da Bolívia ao Norte e Centro da Argentina. Há também os centros secundários de diversidade, nos quais inúmeras variedades foram selecionadas pelos agricultores no decorrer dos anos, culminando na variabilidade genética atualmente do gênero *Capsicum* (Djian-Caporalino et al. 2007).

O processo de descobrimento do gênero *Capsicum*, se iniciou com a vinda dos colonizadores europeus às Américas, nessa época eles constataram que essas plantas eram cultivadas pelos povos originários. Por algum tempo, as plantas do gênero *Capsicum* ocupavam lugar de relevância na alimentação da época, atingindo o segundo lugar em importância em relação as plantas cultivadas. Observando todo

o potencial das pimentas e suas grandes variabilidades, os espanhóis e portugueses iniciaram a disseminação dessa espécie para diversos Países (Heiser 1979, Rufino and Penteado 2006).

Com essa disseminação, no século XVI as pimentas de *Capsicum annuum* já eram cultivadas na Índia e no Oriente Médio, levada pelos colonizadores espanhóis, sendo uma alternativa mais viável que a pimenta-do-reino, a qual era comercializada exclusivamente pelos portugueses. E já no século XVII, a pimenta era cultivada até a Oceania, servindo como um conservante natural para os alimentos, o que explica a rápida aceitação e disseminação das pimentas (Casali and Couto 1984, Nuez et al. 1996).

No Brasil, segundo Bianchetti (1996), no período de descobrimento do País (1500 d.C.) os índios atribuíam muita importância as pimenteiras, sendo a variabilidade delas uma marca identitária das tribos brasileiras. De acordo com documentos históricos da época era notório a existência de pimenteiras com bastante variabilidade em forma e cores de frutos, diferindo nesses aspectos das populações silvestres da região, indicando haver genótipos domesticados. Com as sucessivas seleções de genótipos pelas tribos indígenas foram obtidos novos tipos morfológicos, sendo umas das principais razões de o Brasil ser considerado um centro secundário de espécies domesticadas do gênero *Capsicum* (Reifschneider 2000, Carvalho 2008, Fonseca et al. 2008).

2.2. Botânica e aspectos reprodutivos

As espécies de pimenteiras do gênero *Capsicum* pertencem à família Solanaceae, possuindo variação no número de cromossomos com $2n=2x=24$ ou $2n=2x=26$, esse gênero possui cinco espécies domesticadas e muito cultivadas, sendo *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens* e *Capsicum pubescens*. Dentre essas cinco espécies a única que ainda não é cultivada no Brasil é a *Capsicum pubescens* (Martins et al. 2010, Ranganathane and Jagatheeswari 2013).

É importante destacar que nas espécies domesticadas, as anteras e o estigma localizam-se na mesma altura, o que favorece a autopolinização. Por outro lado, nas espécies silvestres o estigma fica acima das anteras, propiciando ao aumento da taxa de polinização cruzada. Um fator que pode aumentar a polinização

cruzada é a existência da autoincompatibilidade, a qual é observada em poucas espécies, sendo essa autoincompatibilidade do tipo gametofítica (Casali and Couto 1984, Pickersgill 1991).

As pimenteiras apresentam altura de planta e forma da copa variando de cultivar para cultivar e são bastantes influenciadas pelo manejo adotado. O sistema radicular é do tipo pivotante contendo inúmeras ramificações laterais, a raiz principal pode alcançar profundidade de 0,7 a 1,2 metros. Uma parte da planta que exhibe bastante variabilidade é a folha, variando em tamanho, formato, coloração e pilosidade. Em termos gerais, a coloração da folha mais comum é a verde, mas também existem folhas de coloração violeta e variegadas (várias tonalidades de cores na mesma folha). O formato das folhas varia entre ovalado, lanceolado e deltóide. Com relação as hastes, elas podem apresentar pêlos e manchas de antocianinas. Na ramificação dos ramos é interessante observar que a haste jovem termina com o aparecimento de flor, e em seguida dois novos ramos vegetativos surgem das axilas das folhas e continuam crescendo até a formação de novas flores, sendo esse processo realizado repetidamente, baseando-se na dominância apical e dependência hormonal (EMBRAPA 2007, Lopes et al. 2007, Fonseca 2016).

As pimentas são classificadas como autógamas (mas há uma taxa de polinização cruzada) com flores hermafroditas (a mesma flor sintetiza gametas masculinos e femininos), contendo cálice com 5 sépalas (podendo ser até 8 sépalas) e corola com 5 pétalas (atingindo até 8 pétalas). Essas informações são fundamentais para identificar a que espécie botânica a planta pertence. As espécies do gênero *Capsicum* apresentam uma taxa de polinização cruzada variando de 0 a 83 %, sendo influenciada por características morfológicas na flor, insetos polinizadores, tratos culturais e outros fatores ambientais (Tanksley 1984, Carvalho 2007).

O fruto é uma baga com grande vazão na parte interna, esse órgão da planta exhibe enorme variabilidade morfológica para as formas, tamanhos, colorações e pungências. Para os frutos maduros a coloração é geralmente vermelha, contudo, ela pode variar entre amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo e preto. Já o formato pode variar entre frutos alongados, arredondados, triangulares (cônicos), campanulados e quadrados (retangulares) (Buso et al. 2001, Costa and Henz 2007).

A pungência dos frutos é uma característica expressa apenas nas pimenteiras do gênero *Capsicum*, a qual é conferida através de alcalóides (capsaicinóides) como a capsaicina e a dihidrocapsaicina, as quais se concentram na superfície da placenta. Em 1912, o químico Wilbur Scoville criou um método de aferir o nível de pungência, a escala de Scoville, por meio de Unidades de Calor Scoville ('Scoville Heat Units-SHU'), essa escala varia de 0 para as pimentas doces até 300.000 para as pimentas mais picantes (Bontempo 2007).

2.3. Caracterização morfoagronômica

As pimentas do gênero *Capsicum* apresentam uma enorme variabilidade para as características morfoagronômicas, a mencionar o formato, tamanho, cor e posição de flores e frutos, além de características relacionadas as folhas, altura e arquitetura das plantas (Fayos et al. 2017).

Em programas de melhoramento genético o conhecimento da variabilidade das plantas é fundamental para o sucesso do processo de melhoramento. Esse conhecimento pode ser adquirido pela caracterização do material genético. Segundo Vicente et al. (2005), a caracterização das plantas pode ser realizada por diferentes métodos, sendo os principais o uso de descritores morfológicos e agrônômicos, isoenzimas, proteínas e marcadores moleculares.

Novos trabalhos de caracterização morfoagronômica servem de base para ampliar as possibilidades de uso dos genótipos em programas de melhoramento, além de ser a forma mais acessível para analisar a variabilidade genética (Büttow et al. 2010, Nobre et al. 2021).

Ainda de acordo com Jarret and Berke (2008) e Lannes et al. (2007), as pesquisas de caracterização dos bancos de germoplasmas devem ser ampliadas a fim de fornecer subsídios aos programas de melhoramento genético, os quais se baseiam nessas informações para a seleção de genótipos superiores e para aumentar a frequência de alelos favoráveis. Com isso, os genótipos podem ser usados em combinações híbridas de alta heterose para uso futuro na seleção de gerações segregantes (Rêgo et al. 2012).

Da mesma forma, Sudré et al. (2010) enfatizam que a caracterização de espécies domesticadas de *Capsicum* são de grande interesse, visto que a ampla variabilidade existente na espécie ainda não está inteiramente conhecida e

explorada. Para isso, o uso de descritores morfológicos tem sido uma maneira comum de caracterizar qualitativa e quantitativamente a variabilidade em bancos de germoplasmas.

Para a caracterização morfoagronômica ser eficiente é necessário que as informações referentes aos genótipos sejam as mais detalhadas possíveis, visando ser capazes de diferenciar os genótipos e identificar os mais promissores para o processo de melhoramento (Costa et al. 2009, Rodrigues et al. 2010).

Nesse contexto, a caracterização morfoagronômica de pimentas é geralmente realizada com descritores morfológicos, os quais foram criados pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) e pelo Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), com o objetivo de estabelecer padrões internacionais, facilitando o intercâmbio de germoplasma com outros países. Com essa definição dos descritores, a caracterização de espécies do gênero *Capsicum* torna-se mais eficiente por permitir uma padronização dos dados e facilitar a troca de informações entre os pesquisadores de todo o mundo (IPGRI 1995).

2.4. Divergência genética

O estudo acerca da divergência genética alicerça o melhoramento genético de plantas, servindo de subsídio para a formação de grupos similares, a gestão dos recursos genéticos e para a seleção dos genitores a serem utilizados nos cruzamentos, o que permite explorar todo o efeito heterótico possível (Rêgo et al. 2009).

De acordo com Beaumont et al. (1998), a divergência genética é uma medida quantitativa ou diferença genética, ao nível de sequência ou frequência alélica, sendo calculada entre indivíduos, populações ou espécies.

A literatura menciona duas maneiras mais usadas para se estimar a diversidade genética, sendo uma dessas maneira de natureza quantitativa e a outra de natureza preditiva. Para a estimação da divergência pela natureza quantitativa, é feita análises dialélicas, aferindo a capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e a heterose dos híbridos manifestada nos híbridos. Essa metodologia é menos usada que na metodologia de natureza preditiva, pela razão de que a depender da espécie a obtenção de híbridos é uma etapa onerosa e com baixas chances de sucesso, principalmente quando o número de combinações híbridas for elevado. Já a metodologia de natureza preditiva é mais

usual, devido a ela se basear em diferenças morfológicas, fisiológicas e moleculares dos genótipos, em que essas diferenças são expressas por medidas de dissimilaridade (Cruz et al. 2012).

Para isso, vários conjuntos de dados podem ser usados para estimar a divergência genética, entre eles os mais comuns são dados de pedigree, morfológicos, agronômicos, bioquímicos e marcadores moleculares, expressos em variáveis quantitativas, binárias e multicategóricas. As múltiplas informações de cada genótipo são externadas em medidas de dissimilaridade, as quais permitem verificar a divergência entre os genótipos avaliados (Mohammadi and Prasanna 2003).

Diversos estudos para analisar com eficiência a divergência genética de pimenteiros a partir desses conjuntos de dados são encontrados na literatura, como nos trabalhos de “caracteres morfoagronômicos de elevada diversidade genética de variedades crioulas de pimenta Murupi (*Capsicum chinense*)” de Araújo et al. (2018), “diversidade genética em plantas de pimenteiros ornamentais” de Fortunato et al. (2019), “seleção entre progênies segregantes de pimenteiros com potencial ornamental utilizando análises multivariadas” de Carvalho et al. (2021), “diversidade genética em população F₃ de pimenteiros ornamentais” de Pessoa et al. (2019), “importância dos descritores bioquímicos no estudo da diversidade genética em pimentas” de Araújo et al. (2019) e “diversidade genética de espécies de *Capsicum* com base em dados de isoenzimas” de Signorini et al. (2013).

2.5. Melhoramento genético de pimenteiros

A ampla variabilidade genética do gênero *Capsicum* proporciona as condições necessárias para a utilização em programas de melhoramento genético. Além disso, para o êxito dos programas de melhoramento é necessário a definição dos objetivos, metas e metodologias a serem empregadas. Na escolha do método de melhoramento mais eficiente é preciso considerar a base genética da característica a ser melhorada, pois a população de plantas deve possuir variabilidade genética para essa característica (Cardoso 2001, Rêgo et al. 2015).

Os programas de melhoramento genético buscam a seleção e a recomendação dos genótipos de interesse, os quais devem apresentar estabilidade na expressão da característica desejada (Carvalho et al. 2002, Rêgo et al. 2011).

Os principais programas de melhoramento de *Capsicum* buscam trabalhar com características ligadas ao fruto como a cor, sabor, aroma, pungência, formato e espessura da polpa. Além dessas características o melhoramento também objetiva a resistência a pragas e doenças, como as viroses, a murcha de fitófтора, a antracnose, o oídio e a murcha bacteriana. No Brasil os principais problemas fitossanitários do gênero *Capsicum* são o mosaico amarelo (*Pepper yellow mosaic virus*) (PepYMV) e a murcha causada pelo fungo *Phytophthora capsici* (Azevedo et al. 2005, Silva Neto et al. 2014, Rêgo and Rêgo 2016).

No melhoramento de pimenteiros, os principais métodos que tem sido utilizados são os métodos de seleção massal, hibridação, método genealógico ou pedigree, método descendente de uma única semente (*Single Seed Descent*) e retrocruzamento. A hibridação é o método que vem sendo mais usado pelos melhoristas, por apresentar uma proteção natural não permitindo a multiplicação por semente da cultivar, obrigando o agricultor a adquirir novas sementes a cada novo ciclo. Por isso esse método é muito usado por instituições públicas e privadas, pois confere segurança na exploração comercial das cultivares obtidas (Ribeiro and Reifschneider 2008, Abreu 2016, Ribeiro et al. 2017).

No Brasil os principais bancos de germoplasmas de pimentas conhecidos são de instituições públicas como o do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Centro de Hortaliças, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e o da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Também existem várias empresas privadas que possuem programas de melhoramento e comercializam sementes de pimenteiros, a exemplo da Isla sementes e da Feltrin sementes (Silva et al. 2017, Araújo et al. 2018, MAPA 2023).

2.6. Pimenteiros ornamentais

As pimenteiros ornamentais apresentam enorme potencial, muito pelas suas características que proporcionam beleza visual, a exemplo do porte e arquitetura da planta, flores, frutos e folhas. Todavia, apesar de todo o potencial ornamental no

Brasil, ainda são poucas as cultivares de pimenta desenvolvidas exclusivamente para o segmento ornamental. Nesse sentido, a busca por novas cultivares é uma tarefa de grande relevância para o crescimento do mercado consumidor. No segmento de pimenta ornamental, as pimenteiras cultivadas em vasos é um produto de grande relevância por apresentar alto valor estético, um fácil manejo e uma boa durabilidade (Rêgo et al. 2012, Silva Neto et al. 2014, Neitzke et al. 2016).

As cultivares de pimenteiras ornamentais em vasos apresentam de modo geral o porte pequeno, arquitetura compacta (altura de planta e diâmetro da copa de 1,5 a 2 vezes a altura do vaso), ciclo precoce, posição ereta de flores e frutos, cores dos frutos nos estádios imaturos, intermediários e maduro que atraem a atenção do consumidor (Rêgo et al. 2009). Segundo Rêgo et al. (2013) a caracterização de pimenteiras é a forma mais acessível de avaliar o potencial de uso no segmento ornamental.

Os programas de melhoramento de pimenteiras ornamentais trabalham com linhas homozigotas, obtendo-as com geralmente 7 ciclos de autopolinização, usando-as tanto para o processo de seleção massal quanto por hibridação e condução de populações segregantes (Rêgo and Rêgo 2016, Rêgo and Rêgo 2018).

Nas pimenteiras a prática da autopolinização pode ocorrer protegendo o botão floral na fase de pré-antese com capsulas de papel alumínio (Figura 01 a) e retirados após o início da formação do fruto, ou antes da fase reprodutiva da planta cobrindo-a com tecido de tule (Figura 01 b), o qual permite a passagem de luz e trocas gasosas, além de evitar a contaminação com pólen indesejado.

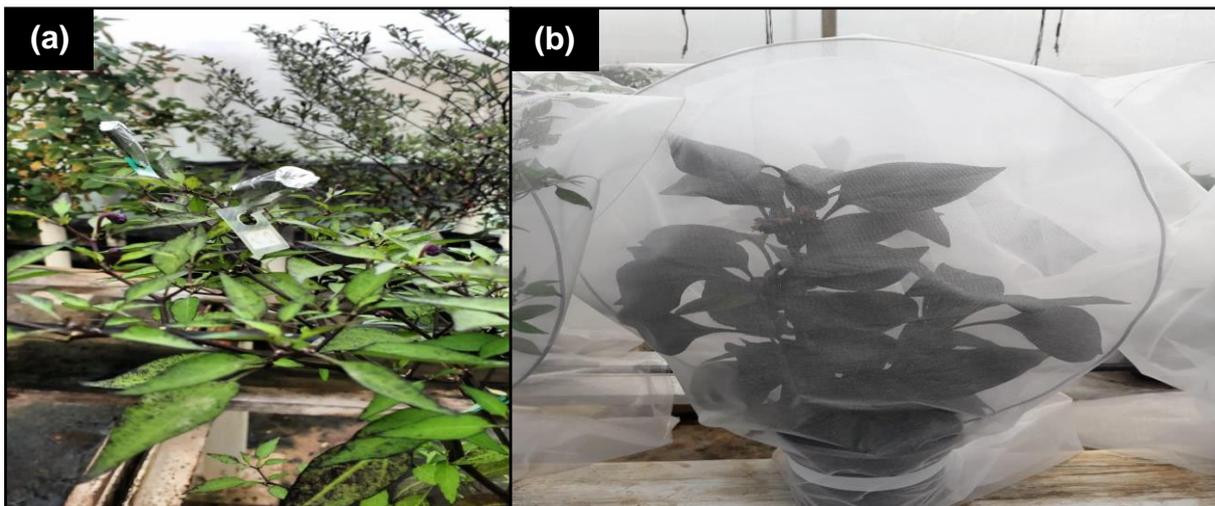


Figura 01: (a) Cápsula de papel alumínio protegendo a flor em antese. (b) Tecido de tule protegendo a planta de pimenteira. Recife-PE, Brasil, 2023.

Para a hibridação em pimenteiras, o conhecimento acerca da biologia floral é de fundamental importância, assim como o percentual de pegamento dos cruzamentos e o período de receptividade do estigma. Segundo Marcelis e Hofman-Eijer (1997) a receptividade dura em média 4 dias, sendo 1 dia antes da antese, o dia da antese e 2 dias depois, tendo maiores chances de fertilização quando acontece na antese ou no dia anterior.

Com relação aos grãos de pólen, eles apresentam alta viabilidade polínica. De acordo com Martins et al. (2010) essa viabilidade polínica de acessos de *Capsicum annum* alcançou valores próximos de 98 %, sendo essas informações muito úteis para os melhoristas.

No Brasil o programa de melhoramento genético de pimenteiras ornamentais com o maior acervo de publicações acadêmicas sobre o tema é desenvolvido pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), esse programa vem realizando diversos estudos ao longo de vários anos, envolvendo principalmente trabalhos de seleção entre e dentro gerações segregantes e hibridação (Carvalho et al. 2015, Pessoa et al. 2015, Rêgo et al. 2015, Pessoa et al. 2018).

2.7. Análise multivariada

As técnicas de análises multivariadas são ferramentas muito utilizadas para se estimar a divergência genética. As técnicas de análises multivariadas analisam

simultaneamente múltiplos dados, sendo possível realizar uma caracterização dos genótipos a partir de vários dados, além de determinar o quão distante geneticamente um genótipo é de outro, o que é comumente conhecido como medida de dissimilaridade (distâncias). Essas medidas são complementadas por métodos de otimização e/ou hierárquicos, como o método de Tocher e a média das distâncias (UPGMA), respectivamente (Büttow et al. 2010, Ferrão et al. 2011).

Na literatura são reportados vários métodos de estimação das distâncias, em que cada um desses métodos resulta em um tipo de agrupamentos diferente. Sendo as principais a distância de Mahalanobis, distância Euclidiana, distância Euclidiana média, quadrado da distância Euclidiana e distância de Gower. Desse modo, o pesquisador deve levar em consideração na escolha do método de distâncias vários fatores, a exemplo da natureza das variáveis, a escalas de medidas e os objetivos do estudo (Mingoti 2005, Rufino et al. 2006).

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2008), o melhorista de plantas deve usar a medida de dissimilaridade e o método de agrupamento (otimização e/ou hierárquicos) eficientes, pois são com essas informações que ele irá selecionar os genitores para o avanço nas fases do programa de melhoramento.

Entre os métodos de otimização os principais são os métodos de Tocher e o Tocher modificado. Nos processos de otimização há a divisão do conjunto de indivíduos em subgrupos não vazios e mutuamente exclusivos, isso possibilita a realocação dos indivíduos de modo a buscar uma divisão que otimiza alguma medida pré-definida (Cruz 2006).

O método de Tocher usa uma metodologia de agrupamento na qual a distância média intragrupo é menor que a distância média intergrupo. Esse método traz uma ineficiência no agrupamento com indivíduos que exibem grande dissimilaridade, formando grupos com apenas um indivíduo, pois os indivíduos agrupados antes ainda mantêm influência nas distâncias. Já no método de Tocher modificado, o processo de agrupamento se dá de forma sequencial e não simultâneo, como é o caso do método Tocher, nesse método modificado não existe a influência dos indivíduos já agrupados, o que em alguns casos pode expressar resultados mais precisos (Vasconcelos et al. 2007).

Esse método de Tocher têm sido muito utilizado em estudos de divergência genética de pimenteiras, a exemplos das pesquisas realizadas por Silva Neto et al.

(2014), Nascimento et al. (2019), Pessoa et al. (2019), Lima et al. (2019), Fortunato et al. (2019) e Costa et al. (2016).

Com relação aos métodos hierárquicos, os indivíduos são agrupados por uma metodologia que utiliza vários níveis, de modo hierárquico até a formação do dendrograma (Cruz 2006).

Os métodos hierárquicos possuem como vantagens a alta difusão do método, simplicidade do processo, rapidez, habilidade para examinar uma gama de soluções e facilidade de comparação entre elas, com variação de medidas de dissimilaridade. Dentre os métodos hierárquicos, cada método detém propriedades específicas, cabendo ao pesquisador a seleção do mais adequado para os objetivos do estudo (Hair Júnior et al. 2009, Ferreira 2011).

Nesse cenário, os principais métodos hierárquicos são o método do vizinho mais próximo ou método da ligação simples, o método do vizinho mais distante ou método da ligação completa, o método da ligação média ou UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average), o método da variância mínima ou Ward.

Segundo Cruz et al. (2014), no método do vizinho mais próximo, os grupos iniciais são formados cada um de um único indivíduo (n grupos), os quais são reunidos de acordo com a proximidade dos indivíduos, e em seguida os indivíduos mais próximos são fundidos ao grupo. Assim, um determinado indivíduo candidato a um grupo tem uma distância a este grupo igual à sua menor distância com relação aos indivíduos do grupo. Assim, o coeficiente de distância entre dois agrupamentos J e K será dado por:

$$d_{J,K} = \min_{\substack{j \in J \\ k \in K}} d_{jk}$$

Assim, a distância entre um indivíduo k e um grupo, formado pelos indivíduos i e j, dada por:

$$d_{(ij)k} = \min \{ d_{ik} ; d_{jk} \}$$

A distância entre dois grupos é dada por:

$$d_{(ij)(kl)} = \min \{ d_{ik} ; d_{il} ; d_{jk} ; d_{jl} \}$$

Conforme o relatado por Cruz et al. (2014), o método do vizinho mais distante é o oposto do método do vizinho mais próximo, pois a distância entre grupos é determinada como a distância entre os pares de indivíduos mais distantes. Desse modo, o coeficiente de distância entre dois agrupamentos J e K será dado por:

$$d_{J,K} = \max_{\substack{j \in J \\ k \in K}} d_{jk}$$

Assim, a distância entre um indivíduo k e um grupo, formado pelos indivíduos i e j, dada por:

$$d_{(ij)k} = \max \{ d_{ik} ; d_{jk} \}$$

A distância entre dois grupos é dada por:

$$d_{(ij)(kl)} = \max \{ d_{ik} ; d_{il} ; d_{jk} ; d_{jl} \}$$

O método da ligação média entre grupos (UPGMA) é um método não ponderado de agrupamento aos pares, a partir de médias aritméticas das medidas de similaridade, desconsiderando os valores extremos da dissimilaridade entre os genótipos (Cruz et al. 2014). Nesse caso, a distância entre dois agrupamentos J e K será definida como:

$$d_{JK} = \frac{1}{n_J \cdot n_K} \sum_{\substack{j \in J \\ k \in K}} d_{jk}$$

Assim, a distância entre um indivíduo k e um grupo formado pelos indivíduos i e j é dada por:

$$d_{(ij)k} = \text{média} (d_{ik} ; d_{jk}) = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$$

A distância entre dois grupos é fornecida por:

$$\begin{aligned} d_{(ij)(klm)} &= \text{média} (d_{ik} ; d_{il} ; d_{im} ; d_{jk} ; d_{jl} ; d_{jm}) \\ &= \frac{d_{ik} + d_{il} + d_{im} + d_{jk} + d_{jl} + d_{jm}}{6} \end{aligned}$$

Por outro lado, Cruz et al. (2014) reporta que o método da variância mínima (Ward) considera para a formação inicial do grupo, os indivíduos que proporcionam a menor soma de quadrados dos desvios. No processo de agrupamento pode haver perda de informações, sendo essa perda quantificada pela razão entre a soma de quadrados dos desvios dentro do grupo em formação e a soma de quadrados total dos desvios. A soma de quadrados dos desvios é estimada tanto a nível de grupo quanto a nível total, a partir dos indivíduos dentro do grupo e todos os indivíduos, respectivamente.

O agrupamento é feito a partir das somas de quadrados dos desvios entre indivíduos ou, alternativamente, a partir do quadrado da distância euclidiana, uma vez que se verifica a relação:

$$SQD_{ii'} = \frac{1}{2} d_{ii'}^2$$

Em que:

$$SQD_{ii'} = \sum_{j=1}^p SQD_{j(ii')}$$

Sendo $SQD_{j(ii')}$ a soma de quadrados dos desvios, para a j -ésima variável, considerando os indivíduos i e i' ; e

$$d_{ii'}^2 = \sum_{j=0}^p (X_{ij} - X_{i'j})^2$$

Em que:

$d_{ii'}^2$ = quadrado da distância euclidiana entre os indivíduos i e i' ;

p = número de variáveis avaliadas;

X_{ij} = valor da variável j para o indivíduo i .

A soma de quadrados dos desvios total é dada por:

$$SQD_{Total} = \frac{1}{n} \sum_{i < i'}^n \sum_{i'}^n d_{ii'}^2$$

em que:

n = é o número de indivíduos a serem agrupados.

Nesta análise de agrupamento, identifica-se na matriz D (cujos elementos são os quadrados das distâncias euclidianas - $d_{ii'}^2$) ou na matriz S (cujos elementos são as somas dos quadrados dos desvios - $SQD_{ii'}$) o par de indivíduos que proporciona menor soma de quadrados dos desvios. Com estes indivíduos agrupados, uma nova matriz de dissimilaridade, de dimensão inferior, é recalculada, considerando que:

$$SQD_{(ijk)} = \frac{1}{n} d_{(ijk)}^2$$

em que:

k = é o número de indivíduos no grupo, que neste caso é igual a 3.

$$d_{(ijk)}^2 = d_{(ij)}^2 + d_{(ij)k}^2 = d_{ij}^2 + d_{ik}^2 + d_{jk}^2$$

e ainda que:

$$SQD_{(ijkm)} = \frac{1}{n} d_{(ijkm)}^2$$

em que:

k = é o número de indivíduos no grupo, que neste caso é igual a 4.

$$d_{(ijkm)}^2 = d_{ij}^2 + d_{ik}^2 + d_{jk}^2 + d_{im}^2 + d_{jm}^2 + d_{km}^2$$

E assim sucessivamente.

No procedimento, realiza-se a análise fornecendo os g-1 (g é o número de genótipos a serem agrupados) passos de agrupamento para que seja formado o dendrograma.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu MC (2016) **Recursos genéticos de pimenteiras do gênero *Capsicum***. TCC de graduação, 16f. Universidade Federal de São João Del Rei. Sete Lagoas.

Andrade Júnior VC, Pedrosa CE, Miranda TG, Valadares NR, Pereira SL and Azevedo AM (2018) Biometric evaluation of morphoagronomic traits in pepper lines and hybrids. **Horticultura Brasileira 36**: 357-361.

Araújo CMM, Silva Filho DF, Ticona-Benavente CA and Batista MRA (2018) Morphoagronomic characteristics display high genetic diversity in Murupi chili pepper landraces. **Horticultura Brasileira 36**: 083-087.

Araújo LM, Neves LG, Sousa DA, Zeviani WM, Silva LR and Marostega TN (2019) Biochemical descriptors: importance of the genetic divergence study in peppers. **Horticultura Brasileira 37**: 210-214.

Azevedo CP, Café Filho AC, Henz GP and Reis A (2005) Pimentão: antracnose arrasadora. **Cultivar HF**. 18-20.

Beaumont MA, Ibrahim KM, Boursot P and Bruford MW (1988) Measuring genetic distance. p. 315–325. In Karp A. **Molecular tools for screening biodiversity**. Chapman and Hall, London, 1998.

Bianchetti LB (1996) **Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de *Capsicum* (Solanaceae) ocorrentes no Brasil**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília, 331p.

Bontempo M (2007) **Pimenta e seus benefícios à saúde**. São Paulo: Alaúde Editorial, 101p.

Buso GSC, Lourenço RT, Bianchetti LB, Lins TCL, Pozzobon MT, Amaral ZP and Ferreira ME (2001) **Espécies silvestres do gênero *Capsicum* coletadas na mata atlântica brasileira e sua relação genética com espécies cultivadas de pimenta:**

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

uma primeira abordagem genética utilizando marcadores moleculares. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 22p.

Büttow MV, Barbieri RL, Neitzke RS, Heiden G and Carvalho FIF (2010) Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural 40:** 1264-1269.

Cardoso All (2001) Melhoramento de hortaliças. In: Nass LL, Valois ACC and Melo IS, Valadares MC. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas.** Rondonópolis: Fundação MT, 325p.

Cargnelutti Filho A, Ribeiro ND, Reis RCP, Souza JR and Jost E (2008) Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural 38:** 2138-2145.

Carvalho JCT, Gosmann G and Schenkel EP (2002) Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: Simões CMO. **Farmacognosia: da planta ao medicamento/organizado.** 459p.

Carvalho MG, Rêgo ER, Costa MPSD, Pessoa MAS and Rêgo MM (2021) Selection among segregating pepper progenies with ornamental potential using multivariate analyses. **Revista Caatinga 34:** 527-536.

Carvalho MG, Rego ER, Santos CAP, Pessoa MAS, Ferreira KTC and Rêgo MM (2015) Descritores qualitativos na estimativa da variabilidade fenotípica em geração segregante de pimenteiras ornamentais. In: **II Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste.** Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 96p.

Carvalho RS (2007) **Cultivo e processamento de pimenta.** Bahia: Rede de Tecnologia da Bahia/RETEC, 24p.

Carvalho SIC, Bianchetti LB, Ribeiro CSC and Lopes CA (2006) **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 27p.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

Carvalho SIC, Bianchetti LB, Bustamante PG and Silva DB (2003) **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum spp.*) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 49p.

Casali VWD and Couto FAA (1984) Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário 10**: 8-10.

Costa FR, Pereira TNS, Sudre CP and Rodrigues R (2009) Marcadores RAPD e Caracteres morfoagronômicos na determinação da diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões. **Ciencia Rural 39**: 696-704.

Costa CSR and Henz GP (2007) **Pimenta (*Capsicum spp.*)**. Distrito Federal: Embrapa Hortaliças. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: Nov. 2022.

Costa MPSD, Rêgo MM, Silva APG, Rêgo ER and Barroso PA (2016) Characterization and genetic diversity of pepper (*Capsicum spp*) parents and interspecific hybrids. *Genetics and Molecular Research 15*: **1-12**.

Cruz CD (2006) **Programa genes: análise multivariada e simulação**. Viçosa: Editora UFV, 175p.

Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 480p.

Cruz CD, Carneiro PCS and Regazzi AJ (2014) **Modelos Biométricos Aplicados Ao Melhoramento Genético**. Viçosa: Editora UFV, 668p.

Dias Filho JM (2014) **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 568p.

Djian-Caporalino C, Lefebvre V, Sage-Daube`Ze AM and Palloix A (2007) *Capsicum*. In: SINGH, RJ (eds). **Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement: vegetable crops**. Flórida: Press, 185-243p.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2007) **Sistemas de Produção: Pimenta (*Capsicum spp.*)**. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/index.html>. Acesso em: Nov. 2022.

Fayos O, Aguiar AC, Jiménez-Cantizano A, Ferreiro-González M, Garcés-Claver A, Martínez J, Mallor C, Ruiz-Rodríguez A, Palma M, Barroso CG and Barbero GF (2017) Ontogenetic Variation of Individual and Total Capsaicinoids in Malagueta Peppers (*Capsicum frutescens*) during Fruit Maturation. **Molecules 22**: 1-12.

Ferrão LFV, Cecon PR, Finger FL, Silva FF and Puiatti M (2011) Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agrônomicos. **Horticultura Brasileira 29**: 354-358.

Ferreira DF (2011) **Estatística multivariada**. Lavras: Editora UFLA,676p.

Finger FL, Rêgo ER, Segatto FB, Nascimento NFF and Rêgo MM (2012) **Informe Agropecuário 33**: 14-20.

Fonseca RM (2016) **Caracterização Morfoagronômica de Gerações de *Capsicum annum* x *Capsicum chinense***. Tese de Doutorado, 142f. Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

Fonseca RM, Lopes R, Barros WS, Lopes MTG and Ferreira FM (2008) Morphologic characterization and genetic diversity of *Capsicum chinense* Jacq. accessions along the upper Rio Negro – Amazonas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology 8**: 187-194.

Fortunato FLG, Rêgo ER, Carvalho MG, Santos CAP and Rêgo MM (2019) Genetic diversity in ornamental pepper plants. **Comunicata Scientiae 10**: 364-375.

Gomes GP, Baba VY, Santos OP, Sudré CP, Bento CS, Rodrigues R and Gonçalves LSA (2019) Combinations of distance measures and clustering algorithms in pepper germplasm characterization. **Horticultura Brasileira 37**: 172-179.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais

Guedes JFS, Rêgo ER, Pessoa MAS, Souza KN and Rêgo MM (2020) Caracterização da variabilidade fenotípica de planta em geração F5 de pimenteira ornamental (*Capsicum annuum* L.). **Agropecuária Técnica** 41: 47-53.

Hair Júnior JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE and Tatham RL (2009) **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 688p.

Heiser CBJ (1979) Peppers – *Capsicum* (Solanaceae). In: Simmonds, NW. **Evolution of crop plants**. Longman, 265-273p.

Hunziker AT (2001) **Genera solanacearum. The genera of Solanaceae illustrated, arranged according to a new system**. Ruggell: Gantner. 500p.

IPGRI - International Plant Genetic Resources Institute (1995) **Descriptors for *Capsicum* - (*Capsicum spp.*)**. Rome, 51p.

Jarret RL and Berke T (2008) Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. germplasm collection. **HortScience** 43: 1694-1697.

Lannes SD, Finger FL, Schuelter AR and Casali VWD (2007) Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. **Scientia horticultrae** 112: 266-270.

Lima JAM, Rêgo ER, Porcino MM, Silva GHN, Carvalho MG, Pessoa MAS and Rêgo MM (2019) Selection in Base Population of Ornamental Peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Experimental Agriculture International** 31: 1-7.

Lopes CA, Ribeiro CSC, Cruz DMR, França FH, Reifschneider FJB, Henz GP, Silva HR, Pessoa HS, Bianchetti LB, Junqueira NV, Makishima N, Fontes RR, Carvalho SIC, Marouelli WA and Pereira W (2007) **Pimenta (*Capsicum spp.*)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 200p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2023) **CultivarWeb**. Disponível em:

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

<https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php?txt_ordem=&txt_nome_comum=pimenta&postado=1&acao=pesquisar>. Acesso em: Nov. 2022.

Marcelis LFM and Hofman-Eijer LRB (1997) Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. **Annals of Botany, London** **79**: 687-693.

Martins KC, Pereira TNS, Souza SAM and Costa FR (2010) Meiose e viabilidade polínica em acessos de *Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum*. **Ciência Rural** **40**: 1746-1751.

Mcleod MJ, Guttman SI and Eshbaugh WH (1982) Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). **Economy Botany** **36**: 361-368.

Mingoti AS (2005) **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 297p.

Mohammadi AS and Prasanna BM (2003) Analysis of genetic diversity in crop plants salient statistical tools and considerations. **Crop Science** **43**: 1235-1248.

Moscone EA, Scaldaferrero MA, Grabiele M, Cecchini NM, García-Sánchez Y, Jarret R, Daviña JR, Ducasse DA, Barboza GE and Ehrendorfer F (2007) The evolution of chili peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. **Acta Horticulturae** **745**: 137-169.

Nascimento NFF, Rêgo ER, Nascimento MF, Bruckner CH, Finger FL and Rêgo MM (2019) Evaluation of production and quality traits in interspecific hybrids of ornamental pepper. **Horticultura Brasileira** **37**: 315-323.

Neitzke RS, Fischer SZ, Vasconcelos CS, Barbieri RL and Treptow RO (2016) Pimentas ornamentais: aceitação e preferências do público consumidor. **Horticultura Brasileira** **34**: 102-109.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

Nobre VF, Silva SO and Silva MS (2021) Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia 38**: 1-12.

Nuez F, Gil OR and Costa J (1996) **El cultivo de pimientos, chiles y ajies**. Sevilla: Ediciones Mundi-Prensa, 607p.

Pessoa AMS, Rêgo ER, Silva APG, Mesquita JCP, Silva AR and Rêgo MM (2019) Genetic diversity in F3 population of ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). **Ceres 66**: 442-450.

Pessoa AMS, Rêgo ER, Barroso PA and Rêgo MM (2015) Genetic diversity and importance of morpho-agronomic traits in a segregating F₂ population of ornamental pepper. **Acta Horticulturae 1087**: 195-200.

Pessoa AMS, Rêgo ER, Carvalho MG, Santos CAP and Rêgo MM (2018) Genetic diversity among accessions of *Capsicum annuum* L. through morphoagronomic characters. **Genetics and Molecular Research 17**: 1-15.

Pickersgill B (1991) Citogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: TsuchiaT and Gupta PK. **Chromosome engineering plants: genetics, breeding evolution**. Amsterdam, 139-160.

Pickersgill B (1997) Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. **Euphytica 96**: 129-133.

Prince JP, Lackney VK, Angeles C, Blauth JR and Kyle MM (1995) A survey of DNA polymorphism within the genus *Capsicum* and the fingerprinting of pepper cultivars. **Genome 38**: 224-231.

Ranganathan P and Jagatheeswari D (2013) Chromosome studies on Garden pepper (*Capsicum frutescens* L.). **International Journal of Research in Botany 3**: 1-3.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

Rêgo ER and Rêgo MM (2018) **“Ornamental Pepper”**, in **Ornamental Crops**. Ed. Van Huylenbroeck J. Springer International Publishing Switzerland, 529-565.

Rêgo ER, Rêgo MM, Finger FL, Cruz CD and Casali VWD (2009) A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum accatum*). **Euphytica** **168**: 275-287.

Rêgo ER, Rêgo MM, Finger FL, Nascimento NFF, Nascimento MF and Santos RMC (2013) Brazilian ornamental pepper breeding program: a consortium among universities, small farmers and government agencies. In: Meeting on genetics and breeding of *Capsicum* and eggplant. **Eucarpia** **15**: 431-434.

Rêgo ER, Finger FL, Nascimento NFF, Araújo ER and Sapucay MJLC (2011) Genética e melhoramento de pimenteiras. In: Rêgo ER, Finger FL and Rêgo MM. **Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum spp.*)**. Recife: Imprima, 117-136.

Rêgo ER, Rêgo MM, Costa FR, Nascimento NFF, Nascimento MF, Barbosa LA, Fortunato FLG and Santos RMC (2012) Analysis of diallel cross for some vegetative traits in chili pepper. **Acta Horticulturae** **937**: 297-303.

Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL (2015) Methodological basis and advances for ornamental pepper breeding program in Brazil. **Acta Horticulturae** **1087**: 309-314.

Rêgo ER and Rêgo MM (2016) Genetics and breeding of chili pepper *Capsicum spp.* In: Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL. **Production and breeding of chili peppers (*Capsicum spp.*)**. Springer International Publishing Switzerland, 1-129.

Reifschneider FJB (2000) ***Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 113p.

Ribeiro CSC and Reifschneider FJB (2008) Genética e melhoramento. In: Ribeiro CSC, Lopes CA, Carvalho SIC, Henz GP and Reifschneider FJB. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 55-69p.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

Ribeiro CSC, Soares RS, Gomes LM, Coelho LGF and Reifschneider FJB (2017) Breeding Calabrian pepper lines for Brazilian agriculture from *sui generis* introduction of germplasm. **Horticultura Brasileira 35**: 195-202.

Rodrigues R, Bento CS, Silva MGM and Sudre CP (2010) Atividades de caracterização e avaliação em bancos de germoplasma. In: Pereira TNS. **Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas**. Vicosa: Arca, 115-140.

Rufino JLS and Penteado DCS (2006) Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário 27**: 7-15.

Signorini T, Renesto E, Machado MFPS, Bessalho DN and Monteiro ER (2013) Diversidade genética de espécies de *Capsicum* com base em dados de isozimas. **Horticultura Brasileira 31**: 534-539.

Silva Neto JJ, Rêgo ER, Nascimento MF, Silva Filho VAL, Almeida Neto JX and Rêgo MM (2014) Variabilidade em população base de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annum* L.). **Revista Ceres 61**: 084-089.

Silva CQ, Rodrigues R, Bento CS and Pimenta S (2017) Heterosis and combining ability for ornamental chili pepper. **Horticultura Brasileira 35**: 349-357.

Sudré CP, Gonçalves LSA, Rodrigues R, Amaral Júnior AT, Riva-Souza EM and Bento CS (2010) Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Biology 9**: 283-294.

Tanksley SD (1984) High rates of cross-pollination in chile pepper. **Hortscience 19**: 580-582.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiros ornamentais

Vasconcelos ES, Cruz CD, Bhering LL and Resende Júnior MFR (2007) Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42: 1421-1428.

Vicente MC, Guzmán FA, Engels J and Ramanatha RAOV (2005) Genetic Characterization and its use in decision making for the conservation of cropgermplasm. In: **The Role Of Biotechnology**. Turin: Proceedings, 121-128.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

RESUMO

As pimenteiros são uma importante fonte de minerais, sendo muito empregada na indústria alimentícia. Além disso, essa cultura apresenta um relevante potencial ornamental, porém ainda pouco explorado. Nesse sentido, a caracterização de acessos de pimenteiros ornamentais é de grande relevância para identificar os genótipos que apresentem características desejáveis, quanto também mensurando a variabilidade genética. Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi realizar a caracterização morfoagronômica de acessos de pimenteiros ornamentais. Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situado em Recife. Foram utilizados 20 acessos de pimenteiros ornamentais, pertencentes ao banco de germoplasma de *Capsicum*, do IPA, sendo eles: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos e IFV. A pesquisa consistiu de 2 experimentos complementares, um para as variáveis de produção de mudas e o outro para as características da planta. O mercado busca por plantas em que haja harmonia entre a arquitetura da planta e o tamanho do vaso, devendo tanto a altura de planta quanto o diâmetro da copa serem de 1,5 a 2 vezes a altura do vaso, assim apenas os acessos 404, 408, 410 e 423 se encaixariam nesse critério. Para as características a cor do fruto imaturo (CIM) e cor do fruto maduro (CMD) os acessos 408 e IFV apresentaram cores que atraem muito a atenção dos consumidores, aliadas as arquiteturas compactas que ambas possuem, indicam que esses acessos podem ser promissores. Por fim, a caracterização dos acessos de pimenteiros ornamentais demonstrou ser uma ferramenta de grande relevância para a seleção de genótipos que apresentem características desejadas pelo mercado consumidor desse tipo de pimenta.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, variabilidade genética, melhoramento genético, plantas em vaso.

MORPHOAGRONOMIC CHARACTERIZATION OF ORNAMENTAL PEPPER ACCESSES

ABSTRACT

Pepper plants are an important source of minerals, being widely used in the food industry. Furthermore, this crop has relevant ornamental potential, but still little explored. In this sense, the characterization of ornamental pepper accessions is of great relevance to identify genotypes that present desirable characteristics, as well as measuring genetic variability. Given the above, the objective of the present research was to carry out the morphoagronomic characterization of ornamental pepper accessions. The experiments were conducted under greenhouse conditions belonging to the Pernambuco Agronomic Institute (IPA), situated in Recife. We used 20 accessions of ornamental pepper plants, belonging to the *Capsicum* germplasm bank, from IPA, they are: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos and IFV. The research consisted of 2 complementary experiments, one for seedling production variables and the other for plant characteristics. The market seeks plants in which there is harmony between the plant's architecture and the size of the pot, owing both plant height and crown diameter be 1.5 to 2 times the height of the vase, thus, only accessions 404, 408, 410 and 423 would fit this criterion. For the characteristics of immature fruit color (CIM) and mature fruit color (CMD), accessions 408 and IFV presented colors that greatly attract the attention of consumers, combined with the compact architectures that both have, indicate that these accesses may be promising. Finally, the characterization of ornamental pepper accessions proved to be a highly relevant tool for selecting genotypes that present characteristics desired by the consumer market for this type of pepper.

Keywords: *Capsicum annuum*, genetic variability, genetic breeding, pot plants.

INTRODUÇÃO

A pimenta (*Capsicum annuum* L.) é uma espécie pertencente à família das Solanaceae, cujo gênero *Capsicum* contém cerca de 33 espécies. Há relatos na literatura de que o gênero *Capsicum* tem como centros de origem as Américas Central e do Sul, no entanto, já se encontra presente em áreas de cultivo de regiões tropicais e temperadas de diferentes partes do mundo (Eshbaugh 1993, Pozzobon et al. 2005, Rodrigues et al. 2016).

O Brasil aparece como importante centro de diversidade do gênero *Capsicum*, possuindo espécies domesticadas, semidomesticadas e silvestres. As pimentas são cultivadas em todas as regiões do País, com destaque para as regiões Sudeste e Centro-Oeste, sendo que os principais Estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul, somando o tamanho de 75 mil hectares de área cultivada e atingindo produtividade que variam de 10 a 30 t/ha, a depender do tipo de pimenta, cultivar e nível tecnológico empregado (Rufino and Penteado 2006, Pinto et al. 2011).

Desde a antiguidade as pimentas são utilizadas como condimentos pelos índios e civilizações antigas, com o objetivo de tornar os alimentos mais agradáveis ao paladar, como também são usadas como conservantes em alimentos, aumentando assim o tempo de prateleira dos mesmos, além disso, ela também se enquadra na categoria de planta medicinal (Carvalho and Bianchetti 2008, Rêgo et al. 2012, Rêgo et al. 2016).

As pimentas são uma importante fonte de antioxidantes naturais, tais como a vitamina E, vitamina C e carotenoides. Além disso, elas são ricas em capsaicinoides, os quais se trata de compostos fenólicos responsáveis pelo grau de pungência dos frutos (Costa et al. 2009, Carvalho and Bianchetti 2004, Reifschneider 2000).

Além do potencial alimentício e industrial, há também o potencial ornamental das pimentas, o qual ainda é pouco explorado. Tanto assim que, no Brasil ainda são poucas as cultivares de pimentas com foco na questão ornamental, apesar dos bancos de germoplasma do gênero *Capsicum* possuírem inúmeros acessos com características que podem ser melhorados geneticamente, a fim de atender essa demanda (Neitzke et al. 2010, Rêgo et al. 2016).

Nesse sentido, a caracterização de acessos de pimenteiras ornamentais de bancos de germoplasma é de grande relevância para os programas de melhoramento genéticos, identificando genótipos que apresentem características desejáveis, quanto também mensurando a variabilidade genética, uma vez que isso é essencial para o sucesso do desenvolvimento de novas cultivares (Morais et al. 2020). Segundo Rêgo et al. (2011), a caracterização morfoagronômica é uma ferramenta de grande importância para se avaliar o potencial ornamental dos acessos, bem como obter estimativas de parâmetros genéticos para o desenvolvimento de novas cultivares.

Na literatura são reportados vários estudos sobre a caracterização de pimenteiras com finalidade de uso em programas de melhoramento genético, em que se pode mencionar o estudo desenvolvido por Costa et al. 2015, que mensurou a variabilidade e diversidade genética de genitores e híbridos interespecíficos de pimenta por meio da caracterização morfológica e análise molecular, as quais determinaram eficientemente a diversidade genética entre genitores e híbridos interespecíficos. Ainda nesse contexto, na pesquisa de Silva Neto et al. 2014, avaliaram a variabilidade de população base de pimenteiras ornamentais, concluíram que a seleção feita dentro da população foi eficiente para o Programa de Melhoramento de Pimenteiras Ornamentais, desenvolvido pela Universidade Federal da Paraíba.

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa foi realizar a caracterização morfoagronômica de acessos de pimenteiras ornamentais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situado em Recife – Pernambuco. O clima da cidade é do tipo Am, de acordo a classificação de Köppen-Geiger, a temperatura média anual é entre 24 a 26 °C, com precipitação pluvial média anual entre 1900 a 2200 mm e altitude próxima de 100 metros (Alvares et al. 2014). Foram utilizados 20 acessos de pimenteiras ornamentais, pertencentes ao banco de germoplasma de *Capsicum*, do IPA, sendo eles: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos e IFV.

A primeira etapa correspondeu a um ciclo de autofecundação dos acessos de pimenta, a fim de garantir a pureza genética dos mesmos. Foram semeadas 40

sementes de cada acesso, em bandejas de poliestileno expandido de 200 células, contendo pó de coco, o qual foi previamente lavado e autoclavado duas vezes a 121 °C por 1 hora (autoclave vertical AV 75 - Phoenix). Após 30 dias do semeio, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 800 ml, contendo substrato pó de coco.

As plantas foram irrigadas conforme necessidade hídrica, com solução nutritiva elaborada com base em Furlani *et al.*, 1999, com a seguinte composição em g/1000 L: 1000 g de nitrato de cálcio; 1250 g de nitrato de potássio; 250 g de MKP; 500 g de sulfato de magnésio; 1,5 g de ácido bórico; 25 g quelatec AZ; 25 g de ultraferro; 110 g cloreto de potássio e 150 g de sulfato de potássio. Na fase de muda, a solução foi diluída até que a condutividade elétrica (CE) apresentasse o valor de 0,6 dS.m⁻¹, sendo esse valor aumentado regularmente até atingir o número de 1,4 dS.m⁻¹, na fase de crescimento. O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva em intervalos de uma semana durante todo o ciclo da cultura.

No início da fase reprodutiva, as plantas foram individualmente protegidas com tecido de tule branco até o pegamento dos frutos (Figura 01), após isso o tule foi removido. Quando os frutos se apresentaram no ponto de colheita, foram retirados para a obtenção das sementes, as quais foram armazenadas em condições adequadas em geladeira em torno de 10 °C.



Figura 01. Plantas protegidas individualmente com tecido de tule branco. Recife-PE, Brasil, 2023.

Para as características relacionadas a germinação das sementes, o experimento foi implantado em delineamento em blocos casualizados, sendo que a parcela experimental foi constituída de 60 sementes com 4 repetições. As sementes foram semeadas em bandejas de isopor de 200 células com o substrato pó-de-coco autoclavado, a irrigação foi realizada com a solução nutritiva citada anteriormente.

Aos 30 (trinta) dias após o semeio, as plântulas foram avaliadas para os seguintes caracteres: Percentagem de emergência (PE), em %; Altura de plântula (AP), em cm; Diâmetro do colo da plântula (DC), em mm; Índice de velocidade de emergência (IVE), adimensional; Tempo médio de emergência (TME), em dias/sementes. As características PE, IVE e TME foram calculadas pelas seguintes formulas:

$$PE = \frac{N}{A} \times 100, \text{ em que:}$$

N – Número total de sementes germinadas;

A – Número total de sementes semeadas;

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn}, \text{ em que:}$$

E1, E2,..., En – Número de plântulas normais emergidas na primeira, segunda até a última contagem;

N1, N2,..., Nn – Número de dias da semeadura a primeira, segunda até a última contagem;

$$TME = \frac{\sum Ni \times Ti}{\sum Ni}, \text{ em que:}$$

Ni – Número de sementes emergidas por dia;

Ti – Tempo de incubação (dias);

Aos 30 dias após o semeio, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 800 ml com o substrato pó-de-coco autoclavado, seguindo metodologia descrita anteriormente. Nesta etapa, foi implantado o experimento em delineamento em blocos casualizados, cada parcela constituída por cinco plantas, tendo como parcela útil três plantas, com quatro repetições.

O manejo de irrigação e fertirrigação foram conduzidos conforme descrito no experimento anterior. O controle de pragas e doenças foi realizado de forma preventiva em intervalos de duas semanas durante todo o ciclo da cultura.

Da fase de florescimento a frutificação (45 a 130 dias após o semeio), foram realizadas as avaliações recomendadas para o gênero *Capsicum* pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995), tais caracteres podem ser agrupadas em três categorias: aqueles relacionados à planta, à flor e ao fruto.

Caracteres relacionados à planta: Altura de planta (ATP), em cm; Relação planta/vaso (RPV), adimensional; Diâmetro da copa (DCP), em cm; Altura da primeira brotação (APB), em cm; Diâmetro do caule (DCL), em mm; Comprimento de folha (CFL), em mm; Largura de folha (LFL), em mm; Cor do caule (CCL), adimensional; Presença de antocianina no nó (PAN), adimensional; Forma do caule (FCL), adimensional; Pubescência do caule (PCL), adimensional; Hábito de crescimento (HCR), adimensional; Densidade de ramificação (DRM), adimensional; Densidade de folha (DFL), adimensional; Cor da folha (CFH), adimensional; Formato da folha (FFL), adimensional;

Caracteres relacionados à flor: Comprimento de antera (CAT), em mm; Início de florescimento (IFC), em dias; Diâmetro da corola (DCR), em mm; Número de pétalas (NPT), em unidade; Comprimento de filete (CFT), em mm; Cor da corola, (CCR), adimensional; Cor da antera (CAR), adimensional; Cor do filete (CFI), adimensional; Posição da flor (PFL), adimensional; Forma da corola (FCR), adimensional;

Caracteres relacionados ao fruto: Comprimento de fruto (CFR), em mm; Maior diâmetro do fruto (MDF), em mm; Menor diâmetro do fruto (MEF), em mm; Comprimento do pedúnculo (CPD), em mm; Espessura do pericarpo (EPC), em mm; Comprimento da placenta (CPT), em mm; Massa fresca média do fruto (MFF), em g; Massa seca média do fruto (MSF), em g; Percentagem de água do fruto (PAG), em %; Número de sementes por fruto (NSF), em unidade; Número de lóculos (NLC), em unidade; Início da frutificação (IFT), em dias; Número de frutos (NFR), em unidade; Peso médio de fruto (PMF), em g; Manchas de antocianina no fruto (MAT), adimensional; Cor do fruto imaturo (CIM), adimensional; Cor do fruto intermediário (CID) adimensional; Cor do fruto maduro (CMD), adimensional; Formato do fruto (FOF), adimensional; Forma do ápice do fruto (FAF), adimensional.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando necessário, foi aplicado a comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, com o uso do software GENES (Cruz 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pela análise de variância (Tabela 01) que a fonte de variação Acessos apresentou diferença significativa, pelo Teste F a 1% de probabilidade, para todas as características analisadas. Com relação aos coeficientes de variação (CV), o qual é uma medida de variabilidade que mede o percentual da relação entre o desvio-padrão e a média, verifica-se que o mesmo variou de 4,43 a 40,94 %. Segundo Ferreira 2018, a maioria das características avaliadas apresentam boa precisão experimental, com exceção para APB, que apresentou CV de 40,94 %, porém o valor desse coeficiente está relacionado diretamente com a natureza da variável e, em alguns casos são aceitáveis coeficiente maiores. Como é o caso da variável APB, que no estudo de Rêgo et al. (2009) apresentou valor semelhante encontrado no presente estudo com 34 %.

Tabela 01. Resumo da análise de variância referente a 29 características avaliadas em pimenteiras ornamentais. Recife-PE, Brasil, 2023.

FV ¹	GL ²	QM ³				
		AP ⁴	DC	PE	IVE	TME
Blocos	3	0,0621	0,0042	44,1666	0,0563	1,0461
Acessos	19	3,5058**	0,0938**	727,2368**	1,3278**	8,8497**
Resíduo	57	0,0428	0,0068	111,9298	0,1049	0,3322
Total	79					
CV (%)		5,74	6,15	12,37	14,67	6,82

FV	GL	QM				
		ATP	RPV	DCP	APB	DCL
Blocos	3	22,6448	0,2256	166,1917	3,6345	5,7039
Acessos	19	1574,0944**	15,7391**	960,6850**	74,4903**	11,2620**
Resíduo	57	13,8836	0,1388	26,3440	3,2765	0,7324
Total	79					
CV (%)		10,43	10,43	12,27	40,94	8,45

FV	GL	QM				
		CFL	LFL	CAT	IFC	DCR
Blocos	3	143,5253	45,5004	0,0313	70,0025	1,4442
Acessos	19	948,1393**	342,5051**	0,2809**	953,2753**	18,6076**
Resíduo	57	30,2983	4,9191	0,0090	51,9060	0,4862
Total	79					
CV (%)		9,88	9,30	4,50	12,82	4,43

FV	GL	QM				
		CFT	CFR	MDF	MEF	CPD
Blocos	3	0,0221	8,3834	0,3323	3,1773	20,3165
Acessos	19	0,4993**	448,6981**	54,5202**	17,0223**	39,5762**
Resíduo	57	0,0127	3,1807	1,2142	0,6774	1,6024
Total	79					
CV (%)		5,79	7,62	8,26	21,69	6,93

FV	GL	QM				
		EPC	CPT	MFF	MSF	PAG
Blocos	3	0,1086	5,9663	0,0884	0,0010	4,2234
Acessos	19	0,6194**	319,6929**	1,5375**	0,0320**	46,8605**
Resíduo	57	0,0161	2,7913	0,0461	0,0008	0,9661
Total	79					
CV (%)		7,86	9,44	16,89	15,32	1,15

FV	GL	QM			
		NSF	IFT	NFR	PMF
Blocos	3	75,3779	184,0884	15171,4042	0,1254

Acessos	19	1260,9969**	1484,5356**	160166,6196**	2,0417**
Resíduo	57	66,0608	56,7299	2644,4556	0,0837
Total	79				
CV (%)		17,94	8,00	23,18	17,82

¹ Fonte de variação; ² Graus de liberdade; ³ Quadrado médio; ⁴ Altura de plântula (AP), Diâmetro do colo da plântula (DC), Percentagem de emergência (PE), Índice de velocidade de emergência (IVE), Tempo médio de emergência (TME), Altura de planta (ATP), Relação planta/vaso (RPV), Diâmetro da copa (DCP), Altura da primeira brotação (APB), Diâmetro do caule (DCL), Comprimento de folha (CFL), Largura de folha (LFL), Comprimento de antera (CAT), Início de florescimento (IFC), Diâmetro da corola (DCR), Comprimento de filete (CFT), Comprimento de fruto (CFR), Maior diâmetro do fruto (MDF), Menor diâmetro do fruto (MEF), Comprimento do pedúnculo (CPD), Espessura do pericarpo (EPC), Comprimento da placenta (CPT), Massa fresca média do fruto (MFF), Massa seca média do fruto (MSF), Percentagem de água (PAG), Número de sementes por fruto (NSF), Início da frutificação (IFT), Número de frutos (NFR), Peso médio de fruto (PMF).

Analisando a Tabela 02, a qual se refere as médias dos acessos para as 29 características quantitativas analisadas, percebe-se que para a variável altura de plântula (AP) os acessos 431 e 435 apresentaram as maiores médias, diferindo estatisticamente das demais, por outro lado, as menores médias foram dos acessos 403 e 424.

Tabela 02. Médias de 29 características avaliadas em pimenteiros ornamentais. Recife-PE, Brasil, 2023.

Acessos	Características						
	AP ¹	DC	PE	IVE	TME	ATP	RPV
403	2,21 h ²	1,37 c	95,00 a	2,42 c	8,17 e	22,19 f	2,22 f
404	2,75 f	1,21 d	88,75 a	3,12 a	5,98 g	18,28 f	1,82 f
407	3,10 e	1,11 e	93,75 a	2,38 c	8,14 e	33,16 e	3,31 e
408	2,54 g	1,48 b	83,75 a	2,00 c	8,91 d	11,44 g	1,14 g
410	3,68 d	1,39 c	78,75 a	2,37 c	7,15 f	17,60 f	1,76 f
411	3,51 e	1,30 c	96,25 a	2,31 c	8,53 e	33,45 e	3,34 e
414.1	3,50 e	1,44 b	65,00 b	1,39 d	9,93 c	23,05 f	2,30 f
414.2	4,38 c	1,62 a	95,00 a	2,48 c	8,04 e	22,93 f	2,29 f
416	2,94 f	1,21 d	91,25 a	2,57 b	7,33 f	31,05 e	3,10 e
423	3,71 d	1,43 b	91,25 a	2,04 c	9,27 d	19,97 f	1,99 f
424	2,17 h	1,10 e	71,25 b	1,32 d	11,05 b	21,88 f	2,18 f
429	3,87 d	1,35 c	95,00 a	2,18 c	9,04 d	39,51 d	3,95 d

431	5,36 a	1,49 b	86,25 a	2,46 c	7,33 f	40,14 d	4,01 d
435	5,37 a	1,53 a	96,25 a	2,68 b	7,61 e	31,47 e	3,15 e
436	3,33 e	1,28 c	86,25 a	2,12 c	8,43 e	22,61 f	2,26 f
439	4,47 c	1,39 c	92,50 a	2,29 c	8,37 e	51,45 c	5,14 c
442	3,04 f	1,31 c	92,50 a	2,96 a	6,42 g	77,90 a	7,79 a
443	3,30 e	1,36 c	91,25 a	2,64 b	7,18 f	80,38 a	8,03 a
Canudos	3,81 d	1,00 e	41,25 c	0,71 e	11,95 a	63,25 b	6,32 b
IFV	4,98 b	1,34 c	78,75 a	1,64 d	10,02 c	52,21 c	5,22 c
Médias	3,60	1,33	85,50	2,20	8,44	35,69	3,57

Acessos	Características						
	DCP	APB	DCL	CFL	LFL	CAT	IFC
403	27,39 c	2,04 d	10,97 b	71,85 b	28,82 b	2,11 d	49,08 d
404	22,73 d	1,87 d	7,30 d	60,51 c	19,00 d	2,31 c	49,41 d
407	50,80 b	2,68 d	7,52 d	50,79 d	20,30 d	1,78 e	63,00 c
408	21,08 d	1,15 d	11,02 b	58,84 c	22,23 c	1,81 e	49,71 d
410	22,95 d	1,05 d	9,26 c	68,76 b	31,92 b	1,87 e	49,37 d
411	61,11 a	2,23 d	8,46 c	29,01 f	10,11 f	2,35 c	49,24 d
414.1	29,84 c	1,65 d	10,45 b	90,74 a	40,02 a	2,43 b	50,50 d
414.2	28,70 c	1,78 d	8,83 c	67,77 b	30,43 b	2,24 c	46,50 d
416	50,34 b	3,27 d	11,10 b	53,14 c	17,86 d	2,12 d	48,96 d
423	22,66 d	2,06 d	8,80 c	44,24 d	20,20 d	1,73 e	47,58 d
424	49,16 b	3,05 d	8,90 c	38,97 e	15,88 e	2,12 d	63,00 c
429	54,75 b	6,76 c	10,54 b	44,49 d	21,12 c	2,45 b	49,62 d
431	47,23 b	5,31 c	9,53 c	54,76 c	22,30 c	2,60 a	48,37 d
435	32,74 c	3,48 d	9,54 c	56,89 c	21,54 c	2,02 d	47,41 d
436	54,13 b	3,24 d	9,47 c	34,90 e	13,54 e	2,46 b	46,95 d
439	33,12 c	7,31 c	13,46 a	67,34 b	23,85 c	2,22 c	58,12 c
442	66,68 a	17,58 a	11,70 b	64,94 b	41,84 a	2,01 d	87,35 b
443	61,30 a	14,01 b	11,89 b	60,00 c	40,49 a	1,86 e	107,95 a
Canudos	62,21 a	2,20 d	10,41 b	30,57 f	10,81 f	1,81 e	52,08 d
IFV	37,06 c	5,60 c	13,23 a	64,67 b	24,21 c	1,87 e	59,66 c
Médias	41,80	4,42	10,12	55,66	23,82	2,11	56,19

Acessos	Características						
	DCR	CFT	CFR	MDF	MEF	CPD	EPC
403	16,77 c	2,33 b	33,65 d	15,61 c	3,33 c	19,53 c	1,91 c

404	19,44 a	2,76 a	45,67 a	7,94 g	1,23 d	23,52 a	1,29 e
407	15,72 d	1,86 d	28,68 e	14,27 d	2,43 d	18,25 d	1,74 c
408	18,01 b	1,92 d	24,72 f	15,52 c	3,17 c	21,76 b	2,08 b
410	17,09 c	1,90 d	10,71 i	12,54 e	5,82 b	17,89 d	1,60 d
411	13,13 e	1,81 e	9,64 i	8,22 g	2,85 c	15,54 d	0,97 f
414.1	19,76 a	2,10 c	15,22 h	16,89 b	5,50 b	17,62 d	1,90 c
414.2	17,14 c	2,06 c	17,79 g	19,71 a	5,77 b	16,83 d	1,73 c
416	15,53 d	1,79 e	14,40 h	17,36 b	8,24 a	10,30 f	1,84 c
423	14,89 d	1,75 e	12,45 h	14,17 d	8,05 a	13,56 e	1,91 c
424	15,72 d	2,25 b	17,44 g	13,59 d	6,26 b	16,24 d	1,36 e
429	16,76 c	1,77 e	37,00 c	9,82 f	1,88 d	19,87 c	1,33 e
431	15,80 d	1,90 d	41,24 b	13,61 d	2,09 d	18,69 c	1,48 d
435	14,01 e	1,94 d	29,51 e	10,61 f	2,29 d	21,10 c	1,32 e
436	15,64 d	2,28 b	18,69 g	12,56 e	2,59 d	17,66 d	1,39 e
439	16,64 c	2,11 c	31,38 d	11,15 f	3,80 c	20,03 c	1,54 d
442	12,03 f	1,26 f	22,92 f	18,43 a	2,52 d	16,65 d	2,26 a
443	12,31 f	1,19 f	22,50 f	17,62 b	2,61 d	17,33 d	2,34 a
Canudos	12,49 f	1,67 e	9,74 i	6,86 g	2,34 d	18,82 c	0,85 f
IFV	15,68 d	2,19 b	24,59 f	10,08 f	3,02 c	23,63 a	1,42 e
Médias	15,73	1,94	23,40	13,33	3,79	18,24	1,61

Acessos	Características						
	CPT	MFF	MSF	PAG	NSF	IFT	NFR
403	26,50 c	2,31 a	0,32 a	86,18 c	55,89 c	80,24 e	72,74 d
404	35,07 a	0,86 d	0,12 d	86,04 c	27,88 e	82,99 e	108,00 d
407	21,96 d	1,71 b	0,28 a	83,35 e	35,75 d	124,08 b	83,16 d
408	16,84 e	1,95 b	0,22 b	88,36 b	23,80 e	118,16 b	39,50 d
410	7,82 h	0,61 e	0,06 e	90,04 a	57,77 c	78,21 e	106,08 d
411	7,07 h	0,21 f	0,03 e	84,51 d	30,55 e	87,08 d	724,16 a
414.1	10,41 g	1,33 c	0,14 d	89,37 a	88,97 a	86,41 d	79,08 d
414.2	13,15 f	1,84 b	0,23 b	87,12 b	73,47 b	79,70 e	73,49 d
416	9,99 g	1,48 c	0,25 b	82,75 e	36,80 d	98,41 c	259,25 c
423	8,10 h	0,94 d	0,10 d	89,02 a	47,88 c	88,54 d	115,75 d
424	14,09 f	0,94 d	0,14 d	84,75 d	60,33 c	95,62 c	286,25 c
429	29,40 b	1,17 d	0,22 b	80,97 f	23,91 e	83,08 e	255,41 c
431	34,02 a	2,00 b	0,30 a	84,76 d	57,47 c	66,83 f	220,25 c

435	24,71 c	1,06 d	0,17 c	83,39 e	56,36 c	83,04 e	186,33 c
436	14,16 f	0,64 e	0,11 d	82,78 e	55,39 c	78,66 e	377,83 b
439	25,73 c	1,34 c	0,27 a	79,64 g	33,30 d	87,95 d	197,66 c
442	13,82 f	1,85 b	0,23 b	87,33 b	42,58 d	130,08 a	129,00 d
443	13,32 f	2,02 b	0,24 b	87,99 b	41,41 d	139,50 a	130,16 d
Canudos	7,59 h	0,14 f	0,02 e	84,97 d	22,61 e	95,62 c	773,08 a
IFV	20,02 d	0,95 d	0,22 b	76,71 h	33,80 d	98,20 c	219,08 c
Médias	17,69	1,27	0,18	85,00	45,29	94,12	221,81

Acessos	Característica
	PMF
403	2,68 a
404	1,02 d
407	2,07 b
408	2,27 b
410	0,97 d
411	0,36 e
414.1	1,90 b
414.2	2,45 a
416	1,97 b
423	1,34 c
424	1,29 c
429	1,42 c
431	2,56 a
435	1,50 c
436	0,92 d
439	1,62 c
442	2,20 b
443	2,39 a
Canudos	0,21 e
IFV	1,23 c
Médias	1,62

^{1/} Altura de plântula (AP), em cm; Diâmetro do colo da plântula (DC), em mm; Percentagem de emergência (PE), em %; Índice de velocidade de emergência (IVE), adimensional; Tempo médio de emergência (TME), em dias/sementes; Altura de planta (ATP), em cm; Relação planta/vaso (RPV), adimensional; Diâmetro da copa (DCP), em cm; Altura da primeira brotação (APB), em cm; Diâmetro do caule (DCL), em mm; Comprimento de folha (CFL), em mm; Largura de folha (LFL), em mm;

Comprimento de antera (CAT), em mm; Início de florescimento (IFC), em dias; Diâmetro da corola (DCR), em mm; Comprimento de filete (CFT), em mm; Comprimento de fruto (CFR), em mm; Maior diâmetro do fruto (MDF), em mm; Menor diâmetro do fruto (MEF), em mm; Comprimento do pedúnculo (CPD), em mm; Espessura do pericarpo (EPC), em mm; Comprimento da placenta (CPT), em mm; Massa fresca média do fruto (MFF), em g; Massa seca média do fruto (MSF), em g; Percentagem de água (PAG), em %; Número de sementes por fruto (NSF), em unidade; Início da frutificação (IFT), em dias; Número de frutos (NFR), em unidade; Peso médio de fruto (PMF), em g;^{2/} Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para a característica diâmetro do colo da plântula (DC) os acessos 414.2 e 435 apresentaram os maiores diâmetros, diferindo estatisticamente aos outros acessos, e os menores valores foram observados nos acessos 407, 424 e Canudos.

Já para a percentagem de emergência (PE) os acessos 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.2, 416, 423, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443 e IFV apresentaram os maiores valores diferindo estatisticamente dos demais. E o acesso Canudos foi o que apresentou a menor emergência, atingindo 41,25 % de PE, indicando haver algum mecanismo genético/fisiológico que mitiga essa emergência, haja visto que todas as sementes de todos os acessos foram obtidas na mesma época e acondicionadas em ambiente adequado, e a grande maioria tiveram altos PE's.

Para as variáveis índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergências (TME), ambas apresentam comportamento muito semelhante entre si, visto que os melhores índices foram observados para os acessos 404 e 442, diferindo estatisticamente dos demais, os quais também tiveram os menores tempos médios de emergência com 5,98 e 6,42 dias, respectivamente. Por outro lado, o menor IVE foi obtido pelo acesso Canudos, como também para o TME, que apresentou TME de 11,95 dias. Assim pode-se inferir que o IVE é influenciado em alguma medida pelo TME, de modo que valores maiores de TME proporcionam valores menores de IVE.

Essa relação inversamente proporcional também foi observada por Campos et al. (2018), que avaliando a emergência de plântulas de Jutaí-açú obteve TME de 23,03 e IVE de 0,23 em um genótipo, como também quantificou TME de 14,86 e IVE de 1,27 para um outro genótipo. Diante desses dados, observa-se haver alguma relação entre esses caracteres.

Para a característica altura de planta (ATP), os acessos 442 e 443 apresentaram os maiores valores, diferindo estatisticamente dos demais, não obstante, o menor valor foi obtido pelo acesso 408. Contudo, considerando a

demanda do mercado de pimenteiras ornamentais, em que segundo Barbosa et al. (2002) para a pimenteira se enquadrar nesse seguimento, via de regra, é necessário que haja harmonia entre a arquitetura da planta e o tamanho do vaso, devendo tanto a altura de planta quanto o diâmetro da copa serem de 1,5 a 2 vezes a altura do vaso.

Segundo essa regra, duas vezes a altura do vaso que foi 10 cm, esse enquadramento seria de plantas de altura de 20 cm ou menos, apenas os acessos 404, 408, 410 e 423 obedeceriam a esse critério. Contudo existem alguns caracteres subjetivos e atrativos ao mercado que devem ser considerados para esse enquadramento.

Comportamento semelhante a ATP foi observado para a relação planta/vaso (RPV), visto que os dados aleatórios foram mensurados para ATP e derivados desse para se obter os valores de RPV.

Com relação a característica diâmetro da copa (DCP), os acessos 411, 442, 443 e Canudos exibiram os maiores valores diferindo estatisticamente dos demais, em contraste a isso, os acessos que apresentaram os menores números foram os acessos 404, 408, 410 e 423. É importante lembrar que segundo parâmetro usado por Barbosa et al. (2002), em que para o enquadramento de pimenteiras no segmento ornamental, a planta deve apresentar DCP de 1,5 a 2 vezes a altura do vaso, desse modo, segundo esse critério, nenhum dos acessos se encaixaram nessa faixa, contudo os acessos 404, 408, 410 e 423 ficaram muito próximo desse intervalo.

Foi observado que para o caracter altura da primeira brotação (APB) o acesso 442 foi o que apresentou o maior valor, diferindo estatisticamente dos demais. Em oposição, os acessos 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 435, 436 e Canudos. Vale mencionar que esta característica está relacionada com o porte da planta, o que para o mercado de pimenteiras ornamentais é importante que as plantas apresentem porte compacto, o que é influenciado pela APB.

Para a característica diâmetro do caule (DCL), os acessos 439 e IFV exibiram as maiores médias, diferindo estatisticamente dos demais, já os acessos 404 e 407 apresentaram as menores DCL's.

A área foliar da planta é um parâmetro indicativo de produtividade muito relevante, pois é através da superfície foliar que os fotoassimilados são sintetizados e depois são translocados para partes de desenvolvimento das plantas, a depender

do estágio fisiológico da cultura (Pinheiro et al. 2020). Nesse sentido, os caracteres comprimento de folha (CFL) e largura de folha (LFL) são fundamentais para estimar a área foliar, daí a relevância por essas variáveis.

Dito isso, o acesso 414.1 obteve o maior valor de CFL, esse mesmo acesso também apresentou o maior valor de LFL, juntamente com os acessos 441 e 443, diferindo estatisticamente dos demais. Já os acessos 411 e Canudos exibiram os menores valores tanto para o CFL quanto para a LFL, podendo-se inferir com isso alguma relação entre essas duas características.

Ao que concerne as características relativas as partes reprodutivas dos acessos, o caractere início de florescimento (IFC) é de grande relevância para as culturas e, em se tratando de plantas destinadas ao mercado ornamental ganha-se ainda mais importância. Desse modo, plantas em que o florescimento inicie mais cedo são interessantes, pois pode-se estar disponível no mercado mais cedo, diminuindo com isso o custo de produção das plantas (Azevedo et al. 2020).

Nesse sentido, os menores valores para o IFC foram observados pelos acessos 403, 404, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 429, 431, 435, 436 e Canudos, diferindo estatisticamente dos demais, com um valor médio entre eles de 48,91 dias para o início do florescimento. Por outro lado, o acesso 443 foi o mais tardio para o início da floração com média de 107,95 dias, o que para o mercado de produção de pimenteiros ornamentais não é interessante, além do que este acesso apresentou altas ATP e APB que não são recomendadas para este seguimento.

Para a característica comprimento de antera (CAT), foi percebido que o acesso 431 exibiu o maior valor, diferindo estatisticamente dos demais acessos. Na outra extremidade, os acessos 407, 408, 410, 443, Canudos e IFV apresentaram os menores valores.

Já para o diâmetro da corola (DCR), os acessos 404 e 414.1 proporcionaram as maiores médias e diferiram estatisticamente aos demais e, os acessos 442, 443 e Canudos foram os que apresentaram os menores valores.

Considerando a biologia floral, o comprimento de filete (CFT) pode influenciar na taxa de polinização cruzada, a qual em se tratando de pimenteiros podem variar de 0,5 a 70%, pois a posição das anteras (suportadas pelos filetes) em relação ao estigma pode favorecer a autopolinização (Costa et al. 2008, Filgueira 2008).

Desse modo, é possível observar que o acesso 404 apresentou o maior CFT, o que pode favorecer a autopolinização, e os acessos 442 e 443 tiveram os menores valores para CFT, fato este que pode influenciar na taxa de polinização.

Para a característica comprimento de fruto (CFR), o acesso 404 obteve o maior valor, diferindo estatisticamente dos demais, já os menores valores foram observados nos acessos 410, 411 e Canudos. Vale ressaltar que as características visualizadas externamente no fruto, como o comprimento de fruto (CFR), maior diâmetro do fruto (MDF), menor diâmetro do fruto (MEF), comprimento do pedúnculo (CPD) e número de frutos (NFR) são variáveis significativas na preferência do mercado ornamental.

Nesse sentido, os acessos 404, 411 e Canudos apresentaram os menores valores para MDF, e os acessos 404, 407, 429, 431, 435, 436, 442, 443 e Canudos exibiram os menores MEF. Contudo, considerando a subjetividade do segmento de plantas ornamentais, essas características não podem ser fatores decisivos para a seleção do genótipo, mas sim mais um fator a ser levado em consideração. Já os maiores dados para MDF foram visualizados em 414.2 e 442, para MEF o acesso 416 obteve o maior valor.

Com relação ao comprimento do pedúnculo (CPD), observa-se que os maiores valores foram para os acessos 404 e IFV, diferindo estatisticamente dos demais, já o menor CPD foi obtido para o acesso 416.

Deste modo, além do seguimento de plantas ornamentais, as pimenteiras também apresentam atributos de grande relevância para o mercado de alimentos in natura e processados, obtendo com isso, dupla finalidade de utilização (Rêgo and Rêgo 2016). Nessa perspectiva, uma importante característica é a espessura do pericarpo (EPC), a qual influencia na firmeza e na respiração dos frutos, na produção de etileno, além de outras reações bioquímicas que promovem mudanças degenerativas da qualidade dos frutos (Mendes et al. 2011). Assim maiores EPC's tornam os frutos mais resistentes a injúrias físicas, além de aumentar o tempo de pós-colheita (Cardoso et al. 2018). Diante desse contexto, os acessos 442 e 443 exibiram as maiores espessuras de pericarpo, diferindo-se dos demais.

Para o caráter comprimento da placenta (CPT), os maiores valores foram observados para os acessos 404 e 431, diferindo estatisticamente dos demais. Em oposição, os acessos 410, 411, 423 e Canudos obtiveram os menores valores.

Em relação a massa fresca média do fruto (MFF), que junto com número de frutos (NFR) por planta é um indicativo muito forte de produtividade, o qual é um fator a ser considerado para o seguimento alimentício em geral. Nesse sentido, os destaques foram para o acesso 403 que obteve o maior valor de MFF e para os acessos 411 e Canudos que exibiram os maiores valores de NFR. É oportuno evidenciar que os acessos 411 e Canudos que tiveram os maiores valores de NFR foram os mesmos em que para a característica MFF apresentaram os menores valores, estatisticamente comprovado, desse modo pode-se inferir que o maior NFR proporciona o menor MFF.

Ainda considerando o seguimento alimentício, a variável massa seca média do fruto (MSF) é muito importante para alguns nichos desse seguimento, assim os acessos 403, 407, 431 e 439 apresentaram os maiores valores de MSF, e os menores ficaram com os acessos 410, 411 e Canudos. Esses acessos demonstraram haver algum nível de relação entre MSF e NFR, assim como entre as variáveis MFF e NFR.

Já para o peso médio de fruto (PMF), os acessos 403, 414.2, 431 e 443 apresentaram os maiores valores, diferindo dos demais, com médias variando de 2,39 a 2,68 gramas por fruto, em contraste a esses acessos estão os acessos 411 e Canudos, os quais revelaram as menores médias, oscilando de 0,21 a 0,36 gramas.

Quanto ao número de sementes por fruto (NSF), verifica-se que o acesso 414.1 atingiu o valor de 88,97 sementes, o maior valor estatisticamente dentre os acessos avaliados, não obstante, os menores valores foram atribuídos aos acessos 404, 408, 411, 414.1, 429 e Canudos.

O início da frutificação (IFT) que compreende o período de dias desde o semeio até o início do crescimento dos frutos, demonstrou que o acesso 431 foi o mais precoce com IFT de 66,83 dias, por outro lado os acessos mais tardios foram os 442 e 443, com 130,08 e 139,50 dias, respectivamente. O conhecimento acerca dessa característica é muito importante para o planejamento de floriculturas, de modo a planejar a produção das plantas objetivando uma data específica.

Para a identificação do potencial ornamental de pimenteiros é necessário levar em consideração, além de características quantitativas, algumas características qualitativas. Nesse sentido, na Tabela 03 foram avaliadas 22 características qualitativas em pimenteiros ornamentais.

Tabela 03. Avaliação de 22 características qualitativas analisadas em pimenteiras ornamentais. Recife-PE, Brasil, 2023.

Acesso	Características			
	CCL ¹	PAN	FCL	PCL
403	Verde com listras roxas	Roxo	Cilíndrico	Escassa
404	Verde	Roxo claro	Cilíndrico	Intermediária
407	Verde com listras roxas	Roxo	Cilíndrico	Intermediária
408	Verde com listras roxas	Roxo claro	Cilíndrico	Escassa
410	Roxo	Roxo	Cilíndrico	Escassa
411	Roxo	Roxo escuro	Cilíndrico	Escassa
414.1	Roxo	Roxo escuro	Cilíndrico	Escassa
414.2	Verde com listras roxas	Roxo	Cilíndrico	Intermediária
416	Verde com listras roxas	Roxo claro	Cilíndrico	Escassa
423	Verde	Roxo claro	Cilíndrico	Densa
424	Verde	Roxo claro	Cilíndrico	Escassa
429	Verde com listras roxas	Roxo claro	Cilíndrico	Densa
431	Verde com listras roxas	Roxo	Cilíndrico	Escassa
435	Verde com listras roxas	Roxo	Cilíndrico	Intermediária
436	Verde com listras roxas	Roxo	Cilíndrico	Escassa
439	Verde	Roxo claro	Cilíndrico	Escassa
442	Verde com listras roxas	Roxo claro	Cilíndrico	Intermediária
443	Verde com listras roxas	Roxo claro	Cilíndrico	Intermediária
Canudos	Roxo	Roxo escuro	Cilíndrico	Escassa
IFV	Verde	Roxo	Cilíndrico	Escassa

Acesso	Características			
	HCR	DRM	DFL	CFH
403	Intermediário	Intermediária	Densa	Verde escuro
404	Ereto	Densa	Densa	Verde

407	Intermediário	Intermediária	Intermediária	Verde escuro
408	Intermediário	Densa	Densa	Verde escuro
410	Ereto	Intermediária	Intermediária	Roxo
411	Intermediário	Densa	Densa	Verde escuro
414.1	Ereto	Escassa	Intermediária	Roxo
414.2	Ereto	Intermediária	Intermediária	Verde escuro
416	Intermediário	Densa	Densa	Verde
423	Intermediário	Intermediária	Intermediária	Verde
424	Intermediário	Intermediária	Intermediária	Verde
429	Intermediário	Intermediária	Densa	Verde escuro
431	Ereto	Escassa	Intermediária	Verde
435	Ereto	Intermediária	Intermediária	Verde escuro
436	Prostado	Densa	Densa	Verde
439	Ereto	Escassa	Intermediária	Verde
442	Ereto	Escassa	Escassa	Verde
443	Ereto	Escassa	Escassa	Verde
Canudos	Ereto	Densa	Densa	Verde escuro
IFV	Ereto	Escassa	Escassa	Verde

Acesso	Características			
	FFL	CCR	CAR	NPT
403	Lanceolate	Branco com margem roxa	Roxo	Cinco
404	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco
407	Lanceolate	Roxo com base branca	Roxo	Cinco
408	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco
410	Oval	Roxo	Roxo	Cinco
411	Lanceolate	Roxo	Roxo	Cinco
414.1	Oval	Roxo	Roxo	Cinco
414.2	Oval	Branco com margem roxa	Outros	Cinco
416	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco
423	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco

424	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco
429	Lanceolate	Roxo com base branca	Roxo	Cinco
431	Lanceolate	Branco com base roxa	Roxo	Cinco
435	Lanceolate	Roxo	Roxo	Cinco
436	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco
439	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco
442	Deltoide	Amarelo claro	Roxo	Cinco
443	Deltoide	Amarelo claro	Roxo	Cinco
Canudos	Lanceolate	Roxo	Roxo	Cinco
IFV	Lanceolate	Branco	Outros	Cinco

Acesso	Características			
	CFI	PFL	FCR	NLC
403	Roxo	Ereta	Redonda	Dois
404	Branco	Ereta	Redonda	Dois
407	Roxo	Ereta	Redonda	Dois
408	Branco	Ereta	Redonda	Dois
410	Roxo	Ereta	Redonda	Dois
411	Roxo	Ereta	Redonda	Dois
414.1	Roxo	Ereta	Redonda	Dois
414.2	Branco	Intermediária	Redonda	Dois
416	Branco	Ereta	Redonda	Dois
423	Branco	Intermediária	Redonda	Dois
424	Branco	Ereta	Redonda	Dois
429	Roxo claro	Ereta	Redonda	Dois
431	Roxo claro	Ereta	Redonda	Dois
435	Roxo claro	Ereta	Redonda	Dois
436	Branco	Ereta	Redonda	Dois
439	Branco	Ereta	Redonda	Dois
442	Amarelo	Pendente	Redonda	Três
443	Amarelo	Intermediária	Redonda	Três

Canudos	Roxo	Ereta	Redonda	Dois
IFV	Branco	Ereta	Redonda	Dois
Acesso	Características			
	MAT	CIM	CID	CMD
403	Ausente	Preto	Verde	Laranja
404	Ausente	Amarelo-limão	Laranja	Vermelho escuro
407	Ausente	Roxo	Outros	Vermelho escuro
408	Ausente	Lilás/Marrom/Verde (Mistura de cores)	Outros	Vermelho escuro
410	Ausente	Preto	Verde	Vermelho escuro
411	Ausente	Roxo	Amarelo	Laranja
414.1	Ausente	Preto	Roxo	Vermelho escuro
414.2	Presente	Amarelo-limão	Laranja	Vermelho escuro
416	Presente	Amarelo-limão	Amarelo	Amarelo-laranja pálido
423	Presente	Amarelo-limão	Laranja	Vermelho escuro
424	Ausente	Amarelo-limão	Amarelo	Amarelo-laranja pálido
429	Ausente	Roxo	Laranja	Vermelho escuro
431	Presente	Roxo	Laranja	Vermelho escuro
435	Ausente	Roxo	Laranja	Vermelho escuro
436	Presente	Amarelo-limão	Amarelo	Laranja
439	Ausente	Lilás/Marrom/Verde (Mistura de cores)	Outros	Laranja
442	Ausente	Lilás/Marrom/Verde (Mistura de cores)	Laranja	Vermelho escuro
443	Ausente	Lilás/Marrom/Verde (Mistura de cores)	Laranja	Vermelho escuro
Canudos	Ausente	Preto	Verde	Vermelho escuro
IFV	Ausente	Lilás/Marrom/Verde (Mistura de cores)	Outros	Vermelho escuro
Acesso	Características			
	FOF	FAF		
403	Triangular	Apontado		

404	Alongado	Apontado
407	Alongado	Apontado
408	Triangular	Apontado
410	Quase redondo	Sem corte
411	Quase redondo	Sem corte
414.1	Quase redondo	Sem corte
414.2	Triangular	Sem corte
416	Quase redondo	Sem corte
423	Quase redondo	Sem corte
424	Campanulado e em bloco	Sem corte
429	Alongado	Apontado
431	Triangular	Apontado
435	Alongado	Apontado
436	Triangular	Apontado
439	Alongado	Apontado
442	Triangular	Apontado
443	Triangular	Apontado
Canudos	Triangular	Apontado
IFV	Alongado	Apontado

¹ Cor do caule (CCL), Presença de antocianina no nó (PAN), Forma do caule (FCL), Pubescência do caule (PCL), Hábito de crescimento (HCR), Densidade de ramificação (DRM), Densidade de folha (DFL), Cor da folha (CFH), Formato da folha (FFL), Cor da corola (CCR), Cor da antera (CAR), Número de pétalas (NPT), Cor do filete (CFI), Posição da flor (PFL), Forma da corola (FCR), Número de lóculos (NLC), Manchas de antocianina no fruto (MAT), Cor do fruto imaturo (CIM), Cor do fruto intermediário (CID), Cor do fruto maduro (CMD), Formato do fruto (FOF), Forma do ápice do fruto (FAF).

Para a característica cor do caule (CCL), os acessos 403, 407, 408, 414.2, 416, 429, 431, 435, 436, 442 e 443 exibiram cor verde com listras roxas, os acessos 404, 423, 424, 439 e IFV apresentaram CCL verde e os acessos 410, 411, 414.1 e Canudos CCL roxo.

Com relação a presença de antocianina no nó (PAN), foi possível observar que as manchas de antocianinas variaram de roxo claro, roxo até roxo escuro, para

os acessos 404, 408, 416, 423, 424, 429, 439, 442 e 443; 403, 407, 410, 414.2, 431, 435, 436 e IFV; 411, 414.1, e Canudos, respectivamente.

Quanto a forma do caule (FCL), todos os acessos apresentaram formato cilíndrico. Para a variável PCL, os acessos apresentaram variabilidade, desde pubescência escassa à densa. Os acessos com pubescência escassa foram: 403, 408, 410, 411, 414.1, 416, 424, 431, 436, 439, Canudos e IFV; As intermediárias: 404, 407, 414.2, 435, 442 e 443; e as densas: 423 e 429.

No tocante ao hábito de crescimento (HCR), o acesso 436 foi identificado HCR como prostado, 403, 407, 408, 411, 416, 423, 424 e 429 como intermediário e, os acessos 404, 410, 414.1, 414.2, 431, 435, 439, 442, 443, Canudos e IFV. Já para o atributo densidade de ramificação (DRM), os acessos 414.1, 431, 442, 443 e IFV tiveram DRM escassa, os acessos 403, 407, 410, 414.2, 423, 424, 429 e 435 manifestaram DRM intermediária, e os acessos 404, 408, 411, 416, 436 e Canudos externaram DRM densa.

Quanto a característica densidade de folha (DFL), a qual é um forte indicativo de área foliar da planta, como também é muito importante para o mercado de pimenteiras ornamentais, os acessos 442, 443 e IFV obtiveram DFL escassa, enquanto que os acessos 403, 404, 408, 411, 416, 429, 436 e Canudos apresentaram DFL densa, os demais acessos exibiram DFL intermediária.

A cor da folha (CFH), também é outro atributo muito relevante para o mercado consumidor de plantas ornamentais, nesse sentido, observa-se que houve variação entre as cores identificadas nos acessos estudados, em que os acessos 404, 416, 423, 424, 431, 436, 439, 442, 443 e IFV obtiveram CFH verde, os acessos 403, 407, 408, 411, 414.2, 429, 435 e Canudos expressaram CFH verde escuro e apenas os acessos 410 e 414.1 externaram cor da folha roxo, distoando fortemente dos demais genótipos avaliados.

O formato da folha (FFL) apresentou formato lanceolate para os acessos 403, 404, 407, 408, 411, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, Canudos e IFV, para os acessos 410, 414.1 e 414.2 o FFL foi ovalado, e os acessos 442 e 443 apresentaram FFL deltoide. Para o caráter cor da corola (CCR), foi possível observar a seis grupos distintos, o grupo 1 (acessos 403 e 414.2), grupo 2 (acessos 404, 408, 416, 423, 424, 436, 439 e IFV), grupo 3 (acessos 407 e 429), grupo 4 (acessos 410, 411, 414.1, 435 e Canudos), grupo 5 (acessos 442 e 443) e grupo 6 (acesso 431).

No que se refere a característica cor da antera (CAR), os acessos 403, 407, 410, 411, 414.1, 429, 431, 435, 442, 443 e Canudos mostraram CAR roxo, enquanto que os acessos 404, 408, 414.2, 416, 423, 424, 436, 439 e IFV tiveram as cores das anteras classificadas como outras.

Dois fatos que merecem destaques dizem respeito ao número de pétalas (NTP) e a forma da corola (FCR), em que todos os acessos estudados tiveram os mesmos resultados, sendo cinco o número de pétalas e, para a forma da corola todos obtiveram forma redonda.

Quanto a cor do filete (CFI), os acessos 403, 407, 410, 411, 414.1 e Canudos expressaram CFI roxo, os acessos 404, 408, 414.2, 416, 423, 424, 436, 439 e IFV tiveram CFI de cor branco, os acessos 429, 431 e 435 exibiram CFI roxo claro, enquanto que os acessos 442 e 443 apresentaram CFI amarelo. Para a característica posição da flor (PFL), é possível perceber a formação de três grupos distintos, o grupo com PFL ereta, formado pelos acessos 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 416, 424, 429, 431, 435, 436, 439, Canudos e IFV, o segundo grupo constituído com os acessos 414.2, 423 e 443 apresenta PFL intermediária, enquanto que o grupo com PFL pendente detém apenas o acesso 442.

No tocante ao número de lóculos (NLC), os acessos 442 e 443 apresentaram 3 lóculos, enquanto todos os demais exibiram o número de 2 lóculos. Uma outra importante característica para o seguimento de plantas ornamentais a se comentar diz respeito as manchas de antocianina no fruto (MAT), na qual somente os acessos 414.2, 416, 423, 431 e 436 apresentaram manchas de antocianina (roxo) em seus frutos, culminando em plantas diferenciadas e atrativas para o mercado consumidor, o qual anseia por novidades e por produtos diferenciados (Rêgo et al. 2013).

Ainda se referindo a interesses do mercado de pimenteiras ornamentais, as cores durante os estádios de desenvolvimento do fruto têm um peso muito grande no processo de escolha do genótipo a adquirir (MELO et al., 2014). Nesse sentido, para a cor do fruto imaturo (CIM) foi percebível a formação de quatro grupos, o grupo 1 obteve CIM preto (acessos 403, 410, 414.1 e Canudos), o grupo 2 teve CIM classificado como amarelo-limão (acessos 404, 414.2, 416, 423, 424 e 436), o grupo 3 apresentou CIM roxo (acesso 407, 411, 429, 431 e 435) e o grupo 4 exibiu CIM lilás/marrom/verde (mistura de cores) (acessos 408, 439, 442, 443 e IFV).

Também para a cor do fruto intermediário (CID) foi possível notar a formação de vários grupos, sendo o grupo 1 composto pelos acessos 403, 410 e Canudos, os

quais externaram CID verde, o grupo 2 obteve CID laranja (acessos 404, 414.2, 423, 429, 431, 435, 442 e 443), o grupo 3 apresentou CID classificado como outros (acessos 407, 408, 439 e IFV), o grupo 4 teve CID amarelo (411, 424 e 436) e o grupo 5 expôs CID roxo (acesso 414.1).

Com relação a cor do fruto maduro (CMD), foi constatado a divisão dos acessos em três grupos, em que o grupo 1 corresponde a CMD laranja (acessos 403, 411, 436 e 439), o grupo 2 com CMD de vermelho escuro abrangeu a maior parte dos acessos (404, 407, 408, 410, 414.1, 414.2, 423, 429, 431, 435, 442, 443, Canudos e IFV) e o grupo 3 com CMD amarelo-laranja pálido (acessos 416 e 424).

Para as características relacionadas as colorações dos frutos, as quais chamam muito a atenção dos consumidores, a cor do fruto imaturo (CIM) e a cor do fruto maduro (CMD) os acessos 408, 442, 443 e IFV apresentaram colorações lilás/marrom/verde (mistura de cores) e vermelho escuro, respectivamente. Porém, os acessos 442 e 443 exibem a ATP fora do mercado do padrão do mercado de pimenteiras ornamentais em vaso, tornando esses genótipos indesejáveis.

No que diz respeito ao formato do fruto (FOF), os acessos 403, 408, 414.2, 431, 436, 442, 443 e Canudos demonstraram FOF triangular, os acessos 404, 407, 429, 435, 439 e IFV obtiveram FOF alongado, enquanto os acessos 410, 411, 414.1, 416 e 423 detiveram FOF classificado como quase redondo, ao passo que o acesso apresentou formato do fruto campanulado e em bloco. Já para a característica forma do ápice do fruto (FAF), os acessos 403, 404, 407, 408, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos e IFV exprimiram FAF apontado, por outro lado os demais acessos exibiram FAF categorizado como sem corte.

CONCLUSÕES

Houve variabilidade para todas as características avaliadas, com exceção para a forma do caule (FCL), número de pétalas (NPT) e forma da corola (FCR), sendo, portanto, os acessos classificados como promissores para utilização em Programas de Melhoramento de Pimenteiras Ornamentais, haja visto a grande variabilidade genética.

Para as características a cor do fruto imaturo (CIM) e cor do fruto maduro (CMD) os acessos 408 e IFV apresentaram cores que atraem muito a atenção dos

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

consumidores, aliadas as arquiteturas compactas que ambas possuem, indicam que esses acessos podem ser promissores.

A caracterização adequada dos acessos de pimenteiras ornamentais demonstrou ser uma ferramenta de grande relevância para a seleção de genótipos que apresentem características desejadas pelo mercado consumidor desse tipo de pimenta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Azevedo AKOS, Medeiros AM, Barroso PA, Costa GN, Lopes ACA and Gomes RLF (2020) Genetic parameters and simultaneous selection using traits of ornamental interest in pepper plants. **Horticultura Brasileira** **38**: 394-399.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM and Sparovek G (2014) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** **22**: 711-728.

Barbosa RI, Luz FJF, Nascimento-Filho HR and Maduro CB (2002) *Capsicum* peppers cultivated in Roraima, Brazilian Amazonia. I. Domestic species. **Acta Amazônica** **32**: 177-132.

Campos MVA, Leão NVM, Shimizu ESC, Freitas ADD and Felipe SHS (2018) Atributos biofísicos de frutos e sementes e emergência de plântulas de Jutaí-Açú. **Enciclopédia Biosfera** **15**: 124-132.

Cardoso R, Ruas CF, Giacomini RM, Ruas PM, Ruas EA, Barbieri RL, Rodrigues RA and Gonçalves LS (2018) Genetic variability in Brazilian *Capsicum* baccatum germplasm collection assessed by morphological fruit traits and AFLP markers. **PLoS one** **13**: 1-15.

Carvalho SIC and Bianchetti LB (2008) Botânica e recursos genéticos. In: Ribeiro CSC, Lopes AC, Carvalho SI, Henz GP, Reifschneider FJB. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 39-51.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

Carvalho SIC and Bianchetti LB (2004) **Sistema de produção de pimentas**. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/botanica.htm>>. Acesso em: Nov. 2022.

Costa LM, Moura NF, Marangoni C, Mendes CE and Teixeira AO (2009) Antioxidant activities of peppers of the genus *Capsicum*. *Food Science and Technology* 29: 1-9.

Costa LV, Lopes MTG, Lopes R and Alves SRM (2008) Polinização e fixação de frutos em *Capsicum chinense* Jacq. **Acta Amazônica** 38: 361-364.

Costa MPSD, Rêgo MM, Silva APG, Rêgo ER and Barroso PA (2015) Characterization and genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp) parents and interspecific hybrids. **Genetics and Molecular Research** 15: 1-12.

Cruz CD (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy** 35: 271-276.

Eshbaugh WH (1993) History and exploitation of a serendipitous new crop discovery. In: Janick J and Simon JE. **New crops**. New York: John Wiley & Sons, 132-139.

Filgueira FAR (2008) **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 421p.

IPGRI - International Plant Genetic Resources Institute (1995) **Descritores para *Capsicum* (*Capsicum* spp)**. Roma: IPGRI, 51p.

Medeiros AM, Rodrigues R, Costa DV, Pimenta S and Oliveira JG (2018) Non-parametric indexes in selecting hybrids of chili pepper. **Horticultura Brasileira** 36: 027-032.

Melo LF, Gomes RLF, Silva VB, Monteiro ER, Lopes ÂCA and Peron AP (2014) Potencial ornamental de acessos de pimenta. **Ciência Rural** 44: 2010-2015.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais

Mendes TDC, Santos JS, Vieira LM, Cardoso DSCP and Finger FL (2011) Influência do dano físico na fisiologia pós-colheita de folhas de taioba. **Bragantia** **70**: 682-687.

Morais GC, Silva LSN, Magalhães LO, Lima LO, Silva MR and Silva RNO (2020) Identificação do potencial ornamental e avaliação de desempenho de genótipos de pimenteiras. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** **7**: 1041-1055.

Neitzke RS, Barbieri RL, Rodrigues WF, Corrêa IV and Carvalho FIF (2010) Dissimilaridade genética entre acessos de pimenta com potencial ornamental. **Horticultura Brasileira** **28**: 47-53.

Pinheiro FS, Lyra GB, Abreu MC, Arthur Junior JC, Silva LDB, Lyra GB and Santos EO (2020) Leaf area of seedlings of urucum (*Bixa orellana* L.) estimated by different methods: a comparative analysis. **Ciência Florestal** **30**: 885-897.

Pinto CMF, Santos IC and Pinto FA (2011) Importância sócio-econômica da pimenta (*Capsicum* spp.). In: Rêgo ER, Finger FL and Rêgo MM. **Produção, genética e melhoramento de pimentas (Capsicum spp.)**. Recife: Imprima, 11-52.

Pozzobon MT, Schifino-Wittmann MT and Bianchetti LDB (2005) Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (*Solanaceae*) species: do $x = 12$ and $x = 13$ represent two evolutionary lines. **Botanical Journal of the Linnean Society** **151**: 259-269.

Rêgo ER and Rêgo MM (2016) Genetics and breeding of chili pepper *Capsicum* spp. In: Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL. **Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp.)**. Switzerland: Springer International Publishing, 1-129.

Rêgo ER, Finger FL and Rêgo MM (2012) Consumption of pepper in Brazil and its implications on nutrition and health of humans and animals. In: Peppers: **Nutrition, Consumption and Health**. New York: Nova Science Publishers, 159-170.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais

Rêgo ER, Nascimento NFF, Nascimento MF, Santos RM, Leite PSS and Finger FL (2011) Caracterização fenotípica para caracteres de porte em família F₂ de pimenteiras ornamentais. **Horticultura Brasileira** **29**: 2909-2916.

Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL (2016) **Production and Breeding of Chilli Peppers (*Capsicum spp.*)**. Switzerland: Springer International Publishing, 134p.

Rêgo ER, Rêgo MM, Finger FL, Cruz CD and Casali VWD (2009) A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). **Euphytica** **168**: 275-287.

Rêgo ER, Rêgo MM, Finger FL, Nascimento NFF, Nascimento MF and Santos RCM (2013) Brazilian ornamental pepper breeding program: a consortium among universities, small farmers and government agencies. In: Meeting on genetics and breeding of *Capsicum* and eggplant. **Eucarpia** **15**: 431-434.

Reifschneider FJB (2000) ***Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 113p.

Rodrigues R, Bento CD, Pimenta S and Sudré CP (2016) Melhoramento de pimentão e pimentas. In: Nick C, Borém A. **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 221-250

Rufino JLS and Penteado DCS (2006) Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário** **27**: 7-15.

Silva Neto JJ, Rêgo ER, Nascimento MF, Silva Filho VAL, Almeida Neto JX and Rêgo MM (2014) Variabilidade em população base de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.). **Revista Ceres** **61**: 084-089.

CAPÍTULO III

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM ACESSOS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

RESUMO

As pimenteiras ornamentais são plantas que vem ganhando espaço no segmento ornamental, em especial para vasos. Apesar da sua importância, o Brasil dispõe de poucas cultivares de pimenteiras ornamentais. O estudo da diversidade genética em bancos de germoplasmas são fundamentais para a obtenção de novas cultivares que atendam os anseios do mercado. Dessa forma, o conhecimento da divergência genética permite ao melhorista usar informações importantes para a obtenção de novas cultivares. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a divergência genética e estimar os parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado em Recife. Para o presente trabalho foram utilizados 20 acessos de pimenteiras ornamentais, pertencentes ao banco de germoplasma de *Capsicum*, do IPA, sendo eles: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos e IFV. O experimento foi implantado no delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições. Sendo avaliadas 48 características, as quais os dados serviram de base para estimar as distâncias de Mahalanobis e Gower, além de métodos de agrupamento, análise de componentes principais e parâmetros genéticos. A partir das distâncias de Gower e algumas características os cruzamentos 411 x 403, 411 x 408, 411 x 404, Canudos x 403, Canudos x 408 e Canudos x 404 é possível perceber que são promissores para obtenção de cultivares de interesse do mercado. A herdabilidade ao nível de média e a razão entre o coeficiente de variação genética/ambiental apresentaram valores elevados, indicando haver variância genética com potencial de uso programas de melhoramento para fins ornamentais. Na análise de componentes principais, as características IVE e AP estão entre as que mais contribuíram para a variância dos primeiros componentes principais.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, variabilidade genética, melhoramento genético, Gower, análise de componentes principais.

GENETIC DIVERGENCE AND ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS IN ACCESSES IN ORNAMENTAL PEPPERS

ABSTRACT

Ornamental pepper plants are plants that have been gaining ground in the ornamental segment, especially for pots. Despite its importance, Brazil has few cultivars of ornamental pepper. The study of genetic diversity in germplasm banks is essential for obtaining new cultivars that meet market demands. In this way, knowledge of genetic divergence allows breeders to use important information to obtain new cultivars. Thus, the present work aimed to evaluate genetic divergence and estimate genetic parameters in ornamental pepper accessions. The experiment was carried out in a greenhouse at the Pernambuco Agronomic Institute (IPA), located in Recife. For the present work, 20 accessions of ornamental pepper plants were used, belonging to the *Capsicum* germplasm bank, from the IPA, they are: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos and IFV. The experiment was implemented in a randomized block design, with 4 replications. Being 48 characteristics evaluated, which data served as a basis for estimating the Mahalanobis and Gower distances, in addition to clustering methods, principal component analysis and genetic parameters. Based on the Gower distances and some characteristics of the crosses 411 x 403, 411 x 408, 411 x 404, Canudos x 403, Canudos x 408 and Canudos x 404, it is possible to see that they are promising for obtaining cultivars of interest to the market. Heritability at the average level and the ratio between the coefficient of genetic/environmental variation presented high values, indicating that there is genetic variance with potential for use in breeding programs for ornamental purposes. In the principal components analysis, the IVE and AP characteristics are among those that contributed most to the variance of the first principal components.

Keywords: *Capsicum annuum*, genetic variability, breeding, Gower, principal component analysis.

INTRODUÇÃO

As pimenteiras pertencem a família das Solanaceae, gênero *Capsicum*, o qual detém 38 espécies, todas identificadas no continente americano. Desse total, somente cinco são consideradas domesticadas: *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum* e *Capsicum pubescens* (Barboza et al. 2011, Medeiros et al. 2018).

As pimenteiras são muito usadas nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, além disso, essa cultura vem ganhando espaço no segmento de plantas ornamentais, sendo majoritariamente cultivadas em vasos. Um fator que está favorecendo isso é o fato da ampla variabilidade dentro do gênero *Capsicum*, o que contribui para o desenvolvimento e lançamento de novas cultivares que abrangem as preferências dos consumidores (Junqueira and Peetz 2011, Finger et al. 2012, Rêgo et al. 2012).

Contudo, apesar da sua importância, o Brasil dispõe de poucas cultivares de pimenteiras ornamentais, em relação ao número de genótipos presentes nos vários bancos de germoplasma do gênero *Capsicum*, os quais uma vez caracterizados e avaliados são muito importantes para a escolha dos genitores que serão usados nos programas de melhoramento (Rêgo et al. 2016, MAPA 2023).

Nesse sentido, o estudo da diversidade genética em bancos de germoplasmas são fundamentais para a obtenção de novas cultivares que atendam os anseios do mercado, e uma forma de quantificar essa variabilidade genética passa pela caracterização morfoagronômica, pois o conhecimento dos genótipos usados no melhoramento é imprescindível para o desenvolvimento de cultivares superiores (Guedes et al. 2020, Aquino et al. 2022). Assim, segundo Rêgo et al. (2013), a caracterização morfoagronômica é a maneira mais prática de se avaliar todo o potencial ornamental e diversidade genética, a qual sendo realizada em conjunto com parâmetros genéticos, em especial com caracteres de alta herdabilidade e com pouca influência do ambiente, aumenta-se consideravelmente a precisão dessa avaliação.

Para o estudo da diversidade genética, são empregadas técnicas de análises multivariadas que permitem a sua quantificação, podendo ser analisadas características agronômicas (quantitativas e qualitativas), morfológicas e moleculares para esta finalidade. Dessa forma, objetivando analisar características

de categorias distintas, Gower (1971) propôs um coeficiente geral de similaridade que é aplicável simultaneamente aos três tipos de características, binárias, multicategóricas e quantitativas. Na prática, os dados referentes as características avaliadas são analisados em conjunto e são expressos em medidas de dissimilaridade, que representam a diversidade entre os genótipos estudados (Cruz et al. 2012, Costa et al. 2020, Nascimento et al. 2021).

O conhecimento da divergência genética permite compreender o grau de seleção da variabilidade genética das populações e embasa a seleção de genitores geneticamente mais divergentes, os quais poderão ser cruzados, cujas progênes aumentam a probabilidade de obter genótipos superiores (Cruz et al. 2020).

Diversos estudos, baseados em características morfoagronômicas quantitativas, demonstraram grande variabilidade existente entre genótipos de pimenteiros ornamentais (*Capsicum annum*), as quais são recomendadas para o uso em programas de melhoramento genético (Mesquita et al. 2016, Fortunato et al. 2019). Além da avaliação de caracteres quantitativos, os qualitativos também são recomendados para inferir a variabilidade genética em pimenteiros ornamentais (Silva et al. 2020).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a divergência genética e estimar os parâmetros genéticos em acessos de pimenteiros ornamentais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), localizado em Recife – Pernambuco. O clima da cidade de Recife, é do tipo Am, de acordo a classificação de Köppen-Geiger, a temperatura média anual é entre 24 a 26 °C, com precipitação pluvial média anual entre 1900 a 2200 mm e altitude próxima de 100 metros (Alvares et al. 2014).

Para o presente trabalho foram utilizados 20 acessos de pimenteiros ornamentais, pertencentes ao banco de germoplasma de *Capsicum*, do IPA, sendo eles: 403, 404, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439, 442, 443, Canudos e IFV. O experimento foi implantado no delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições. A parcela foi constituída por cinco plantas, sendo a parcela útil composta pelas três plantas centrais. No entanto,

para as características relacionadas a germinação, a parcela experimental foi constituída por 60 plântulas, sendo a parcela útil formada pelas 40 plântulas centrais.

As sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, tendo como substrato o pó-de-coco, o qual foi previamente lavado, peneirado e esterilizado a 121 °C por 2 horas a pressão de 1,2 Kgf/cm², em autoclave vertical modelo AV 75, da marca Phoenix (Silva Júnior et al. 2010).

As plantas foram irrigadas conforme necessidade hídrica com solução nutritiva elaborada com base em Furlani et al. (1999), com a seguinte composição em g/1000 L: 1000 g de nitrato de cálcio; 1250 g de nitrato de potássio; 250 g de MKP; 500 g de sulfato de magnésio; 1,5 g de ácido bórico; 25 g quelatec AZ; 25 g de ultraferro; 110 g cloreto de potássio e 150 g de sulfato de potássio. Na fase de muda, a solução foi diluída até que a condutividade elétrica (CE) apresentasse o valor de 0,6 dS.m⁻¹, sendo esse valor aumentado regularmente até atingir o número de 1,4 dS.m⁻¹, na fase de crescimento.

Aos 30 dias após o semeio (DAS), as plântulas foram avaliadas para os seguintes caracteres quantitativas: Percentagem de emergência (PE), em %; Altura de plântula (AP), em cm; Diâmetro do colo da plântula (DC), em mm; Índice de velocidade de emergência (IVE), adimensional; Tempo médio de emergência (TME), em dias/sementes.

Em seguida as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade volumétrica de 800 ml com o substrato pó-de-coco. O manejo fitossanitário foi realizado de modo preventivo durante todo ciclo da cultura, com o intuito de minimizar os danos causados por pragas e doenças.

Até o final do ciclo, foram realizadas as avaliações recomendadas para o gênero *Capsicum* pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995), as quais foram as seguintes características quantitativas: Altura de planta (ATP), em cm; Relação planta/vaso (RPV), adimensional; Diâmetro da copa (DCP), em cm; Altura da primeira brotação (APB), em cm; Diâmetro do caule (DCL), em mm; Comprimento de folha (CFL), em mm; Largura de folha (LFL), em mm; Comprimento de antera (CAT), em mm; Início de florescimento (IFC), em dias; Diâmetro da corola (DCR), em mm; Comprimento de filete (CFT), em mm; Comprimento de fruto (CFR), em mm; Maior diâmetro do fruto (MDF), em mm; Menor diâmetro do fruto (MEF), em mm; Comprimento do pedúnculo (CPD), em mm; Espessura do pericarpo (EPC), em

mm; Comprimento da placenta (CPT), em mm; Massa fresca média do fruto (MFF), em g; Massa seca média do fruto (MSF), em g; Percentagem de água (PAG), em %; Número de sementes por fruto (NSF), em unidade; Início da frutificação (IFT), em dias; Número de frutos (NFR), em unidade; Peso médio de fruto (PMF), em g.

Como também as seguintes características qualitativas: Cor do caule (CCL), adimensional; Presença de antocianina no nó (PAN), adimensional; Pubescência do caule (PCL), adimensional; Hábito de crescimento (HCR), adimensional; Densidade de ramificação (DRM), adimensional; Densidade de folha (DFL), adimensional; Cor da folha (CFH), adimensional; Formato da folha (FFL), adimensional; Cor da corola, (CCR), adimensional; Cor da antera (CAR), adimensional; Cor do filete (CFI), adimensional; Posição da flor (PFL), adimensional; Número de lóculos (NLC), em unidade; Manchas de antocianina no fruto (MAT), adimensional; Cor do fruto imaturo (CIM), adimensional; Cor do fruto intermediário (CID) adimensional; Cor do fruto maduro (CMD), adimensional; Formato do fruto (FOF), adimensional; Forma do ápice do fruto (FAF), adimensional.

Os dados referentes as médias das características quantitativas foram submetidas a análise de variância onde se obteve a matriz de covariância residual, a qual foi empregada na análise multivariada para obter a medida de dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2), que por sua vez foi usada para a análise de divergência genética, sendo utilizados dois métodos de agrupamento, o método de otimização de Tocher e o método hierárquico UPGMA (Ligação Média Entre Grupos).

Foi adotado como critério de ponto de corte para determinação do número de grupos em cada agrupamento a proposta de Mojena (1977), a qual é expressa pela seguinte equação:

$$PC = \hat{\mu}_\alpha + k\hat{\sigma}_\alpha$$

em que:

PC = Ponto de corte do dendrograma determinado para a identificação do número de grupos;

$\hat{\mu}_\alpha$ = Média dos pontos de fusão;

$\hat{\sigma}_\alpha$ = Desvio padrão dos pontos de fusão entre dois grupos presentes no dendrograma;

k = É uma constante estabelecida arbitrariamente, sendo $k = 1,25$, utilizada de acordo com o proposto por Milligan and Cooper (1985).

Também foi aplicada a técnicas de análise de componentes principais (PCA) para identificar as características que mais contribuíram para a variabilidade genética.

Além disso, foram estimados os parâmetros genéticos de herdabilidade ao nível de média de acessos (h^2m) e a razão coeficiente de variação genética / coeficiente de variação ambiental (CVg/CVe), conforme detalhado nas equações abaixo, segundo Cruz (2006) e Cruz et al. (2012).

$$h^2m = \frac{\hat{\sigma}_f^2 - \hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

em que:

h^2m = Herdabilidade ao nível de média de acessos

$\hat{\sigma}_f^2$ = Variância fenotípica (quadrado médio de acessos)

$\hat{\sigma}_e^2$ = Variância ambiental (quadrado médio de resíduo)

$$razão = \frac{CVg}{CVe}$$

em que:

CVg = Coeficiente de variação genética

CVe = Coeficiente de variação ambiental

$$CVg = 100 \times \left(\frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{m} \right)$$

em que:

$\hat{\sigma}_g^2$ = Variância genotípica média (($QM_{acesso} - QM_{resíduo}$)/ r)

m = Média geral

r = Repetição

$$CVe = 100 \times \left(\frac{\sqrt{QM_r}}{m} \right)$$

em que:

QMr = Quadrado médio do resíduo

A determinação da distância genética entre as características qualitativas e quantitativas foi realizada por meio do algoritmo de Gower (1971), expresso da seguinte maneira:

$$S_{ijk} = \frac{\sum_{k=1}^P W_{ijk} \cdot S_{ijk}}{\sum_{k=1}^P W_{ijk}}$$

em que: K é o número de variáveis ($k = 1, 2, \dots$; p = número total de características avaliadas); i e j , dois indivíduos quaisquer; W_{ijk} é um peso dada a comparação ijk , atribuindo valor 1 para comparações válidas e valor 0 para comparações inválidas (quando o valor da variável está ausente em um ou ambos indivíduos); S_{ijk} é a contribuição da variável k na similaridade entre os indivíduos i e j , possuindo valores entre 0 e 1. Para uma variável nominal, se o valor da variável k é a mesma para ambos os indivíduos, i e j , então $S_{ijk} = 1$, caso contrário, é igual a 0; para uma variável contínua $S_{ijk} = 1 - |x_{ik} - x_{jk}| / R_k$ em que x_{ik} e x_{jk} são os valores da variável k para os indivíduos i e j , respectivamente, e R_k é a amplitude de variação da variável k na amostra. A divisão por R_k tem como função a eliminação das diferenças entre as escalas das variáveis, produzindo um valor dentro do intervalo [0, 1] e pesos iguais.

Em seguida, foram utilizados dois métodos de agrupamento, o método de otimização de Tocher e o método hierárquico UPGMA (Ligação Média Entre Grupos). Para ambos os métodos foi utilizado para indicação do ponto de corte no dendrograma a constante $k = 1,25$ (Milligan and Cooper 1985).

Todas as análises realizadas foram feitas pelo programa Genes (Cruz 2013, Cruz 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os resultados das análises referentes as características quantitativas, foi possível observar a formação de seis grupos entre os genótipos

estudados, pelo método de otimização de Tocher (Tabela 01), posicionando os acessos 442 e 443 no grupo 1, os acessos 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424 e 436 no grupo 2, os acessos 407, 429, 431, 435, 439 e IFV no grupo 3, os acessos 403 e 408 no grupo 4, o acesso 404 no grupo 5 e o Acesso Canudos no grupo 6.

Tabela 01. Agrupamento de 20 genótipos de pimenteiros ornamentais (*Capsicum annuum*) pelo método de Tocher, a partir da distância generalizada de Mahalanobis de 29 características quantitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.

Grupo	Acessos
1	442, 443
2	410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424, 436
3	407, 429, 431, 435, 439, IFV
4	403, 408
5	404
6	Canudos

O número de grupos formados pelo método Tocher (Tabela 01) foi muito semelhante ao encontrado por Silva Neto (2014), em que estudando a variabilidade em população base de pimenteiros ornamentais com 54 acessos, por meio de 10 características quantitativas, encontraram a formação de 8 grupos. Enquanto Pessoa et al. (2015), avaliou 99 genótipos por meio de 12 características quantitativas e obteve a formação de apenas três grupos. Assim, é possível inferir que há enorme variabilidade genética entre os 20 acessos analisados no presente estudo, visto que um número pequeno de acessos avaliados fora agrupado em mais grupos, quando comparado aos dados obtidos por Pessoa et al. (2015).

Na figura 01, encontra-se o dendrograma de dissimilaridade dos acessos de pimenta avaliados, é possível observar a formação de quatro grupos, tendo no primeiro grupo os acessos 442 e 443, no segundo grupo os acessos 403, 407, 408, 410, 411, 414.1, 414.2, 416, 423, 424 e 436, no terceiro grupo o acesso Canudos e no quarto grupo os acessos 404, 429, 431, 435, 439 e IFV.

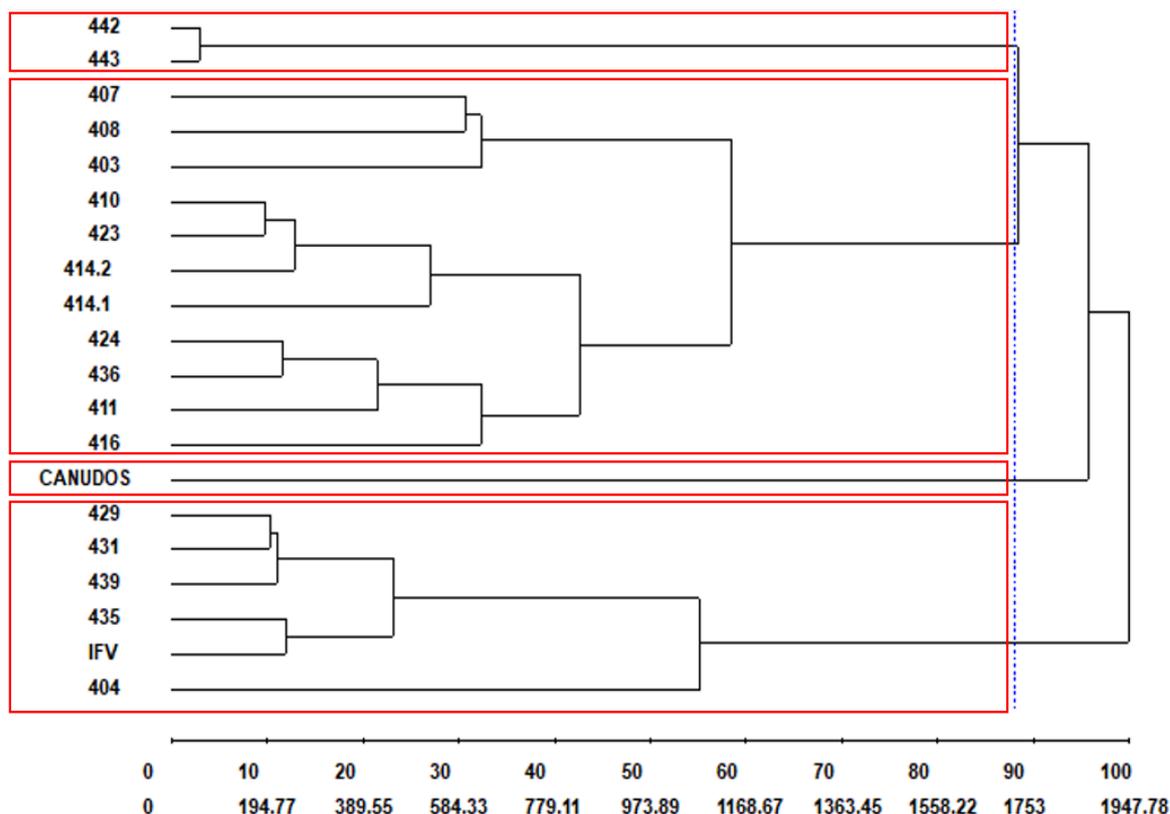


Figura 01. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 20 genótipos de pimenteiros ornamentais (*Capsicum annuum*), obtido pelo método de agrupamento UPGMA, a partir da distância generalizada de Mahalanobis de 29 características quantitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.

Resultado semelhante foi observado por Silva et al. (2020), que estudando a diversidade genética em 11 genótipos de *Capsicum annuum* obteve pelo método de UPGMA, por meio da distância de Mahalanobis com base em nove descritores quantitativos, a formação de cinco grupos, contudo o ponto de corte foi diferente com valor aproximado de 34 %, enquanto o presente estudo esse valor foi de 90 %, pelo método de Mojena (1977) e com $k = 1,25$, proposto por Milligan and Cooper (1985).

Considerando as distâncias apresentadas na Figura 01 e as características de interesse do mercado, as quais incluem a altura de planta, diâmetro da copa, posição de flor e cores dos frutos os cruzamentos 404 x 403, 404 x 410, 404 x 436 e 404 x 411 são promissores para obter cultivares superiores.

Na análise da formação dos grupos pelo método de Tocher (Tabela 01) e pelo método UPGMA (Figura 01), ambos com base em características quantitativas, foram formados seis e quatro grupos, respectivamente. No UPGMA apenas um

grupo é formado por 2 acessos, os outros grupos possuem mais acessos, apresentando uma quantidade aproximada entre esses grupos, já no Tocher, esse cenário se inverte, em que quatro grupos possuem 2 acessos ou menos, e dois grupos englobam 14 acessos.

Com relação a análise de componentes principais (Tabela 02), os cinco primeiros componentes principais explicam 81,06 % de toda variância do conjunto de dados, sendo que as principais características que mais contribuíram para essa variância foram: massa fresca média do fruto (MFF), relação planta/vaso (RPV), comprimento da placenta (CPT), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântula (AP), as quais obtiveram os maiores valores absolutos. Esse percentual superou o índice estabelecido por Cruz (2006), que é de no mínimo 80 %. Por outro lado, seguindo o critério de Jolliffe (1972), o qual recomenda a exclusão das características de maior valor absoluto para os componentes principais em que contém os autovalores acumulado entre 95 a 100 %, ou seja, os últimos 5 % dos autovalores. Assim, por esse critério, poder-se-ia excluir as características de diâmetro do caule (DCL), percentagem de emergência (PE), altura da primeira brotação (APB), diâmetro da corola (DCR), início de florescimento (IFC), espessura do pericarpo (EPC) e início da frutificação (IFT), pois a exclusão dessas características não acarretaria em alterações significativas dos resultados.

Tabela 02. Estimativas das variâncias (autovalor λ_j), percentagem das estimativas das variâncias (autovalor λ_j (%)), variância acumulada (%) e autovetores das 29 características quantitativas avaliadas em 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*). Recife-PE, Brasil, 2023.

CP ¹	Autovalores			Autovetores	
	λ_j	λ_j (%)	Variância acumulada (%)	Maior ³	Característica
1	8,0205	27,6572	27,6572	0,3150	MFF ²
2	6,5575	22,6123	50,2695	0,3378	RPV
3	4,5474	15,6808	65,9503	0,3945	CPT
4	2,3548	8,1202	74,0705	-0,4088	IVE
5	2,0289	6,9963	81,0668	0,4915	AP
6	1,5247	5,2578	86,3246	-0,4121	MSF
7	1,2785	4,4088	90,7334	0,5010	CAT

8	0,8199	2,8273	93,5607	0,3778	DCL
9	0,5064	1,7462	95,3069	0,3937	DCL
10	0,4080	1,4069	96,7138	0,4076	PE
11	0,2854	0,9842	97,6980	0,3703	APB
12	0,2590	0,8932	98,5912	-0,5278	DCR
13	0,1307	0,4509	99,0421	-0,4488	PE
14	0,1115	0,3847	99,4268	-0,4561	IFC
15	0,0650	0,2243	99,6511	0,4558	IFC
16	0,0451	0,1555	99,8066	0,4689	EPC
17	0,0392	0,1354	99,9420	0,4553	IFT
18	0,0090	0,0312	99,9732	0,3992	APB
19	0,0074	0,0268	100,0000	0,3472	APB

^{1/} Componente principal (CP). ^{2/} Massa fresca média do fruto (MFF), Relação planta/vaso (RPV), Comprimento da placenta (CPT), Índice de velocidade de emergência (IVE), Altura de plântula (AP), Massa seca média do fruto (MSF), Comprimento de antera (CAT), Diâmetro do caule (DCL), Percentagem de emergência (PE), Altura da primeira brotação (APB), Diâmetro da corola (DCR), Início de florescimento (IFC), Espessura do pericarpo (EPC), Início da frutificação (IFT). ^{3/} Maior valor absoluto.

No trabalho realizado por Rêgo et al. (2013), verificaram que 80 % da variância dos autovalores acumulados foram atingidos no quarto componente principal, fato este semelhante ao encontrado no presente trabalho, em que esse percentual de 80% foi alcançado no quinto componente principal. Também é oportuno perceber que a característica que mais contribuiu com os quatro primeiros componentes principais da pesquisa de Rêgo et al. (2013), foi o caracter comprimento de antera (CAT), diferentemente do presente estudo que revelou que as características que mais contribuíram para a variância dos autovalores foram as variáveis massa fresca média do fruto (MFF), relação planta/vaso (RPV), comprimento da placenta (CPT), índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântula (AP).

A herdabilidade ao nível de média (h^2m) indica a porção de natureza genética herdável da variação fenotípica, evidenciando grande possibilidade dos genes serem transmitidos para as gerações futuras, desse modo, quanto maior o valor da herdabilidade menor é a influência do ambiente na expressão da característica, servindo de importante parâmetro para o melhoramento genético (Ramalho et al.

2012, Costa et al. 2018, Tambarussi et al. 2018). A razão coeficiente de variação genética/coeficiente de variação ambiental (CV_g/CV_e), segundo Cruz et al. (2012) essa razão pode ser indicadora da variabilidade genética. Quando essa razão é superior a 1, ela evidencia a predominância de fatores genéticos sobre os fatores ambientais, sendo um parâmetro de grande relevância em programas de melhoramento genético (Pessoa et al. 2018, Santana et al. 2020).

Nesse contexto, na Tabela 03 são apresentadas as estimativas de herdabilidade ao nível de média de acessos (h^2_m) e razão coeficiente de variação genética/coeficiente de variação ambiental (CV_g/CV_e). Os maiores valores de herdabilidade foram obtidos para as características de comprimento de fruto (CFR), comprimento da placenta (CPT), altura de planta (ATP) e relação planta/vaso (RPV) com herdabilidades, com valores acima de 99. Por outro lado, a característica com o menor valor foi visualizada na percentagem de emergência (PE), abaixo de 85. Essas mesmas características apresentaram o mesmo comportamento obtidos nas estimativas de herdabilidade para a razão do coeficiente de variação genética/coeficiente de variação ambiental, em que as variáveis comprimento de fruto (CFR) (5,92), comprimento da placenta (CPT) (5,33), altura de planta (ATP) (5,30) e relação planta/vaso (RPV) (5,30) atingiram os maiores valores, enquanto que para a percentagem de emergência (PE) (1,17) apresentou o menor valor, explicitando haver relação direta entre herdabilidade ao nível de média de acessos (h^2_m) e razão coeficiente de variação genética/coeficiente de variação ambiental (CV_g/CV_e), sendo esse fenômeno observado por Pessoa et al. (2018) e Santana et al. (2020).

Tabela 03. Estimativas de herdabilidade ao nível de média de acessos (h^2_m) e razão coeficiente de variação genética/coeficiente de variação ambiental (CV_g/CV_e) referentes a 29 características quantitativas avaliadas em 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*). Recife-PE, Brasil, 2023.

Característica	h^2_m	CV_g/CV_e
Altura de plântula (AP)	98,78	4,49
Diâmetro do colo da plântula (DC)	92,74	1,79
Percentagem de emergência (PE)	84,61	1,17
Índice de velocidade de emergência (IVE)	92,09	1,71

Tempo médio de emergência (TME)	96,25	2,53
Altura de planta (ATP)	99,12	5,30
Relação planta/vaso (RPV)	99,12	5,30
Diâmetro da copa (DCP)	97,26	2,98
Altura da primeira brotação (APB)	95,60	2,33
Diâmetro do caule (DCL)	93,50	1,90
Comprimento de folha (CFL)	96,80	2,75
Largura de folha (LFL)	98,56	4,14
Comprimento de antera (CAT)	96,78	2,74
Início de florescimento (IFC)	94,55	2,08
Diâmetro da corola (DCR)	97,39	3,05
Comprimento de filete (CFT)	97,46	3,09
Comprimento de fruto (CFR)	99,29	5,92
Maior diâmetro do fruto (MDF)	97,77	3,31
Menor diâmetro do fruto (MEF)	96,02	2,46
Comprimento do pedúnculo (CPD)	95,95	2,43
Espessura do pericarpo (EPC)	97,39	3,06
Comprimento da placenta (CPT)	99,13	5,33
Massa fresca média do fruto (MFF)	97,00	2,84
Massa seca média do fruto (MSF)	97,46	3,09
Porcentagem de água (PAG)	97,94	3,45
Número de sementes por fruto (NSF)	94,76	2,13
Início da frutificação (IFT)	96,18	2,51
Número de frutos (NFR)	98,35	3,86
Peso médio de fruto (PMF)	95,90	2,42

No tocante a análise de agrupamento pelo método de Tocher, que foi construído pelas distâncias de Gower, com base em características quantitativas e qualitativas (Tabela 04), pode-se visualizar a formação de 6 grupos, sendo o grupo 1 composto com os acessos 442 e 443, o grupo 2 pelos acessos 403, 407, 429, 431, 435, 439 e IFV, o grupo 3 com os acessos 410, 414.1 e 414.2, o grupo 4 através dos acessos 411 e Canudos, o grupo 5 pelos acessos 416, 423, 424 e 436; já o grupo 6 é constituído pelos acessos 404 e 408.

Tabela 04. Agrupamento de 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*) pelo método de Tocher, a partir das distâncias do algoritmo de Gower (1971), analisando 48 características quantitativas e qualitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.

Grupo	Acessos
1	442, 443
2	403, 407, 429, 431, 435, 439, IFV
3	410, 414.1, 414.2
4	411, CANUDOS
5	416, 423, 424, 436
6	404, 408

Comparando o agrupamento pelo método de Tocher tanto para as características quantitativas (Tabela 01) quanto para as características quantitativas e qualitativas (Tabela 04), é notório a formação do mesmo número de grupos, no entanto na Tabela 04 houve uma distribuição mais uniforme dos acessos entre os grupos, gerando uma formação de grupos mais equilibrada. Esse comportamento foi diferente ao encontrado por Rêgo et al. (2012), em que avaliando os descritores quantitativos e multicategóricos para variabilidade fenotípica em pimentas ornamentais observaram que no agrupamento pelo método de Tocher com características quantitativas e qualitativas que houve a formação de mais grupos, quando comparados com o agrupamento apenas com dados quantitativos.

Na Figura 02, houve a formação de 3 grupos, sendo o primeiro grupo constituído pelos acessos 442 e 443, o segundo grupo pelos acessos 403, 404, 407, 408, 414.2, 416, 423, 424, 429, 431, 435, 436, 439 e IFV, já o terceiro grupo é composto pelos acessos 410, 414.1, 411 e Canudos.

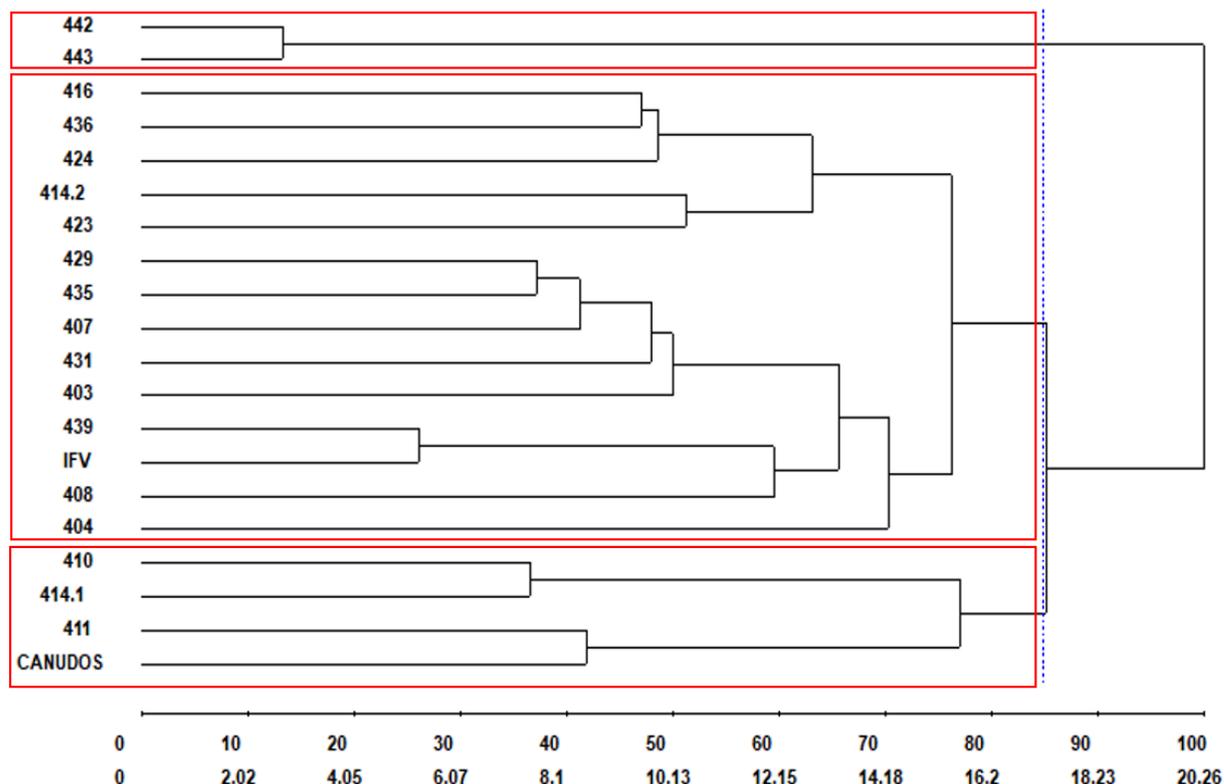


Figura 02. Dendrograma de dissimilaridade genética entre 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*), obtido pelo método de agrupamento UPGMA, a partir das distâncias do algoritmo de Gower (1971), considerando de 48 características quantitativas e qualitativas. Recife-PE, Brasil, 2023.

Essa quantidade de grupos formados foi diferente da quantidade constatada por Silva et al. (2020), em que utilizando-se a distância de Gower para variáveis qualitativas e quantitativas avaliadas conjuntamente, verificou-se a formação de 5 grupos, tendo como ponto de corte o valor de 33 %, enquanto no presente estudo esse valor foi de 84 %, sendo o valor decisivo para a formação dos grupos.

Analisando as distâncias demonstradas na Figura 02, na qual contém as distâncias do algoritmo de Gower (1971) a partir de características quantitativas e qualitativas, como também algumas características buscadas pelo mercado, é possível indicar cruzamentos potenciais, sendo eles os 411 x 403, 411 x 408, 411 x 404, Canudos x 403, Canudos x 408 e Canudos x 404. Desses cruzamentos pode resultar na obtenção de cultivares superiores.

Observando a formação dos grupos pelo método de Tocher (Tabela 04) e pelo método UPGMA (Figura 02), ambos com base em características quantitativas e qualitativa, é notório a formação de seis grupos pelo método de Tocher e três

gupos pelo método UPGMA. No UPGMA apenas dois grupos são constituídos por 18 acessos, enquanto no Tocher há uma distribuição mais uniforme dos acessos entre os grupos.

Para a análise de componentes principais com base em características quantitativas e qualitativas (Tabela 05), é perceptível que o índice de 80 % da variância dos autovalores acumulados (Cruz 2006) é atingido nos sétimos componentes principais com 83,99 %, sendo as características de número de lóculos (NLC), diâmetro da corola (DCR), forma do ápice do fruto (FAF), cor da folha (CFH), índice de velocidade de emergência (IVE), altura de plântula (AP) e pubescência do caule (PCL) as que mais contribuíram para essa variância, o que demonstra a importância de tais características nas etapas de seleção dos programas de melhoramento genético.

Tabela 05. Estimativas das variâncias (autovalor λ_j), percentagem das estimativas das variâncias (autovalor λ_j (%)), variância acumulada (%) e autovetores de 48 características quantitativas e qualitativas avaliadas em 20 genótipos de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*). Recife-PE, Brasil, 2023.

CP ¹	Autovalores			Autovetores	
	λ_j	λ_j (%)	Variância acumulada (%)	Maior ³	Característica
1	11.6189	24.2060	24.2060	0,2507	NLC ²
2	7.5598	15.7497	39.9557	0,2815	DCR
3	6.4288	13.3934	53.3491	0,3168	FAF
4	6.0056	12.5117	65.8608	0,3294	CFH
5	3.4325	7.1510	73.0118	0,3422	IVE
6	2.7099	5.6457	78.6575	0,4510	AP
7	2.5623	5.3381	83.9956	0,3786	PCL
8	1.7354	3.6154	87.6110	-0,2866	CFT
9	1.3851	2.8856	90.4966	0,3450	FOF
10	1.0837	2.2577	92.7543	0,3201	DC
11	0.7779	1.6206	94.3749	0,4193	CAT
12	0.6972	1.4526	95.8275	0,4283	HCR
13	0.6765	1.4093	97.2368	0,3250	PAN
14	0.3819	0.7957	98.0325	-0,4089	FAF
15	0.3751	0.7816	98.8141	0,3681	PFL
16	0.2497	0.5203	99.3344	0,3602	PFL
17	0.1548	0.3225	99.6569	0,4238	PFL
18	0.1012	0.2108	99.8677	0,4103	NSF
19	0.0629	0.1323	100.0000	0,3646	CID

^{1/} Componente principal (CP). ^{2/} Número de lóculos (NLC), Diâmetro da corola (DCR), Forma do ápice do fruto (FAF), Cor da folha (CFH), Índice de velocidade de emergência (IVE), Altura de plântula (AP), Pubescência do caule (PCL), Comprimento de filete (CFT), Formato do fruto (FOF), Diâmetro do colo da plântula (DC), Comprimento de antera (CAT), Hábito de crescimento (HCR), Presença de antocianina no nó (PAN), Posição da flor (PFL), Número de sementes por fruto (NSF), Cor do fruto intermediário (CID). ^{3/} Maior valor absoluto.

Segundo critério de Jolliffe (1972), que recomenda a exclusão das características de maior valor absoluto para os componentes principais que se encontram nos últimos 5 % dos autovalores acumulados, as características hábito de crescimento (HCR), presença de antocianina no nó (PAN), forma do ápice do fruto (FAF), posição da flor (PFL), número de sementes por fruto (NSF) e cor do fruto intermediário (CID) são as indicadas para serem excluídas, pois essas características pouco contribuem para a expressão da variância.

Verificando a Tabela 02 e a Tabela 05, observa-se que as características índice de velocidade de emergência (IVE) e altura de plântula (AP) estão entre as características que mais contribuíram para a variância dos primeiros componentes principais, tanto na análise a partir das características quantitativas (Tabela 02), quanto na análise com variáveis quantitativas e qualitativas, conjuntamente (Tabela 05), indicando que essas características atribuem uma forte variância, podendo ser usadas para seleção em programas de melhoramento genético.

CONCLUSÕES

A partir das distâncias de Gower e algumas características os cruzamentos 411 x 403, 411 x 408, 411 x 404, Canudos x 403, Canudos x 408 e Canudos x 404 são promissores para obtenção de cultivares de interesse do mercado.

O uso da herdabilidade ao nível de média e a razão entre o coeficiente de variação genética/ambiental foram instrumentos eficazes para demonstrar a variabilidade genética entre os acessos estudados, em que para ambos os parâmetros todas as características exibiram valores elevados. Isso indicando haver variância genética com potencial de uso programas de melhoramento para fins ornamentais.

Na análise de componentes principais (PCA), a partir das características quantitativas, como também para as quantitativas e qualitativas juntas, as características IVE e AP estão entre as que mais contribuíram para a variância dos

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais

primeiros componentes principais, indicando que essas características podem ser usadas para seleção indireta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM and Sparovek G (2014) Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** **22**: 711-728.

Aquino HF, Medeiros JE, Carvalho Filho JLS, Ribeiro CMCM, Maciel MIS and Dantas JRF (2022) Morpho-agronomic characterization and genetic divergence among pepper accessions. **Revista Ceres** **69**: 187-194.

Barboza GE, Agra M, Romero MV, Scaldaferrero MA and Moscone EA (2011) New endemic species of *Capsicum* (Solanaceae) from the Brazilian Caatinga: comparison with the re-circumscribed *C. parvifolium*. **Systematic Botany** **36**: 768-778.

Costa KDS, Oliveira TRA, Santos AMM, Nascimento MR, Silva AMF and Carvalho Filho JLS (2018) Parâmetros genéticos de famílias F_{2:3} de tomateiro para resistência à *Ralstonia pseudosolanacearum* e *Ralstonia solanacearum*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** **13**: 52-57.

Costa LS, Silva LSN, Silva Filha CMR, Santos JFF and Silva RNO (2020) Caracterização de genótipos de *Capsicum* spp. por técnicas multivariadas no sul do Piauí. **Brazilian Journal of Development** **6**: 97371-97385.

Cruz AD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: Editora UFV, 514p.

Cruz CD (2006) **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: Editora UFV, 285p.

Cruz CD (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** **35**: 271-276.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

Cruz CD (2016) Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum 38**: 547-552.

Cruz CD, Ferreira FM and Pessoni LA (2020) **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: Editora UFV, 626p.

Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 514p.

Finger FL, Segatto FB, Barbosa JG, Pires T and Pinto CMF (2012) Effects of ethylene on the post-production of potted ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). **Acta Horticulturae 1000**: 17-22.

Fortunato FLG, Rêgo ER, Carvalho MG, Santos CAP and Rêgo MM (2019) Genetic diversity in ornamental pepper plants. **Comunicata Scientiae 10**: 364-375.

Furlani PR, Silveira LCP, Bolonhezi D and Faquim V (1999) **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. 52p.

Gower JC (1971) A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics 27**: 857-874.

Guedes JFS, Rêgo ER, Pessoa AMS, Souza KN and Rêgo MM (2020) Caracterização da variabilidade fenotípica de planta em geração F₅ de pimenteira ornamental (*Capsicum annuum* L.). **Agropecuária Técnica 41**: 47-53.

IPGRI - International Plant Genetic Resources Institute (1995) **Descritores para *Capsicum* (*Capsicum spp.*)**. Roma: IPGRI. 51p.

Jolliffe IT (1972) Discarding variables in a principal component analysis. I. Artificial data. **Applied Statistics 21**: 160-173.

Junqueira AH and Peetz MS (2011) **Balanço do comércio exterior da floricultura Brasileira**. Hórtica: Boletim Técnico, 1-7.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamental

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2023) **CultivarWeb**. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php?txt_ordem=&txt_nome_comum=pimenta&postado=1&acao=pesquisar>.

Medeiros AM, Rodrigues R, Costa DV, Pimenta S and Oliveira JG (2018) Non-parametric indexes in selecting hybrids of chili pepper. **Horticultura Brasileira** **36**: 027-032.

Mesquita JCP, Rêgo ER, Silva AR, Silva Neto JJ, Cavalcante LC and Rêgo MM (2016) Multivariate analysis of the genetic divergence among populations of ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.). **African Journal of Agricultural Research** **11**: 4189-4194.

Milligan GW and Cooper MC (1985) An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika** **50**: 159-179.

Nascimento MF, Araújo FF, Santos RMC, Finger FL and Bruckner CH (2021) Genetic diversity in *Capsicum* and *Solanum* genotypes based on morphoagronomic characters. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** **16**: 1-7.

Mojena R (1977) Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal** **20**: 359-363.

Pessoa AMS, Rêgo ER, Barroso PA and Rêgo MM (2015) Genetic Diversity and Importance of Morpho-Agronomic Traits in a Segregating F₂ Population of Ornamental Pepper. **Acta Horticulturae** **1087**: 195-200.

Pessoa AMS, Rêgo ER, Carvalho MG, Santos CAP and Rêgo MM (2018) Genetic diversity among accessions of *Capsicum annuum* L. through morphoagronomic characters. **Genetics and Molecular Research** **17**: 1-15.

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais

Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos JB and Nunes JAR (2012) **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. Lavras: Editora UFLA, 522p.

Rêgo ER, Finger FL and Rêgo MM (2012) Consumption of pepper in Brazil and its implications on nutrition and health of humans and animals. In: Salazar MA and Ortega JM. **Pepper: nutrition, consumption and health**. Londres: Nova Science Publishers, 159-170.

Rêgo ER, Rêgo MM and Finger FL (2016) **Production and breeding of chilli peppers (*Capsicum spp.*)**. Switzerland: Springer, 134p.

Rêgo ER, Rêgo MM, Finger FL, Nascimento NFF, Nascimento MF and Santos RMC (2013) Brazilian ornamental pepper breeding program: a consortium among universities, small farmers and government agencies. In: Meeting on genetics and breeding of *Capsicum* and eggplant. **Eucarpia 15**: 431-434.

Santana SR, Silva DJH, Bhering LL, Gomes RS, Rosado RDS and Lima PCC (2020) Analysis of agronomic and chemical- Analysis of agronomic and chemical-nutritional variability of fruits in nutritional variability of fruits in Amazon germplasm of *Capsicum chinense*. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 48**: 2198-2214.

Silva Júnior JMT, Mendes Filho PF, Gomes VFF, Guimarães FAV and Santos EM (2010) Desenvolvimento do meloeiro associado a fungos micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias 5**: 54-59.

Silva Neto JJ, Rêgo ER, Nascimento MF, Silva Filho VAL, Almeida Neto JX and Rêgo MM (2014) Variabilidade em população base de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.). **Revista Ceres 61**: 084-089.

Silva LSN, Morais GC, Costa LS, Santos JFF, Silva Filha CMR and Silva RNO (2020) Diversidade genética em genótipos de *Capsicum annuum* L. (Solanaceae)

Silva J (2023) Caracterização morfoagronômica, divergência genética e estimativas de parâmetros genéticos em acessos de pimenteiras ornamentais

promissores para uso ornamental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade 7**: 1165-1174.

Tambarussi EV, Marques EG, Andrejow GMP, Peres FSB and Pereira FB (2018) Análise dialélica na avaliação do potencial de híbridos de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* para a formação de populações de melhoramento. **Scientia Forestalis 46**: 395-403.

ANEXO









