

JAMILE ERICA DE MEDEIROS

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, AGRONÔMICA E ANÁLISE
MULTIVARIADA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI**

RECIFE – PE

2018

JAMILE ERICA DE MEDEIROS

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, AGRONÔMICA E ANÁLISE
MULTIVARIADA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI**

Dissertação 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 grau de Mestre.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Professora Dra. Valderez Pontes Matos – Orientadora – UFRPE

Professor Dr. Antonio Félix da Costa – Coorientador - IPA

RECIFE – PE

2018

Ficha catalográfica

M488c Medeiros, Jamile Erica de.
Caracterização morfológica, agronômica e análise
multivariada de genótipos de feijão-caupi / Jamile Erica de
Medeiros. -- Recife, 2018.
108 f.: il.

Orientador(a): Valderez Pontes Matos.
Coorientador(a): Antonio Félix da Costa.
Dissertação (Mestrado em Agronomia - Melhoramento
Genético de Planta) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Agronomia, Recife, 2018.
Inclui referências.

1. *Vigna unguiculata* 2. Descritores 3. Caracterização
Morfoagronômica 4. Plântulas I. Matos, Valderez Pontes, orient.
II. Costa, Antonio Félix da, coorient. III. Título

CDD 631.53

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA, AGRONÔMICA E ANÁLISE
MULTIVARIADA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI**

JAMILE ERICA DE MEDEIROS

Dissertação a ser defendida e avaliada pela Banca Examinadora em: 21/02/2018.

ORIENTADORA:

Professora Dra. Valderez Pontes Matos – DEPA/UFRPE

EXAMINADORES:

Professor Dr. Jeandson Silva Viana – UFRPE/UAG

Professor Dr. José Luiz Sandes de Carvalho - DEPA/UFRPE

RECIFE – PE, BRASIL

2018

A DEUS por todo Seu amor e bondade concedida à minha vida, pela presença e proteção, e por sempre estar ao meu lado e me dar forças para alcançar meus objetivos.

OFEREÇO

A toda minha família (meu marido Ricardo, meus pais Maria Edna e Jurandir, minhas irmãs Juciane e Jeane e meus sobrinhos Marcos e Júlio), por todo apoio, compreensão, paciência e carinho ao longo dessa jornada.

Em especial a Ricardo, por todas as horas em que compartilhou comigo as lutas e apesar disso, sempre se manteve me incentivando e caminhando ao meu lado, com muito amor e compreensão. Obrigada por ser esse companheiro e amigo maravilhoso!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pelo dom da vida e por toda bondade e misericórdia concedida, abençoando-me com saúde e disposição para elaboração das atividades e por sempre se mostrar fiel na minha vida.

Ao meu amado marido Ricardo com quem sempre pude contar e com quem divido meus sonhos e vida, muito obrigada por todo amor e companheirismo, e demais familiares, minha mãe Maria Edna, meu pai Jurandir, minhas irmãs Jeane e Juciane e sobrinhos Marcos e Júlio, todos, partes fundamentais da minha vida e razão do meu existir. Meu muito obrigada, amo vocês!

À minha orientadora Prof^a Dr^a Valderez Pontes Matos, por toda paciência, dedicação, ensinamentos, amizade e ajuda ao longo dos anos de convivência em laboratório e, em especial, na execução deste trabalho.

Ao meu coorientador Dr. Antonio Félix por todo apoio oferecido, presteza e amizade em sua orientação.

Aos professores e funcionários da Pós-Graduação em Melhoramento Genético de Plantas, os quais fizeram parte, seja diretamente ou indiretamente, do processo para realização desta etapa da minha vida profissional.

A todos meus amigos do Laboratório de Sementes, presentes e já ausentes do mesmo, Jordânia, João, Helder, Herla, Itammar, Lúcia, Elane, Rebeca, Juliana e Romário.

Aos amigos da graduação Girleide, Jéssika, Clarisse, Fernando, Itammar e Igor, que de uma forma ou de outra contribuíram na minha formação, seja pelo apoio ou torcida.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação em Melhoramento Genético de Plantas, em especial aos que levarei a amizade e o carinho como Edilton, Jackeline Terto, Gérsia, Thalysson, Maria Dulcinéia, Allan, João Carlos e, em especial, a Sérgio Alves, com quem pude contar nas avaliações dos experimentos, vivência em campo e sempre esteve disponível para ajudar.

À UFRPE por todos os anos vividos nesta instituição e aos funcionários da Horta, em especial ao técnico agrícola Fabian.

À toda equipe do Laboratório de Acarologia, em especial ao Prof. Dr. Manoel Guedes e minhas amigas Girleide e Vaneska, por todo auxílio e boa vontade em ajudar.

Ao IPA sede e toda equipe Feijão, pela disposição em ajudar e amizade. À Estação Experimental de Itapirema (pertencente a instituição) e seus funcionários por toda a logística e contribuição para efetivação do experimento em campo, em especial ao supervisor da estação Dr. Manoel Américo e o técnico agrícola Leandro Gomes pelo apoio durante a pesquisa em campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo concedida.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

% – Porcentagem

± – Mais ou Menos

ant – Presença de Antocianina

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima

BA – Bahia

CFC – Comprimento do Folíolo Central

cm – Centímetro

CPAMN – Centro de Pesquisa Agropecuária Meio-Norte

CT – Ciclo Total

CV (%) – Coeficiente de Variação (em porcentagem)

CV – Comprimento de Vagem

D^2 – Distância Generalizada de Mahalanobis

G – Germinação

g – Grama

h – Hora/Horas

IG – Índice de Grãos

IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco

IVG – Índice de Velocidade de Germinação

Kg – Quilograma

Kg/ha – Quilograma por Hectare

Km – Quilômetro

LFC – Largura do Folíolo Central

m – Metro

m^2 – Metro Quadrado

mm – Milímetro

NP/PI – Número Pedúnculo por Planta

NS10V - Número de Sementes por Vagem

NV/PI - Número Vagem por Planta

p – Peso Final, igual ao peso do recipiente e sua tampa mais o peso das sementes secas

P – Peso Inicial, correspondendo ao peso do recipiente, sua tampa e as sementes úmidas

P – Produção

P100S – Peso de 100 Sementes
P10V – Peso de 10 Vagens
PA – Pará
PA – Parte Aérea
PC – Primeira Contagem
PE – Pernambuco
PI – Planta
PROD – Produtividade
PS10V – Peso de Sementes de 10 Vagens
R – Raiz Principal
rf – Correlações Fenotípicas
rg – Correlações Genotípicas
ra – Correlações Ambientais (ra)
RN – Rio Grande do Norte
SPD – Single pod descente
SSD – Single seed descente
T – Tara, peso inicial do recipiente com sua tampa, sem as sementes
t.ha⁻¹ – Tonelada por Hectare
TMF – Tempo Médio de Floração
TMG – Tempo Médio de Germinação
U (%) – Porcentagem do Grau de Umidade
UFRPE – Universidade Federal de Pernambuco
UPGMA – Método de Agrupamento Ligação Média entre Grupos
° C – Graus Celsius

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

Figura 1: Aparência da folha trifoliolada (A) em doze genótipos de feijão-caupi; base foliar do tipo subcordada e forma básica do tipo ovada (B); base foliar do tipo cuneada e forma básica do tipo trulada (C). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017)..... 47

Figura 2: Estípulas na base da folha trifoliolada e folíolo central (A) comuns nos genótipos de feijão-caupi; detalhe de pigmentação antociânica na base da folha trifoliolada comum aos genótipos BRS Cauamé e Cavaleiro 8 (B). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017)..... 48

Figura 3: Dendrograma de dissimilaridades genéticas entre doze genótipos de feijão-caupi, obtido pelo Método de Agrupamento Ligação Média entre Grupos (UPGMA), com base em quatorze caracteres quantitativos, utilizando a Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2). Recife-PE, 2017. Imagem: Medeiros JE (2017)..... 59

CAPÍTULO III: PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E GERMINATIVOS DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

Figura 1: Sementes de doze genótipos de feijão-caupi: Portalegre 2 (A); Cavaleiro 8 (B); Tucuruí 1 (C); Juazeiro 7 (D); Encruzilhada 1 (E); Macaibo (F); Manteiguinha Santarém (G); Vitória 2 (H); Belém do São Francisco 2 (I); BRS Cauamé (J); Pingo de Ouro (K); Sempre Verde (L). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2016).....89

Figura 2: Estruturas externas de sementes de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagem: Medeiros JE (2017).....91

Figura 3: Aspecto geral interno do eixo embrionário das sementes, comum em doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagem: Medeiros JE (2017).....91

Figura 4: Rompimento de parte do tegumento e protrusão da raiz primária (A); raiz primária apresentando maior quantidade de indumentos translúcidos e curtos (B), ao terceiro dia, características comuns nos doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017)..... 92

Figura 5: Surgimento das raízes secundárias (A) e do indumento translúcido (B) em doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017)..... 93

Figura 6: Plântula normal (A) e protófilo (B) comuns a onze genótipos de feijão-caupi; margem do protófilo, pertencente ao genótipo Macaibo, apresentando tricoma curto e hialino (C). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).....94

Figura 7: Plântulas anormais: com hipocótilo retorcido (A); com raiz primária atrofiada (B) e raiz primária ausente (C) em 11 genótipos de feijão-caupi Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017)..... 95

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

Tabela 1: Locais de procedência dos genótipos de feijão-caupi em estudo. Recife-PE, 2017.....43

Tabela 2: Análises química e física de amostra de solo da área experimental da Estação Experimental de Itapirema, em Goiana, região da Zona da Mata Norte de Pernambuco, no ano de 2016. Recife-PE, 2017.....44

Tabela 3: Dados meteorológicos da Estação Experimental de Itapirema, em Goiana, região da Zona da Mata Norte de Pernambuco no ano de 2016. Recife-PE, 2017...44

Tabela 4: Caracterização de doze genótipos de feijão-caupi por descritores morfológicos da planta, folha e inflorescência. Recife-PE, 2017..... 49

Tabela 5: Caracterização de doze genótipos de feijão-caupi por descritores morfológicos da vagem seca. Recife-PE, 2017.....51

Tabela 6: Média dos caracteres comprimento do folíolo central (CFC), largura do folíolo central (LFC), tempo médio de floração (TMF), ciclo total (CT) e comprimento de vagem (CV) de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017..... 53

Tabela 7: Média dos caracteres agronômicos e componentes de produção de doze genótipos de feijão-caupi: Número de pedúnculo por planta (NP/PI); número de vagem por planta (NV/PI); peso de 10 vagens (P10V) em g; peso de sementes de 10 vagens (PS10V) em g; número de sementes de 10 vagens (NS10V); peso de 100 sementes (P100S) em g; índice de grãos (IG) em %; produção (P) em Kg; e produtividade (PROD.) em kg/ha. Recife-PE, 2017..... 56

Tabela 8: Contribuição relativa das características avaliadas para divergência genética de doze genótipos de feijão-caupi, pelo método de Singh (1981). Recife-PE, 2017.....60

Tabela 9: Estimativa dos coeficientes de correlações fenotípicas (rf), genotípicas (rg) e ambientais (ra) entre nove caracteres agronômicos avaliados em doze genótipos de feijão-caupi: Número de pedúnculo por planta (NP/PI); número de vagem por planta (NV/PI); peso de 10 vagens (P10V) em g; peso de sementes de 10 vagens (PS10V) em g; número de sementes de 10 vagens (NS10V); peso de 100 sementes (P100S) em g; índice de grãos (IG) em %; produção (P) em Kg. Recife-PE, 2017...62

CAPÍTULO III: PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E GERMINATIVOS DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

Tabela 1: Peso, em gramas, de 1000 sementes de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017..... 85

Tabela 2: Biometria de sementes de doze genótipos de feijão-caupi. DP – Desvio Padrão; CV (%) – Coeficiente de Variação. Recife-PE, 2017.....87

Tabela 3: Classificação das sementes em classes e subclasses, segundo Freire Filho et. al (2000) e Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005) e forma das sementes, segundo BRASIL 2010, em doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.....90

Tabela 4: Germinação (%), primeira contagem (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) das sementes de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017..... 96

Tabela 5: Médias de comprimento em cm da parte aérea (PA) e da raiz principal (R) e diâmetro do coleto (mm) de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017..... 98

Tabela 6: Valores médios de massa seca da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017..... 100

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 17 |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 18 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 21 |
| 2.1 Origem e difusão geográfica | 21 |
| 2.2 Classificação e descrição botânica | 21 |
| 2.3 Grupo e tipos de grãos..... | 23 |
| 2.4 Importância econômica, social e utilização do feijão-caupi | 24 |
| 2.4.1 Produção mundial..... | 24 |
| 2.4.2 Produção Nacional | 24 |
| 2.4.3 Produção no Nordeste Brasileiro | 26 |
| 2.4.4 Utilizações do feijão-caupi | 26 |
| 2.5 Caracterização morfoagronômica | 27 |
| 2.6 Melhoramento genético do feijão-caupi..... | 29 |
| 2.7 Estatística multivariada | 30 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 32 |
| CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI..... | 39 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 40 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 43 |
| 2.1 Obtenção das sementes e condução do experimento..... | 43 |
| 2.1.1 Práticas de manejo realizadas | 43 |
| 2.1.2 Sistema de cultivo e monitoramento de condições pluviométricas..... | 44 |
| 2.2 Parcela experimental | 45 |
| 2.3 Caracterização morfológica, agronômica e componentes de produção | 45 |
| 2.4 Divergência genética..... | 46 |
| 2.5 Correlações genéticas..... | 46 |
| 2.6 Análises dos dados e estatística | 46 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 47 |
| 3.1 Caracterização morfológica | 47 |
| 3.2 Caracterização agronômica e componentes de produção..... | 52 |
| 3.3 Divergência genética..... | 58 |
| 3.4 Correlações genéticas..... | 61 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 66 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO III: PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E GERMINATIVOS DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI..... | 75 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 76 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 79 |
| 2.1 Obtenção das sementes e condução do experimento..... | 79 |
| 2.2 Determinações preliminares | 79 |
| 2.2.1 Grau de umidade das sementes | 79 |
| 2.2.2 Peso de 1000 sementes | 80 |
| 2.3 Aspectos biométricos e morfológicos das sementes | 80 |
| 2.3.1 Biometria das sementes | 80 |
| 2.3.2 Morfologia das sementes | 80 |
| 2.4 Descrição morfológica da germinação e plântulas | 81 |
| 2.5 Caracteres germinativos de sementes | 81 |
| 2.5.1 Germinação (%)..... | 81 |
| 2.5.2 Primeira contagem (%)..... | 82 |
| 2.5.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)..... | 82 |
| 2.5.4 Tempo médio de germinação (TMG) | 82 |
| 2.5.5 Comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas normais | 82 |
| 2.5.6 Massa seca da parte aérea e do sistema radicular das plântulas normais | 82 |
| 2.6 Delineamento experimental e análise estatística | 82 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 84 |
| 3.1 Determinações preliminares | 84 |
| 3.1.1 Grau de umidade das sementes | 84 |
| 3.1.2 Peso de 1000 sementes | 84 |
| 3.2 Aspectos biométricos e morfológicos das sementes | 86 |
| 3.2.1 Biometria das sementes | 86 |
| 3.2.2 Morfologia das sementes | 88 |
| 3.2.2.1 Morfologia externa das sementes | 88 |
| 3.2.2.2 Morfologia interna das sementes | 91 |
| 3.3 Morfologia da germinação..... | 92 |
| 3.4 Caracteres germinativos de sementes | 95 |
| 3.4.1 Germinação e vigor | 95 |
| 3.4.2 Comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas normais..... | 98 |
| 3.4.3 Massa seca da parte aérea e do sistema radicular das plântulas normais | 99 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 101 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 102 |

RESUMO

O feijão-caupi é uma leguminosa pertencente à família Fabaceae, com ciclo anual, apresentando certa rusticidade e é bastante cultivada no Brasil devido à sua boa adaptação ao clima do país. Possui ampla variabilidade genética e por seu grande consumo no país, estudos envolvendo a caracterização e melhoramento da cultura vem crescendo ao longo do tempo. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar diferentes genótipos de feijão-caupi por meio de descritores morfológicos e agronômicos, e avaliar a divergência genética entre os mesmos. Para tal, foram utilizados 12 genótipos de feijão-caupi: Belém do São Francisco 2, BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Encruzilhada 1, Juazeiro 7, Macaibo, Manteiguinha Santarém, Pingo de Ouro, Portalegre 2, Sempre Verde, Tucuruí 1 e Vitória 2, cedidos pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). Os Experimentos foram conduzidos em campo, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), situada na cidade de Itapirema-PE, e em laboratório, no Laboratório de Sementes do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) no campus sede, em 2016 e 2017. No experimento de campo foram realizadas as caracterizações morfológicas e agronômicas dos 12 genótipos de feijão-caupi, em que foram avaliadas, mensuradas e registradas as características qualitativas e quantitativas de alguns caracteres de folhas, da planta, inflorescência e vagem, segundo os descritores específicos para feijão-caupi, com algumas adaptações. Os aspectos morfológicos das sementes e germinação, caracterização de plântulas, bem como a avaliação de caracteres germinativos foram realizados em laboratório. Para o experimento em campo, o delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos (genótipos), em quatro repetições e a parcela experimental constituída de quatro linhas de três metros de comprimento cada, utilizando-se o espaçamento 0,50 m x 0,25 m e distância de 2m entre blocos. Já para o experimento em laboratório, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (genótipos) e quatro repetições de 25 sementes cada. A comparação de médias deu-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo feita ainda, a análise multivariada, utilizando para a análise da divergência genética entre os genótipos, a medida de dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2), pelo programa estatístico Genes. Existe divergência genética entre os genótipos, havendo variações entre os mesmos quanto a aspectos biométricos, morfológicos e agronômicos, sendo as características quantitativas as que mais contribuíram para a constatação da diversidade entre os materiais. A partir da Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) houve a formação de três grupos distintos, sendo esta informação importante para identificação dos materiais mais divergentes, podendo ser utilizados para melhoramento da cultura em cruzamentos, assim como para informações complementares úteis aos bancos de germoplasma. Houve influência dos componentes genéticos na manifestação fenotípica das características agronômicas e de produção avaliadas nos genótipos de feijão-caupi. Em relação aos parâmetros germinativos e de vigor, destacaram-se os genótipos Belém do São Francisco, BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Sempre Verde e Macaibo. Considerando aspectos morfológicos da germinação, o genótipo Macaibo se diferenciou dos demais pela presença de tricomas na margem dos protófilos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, descritores, caracterização morfoagronômica, plântulas.

ABSTRACT

Cowpea bean is a legume belonging to the Fabaceae family, with an annual cycle, presenting a certain rusticity and being widely cultivated in Brazil due to its good adaptation to the climate of the country. It has a wide genetic variability and because of its great consumption in the country, studies involving the characterization and improvement of the crop has been growing over time. With this, the objective of the present work was to characterize different genotypes of the cowpea bean by means of morphological and agronomic descriptors, and to evaluate the genetic divergence between them. For this, 12 genotypes of cowpea bean were used: Belém do São Francisco 2, BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Encruzilhada 1, Juazeiro 7, Macaibo, Manteiguinha Santarém, Pingo de Ouro, Portalegre 2, Sempre Verde, Tucuruí 1 and Vitória 2, provided by the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). The experiments were conducted in field, at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA), located in the city of Itapirema-PE, and in laboratory, at the Seeds Laboratory of the Agronomy Department of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), at the headquarters, in 2016 and 2017. In the field experiment, the morphological and agronomic characterization of the 12 genotypes of cowpea bean were carried out, in which the qualitative and quantitative characteristics of some leaf, plant, inflorescence and pod characteristics were evaluated, measured and recorded, according to the specific descriptors for cowpea bean, with some adaptations. The morphological aspects of seeds and germination, characterization of seedlings, as well as the evaluation of germinative characters were carried out in laboratory. For the field experiment, a randomized complete block design was used, with 12 treatments (genotypes) in four replicates, and the experimental plot consisting of four lines of three meters of length each, using the spacing 0,50m x 0,25m and the distance of 2m between blocks. For the experiment in laboratory, the design was completely randomized, with 12 treatments (genotypes) and four replicates of 25 seeds each. The comparison of means was made by the Tukey test at 5% of probability, and the multivariate analysis was performed using the genetic divergence analysis of the genotypes, the dissimilarity measure by the Generalized Distance of Mahalanobis (D^2), by the Genes statistical program. There is genetic divergence among the genotypes, with biometric, morphological and agronomic variations among them, being the quantitative characteristics the ones that contributed most to the diversity verification among the materials. From the Generalized Distance of Mahalanobis (D^2), three distinct groups were formed, being this information important for the identification of the most divergent materials, and it can be used to improve the breeding crop, as well as for complementary information useful to germplasm banks. There was influence of the genetic components in the phenotypic manifestation of the agronomic and production characteristics evaluated in the genotypes of cowpea bean. Regarding the germinative and vigor parameters, the genotypes of Belém do São Francisco, BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Sempre Verde e Macaibo were the most important. Considering morphological aspects of germination, the Macaibo genotype was differentiated from the others by the presence of trichomes on the prothrophic margin.

Keywords: *Vigna unguiculata*, descriptors, morphoagronomic characterization, seedlings.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma espécie originária do continente Africano, adaptada ao clima tropical e, diferentemente do feijão comum e de outras leguminosas, seu cultivo pode ser feito tanto no clima seco do Nordeste como também no clima úmido do Norte do Brasil (Araújo et al. 1984). Esta espécie, conhecida por feijão-caupi, apresenta ainda vários outros nomes vulgares que variam de região para região, sendo conhecida também por feijão-de-corda, feijão-de-praia, feijão-da-estrada, feijão-de-rama, feijão fradinho ou feijão macassar, macaça ou macáçar (Araújo et al. 1984, Neves et al. 2011).

É considerada uma das culturas mais importantes no Norte e Nordeste do Brasil, pois desempenha papel socioeconômico fundamental para as famílias de baixa renda. Participa da geração de emprego e renda, além de ser bastante consumido por essas famílias por ser um alimento de alto valor nutritivo (Souza 2005).

O feijão-caupi no País é plantado principalmente para a produção de grãos, sejam eles secos ou verdes, objetivando o consumo humano, tanto *in natura*, quanto também por meio da forma de conserva ou desidratado (Araújo et al. 1984). Já em outros países, podem ser aproveitadas para o consumo humano todas as partes da planta, desde raízes, folhas, caules, vagens e grãos, podendo ter seu uso ampliado na agroindústria (Araújo et al. 1984, Dutra e Teófilo 2007). Ainda segundo esses autores, pode ser usado como forragem verde, feno, ensilagem, pastagem, farinha para uso na alimentação animal, como também empregado na adubação verde, rotação de culturas, proteção do solo, dentre outras finalidades.

Trata-se de uma espécie rústica e esta característica lhe confere boa capacidade de adaptação, tolerância a altas temperaturas e à seca, além de pouca exigência quanto à fertilidade do solo (Barros 2010).

Mundialmente produzido, dados da FAO (2015) mostram que a produção mundial média de feijão-caupi, em 2014, foi em torno de 5,6 milhões de toneladas, sendo a Nigéria o maior país produtor da cultura, seguido do Níger e Burkina Faso.

O Brasil está entre os maiores produtores de feijão-caupi, no entanto, a produção nacional é bem expressiva nas regiões Norte e Nordeste. Seu cultivo nestas regiões ainda é muito voltado para a agricultura familiar em virtude de sua

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

boa adaptação às condições edafoclimáticas, entretanto, hoje vem sendo relevantemente cultivado também por médios e grandes produtores (Zilli et al. 2006).

Ao longo dos últimos anos o cultivo do feijão-caupi vem se ampliando para a região Centro-Oeste, demonstrando ser favorável à produção desta importante leguminosa, como é o caso de Mato Grosso (Ferreira et al. 2016), sendo integrado em alguns arranjos produtivos como safrinha, depois do cultivo de lavouras como a soja, o milho e o algodão, e em determinados locais utilizado como a lavoura principal (Freire Filho et al. 2009). Segundo dados da CONAB (2018), considerando as três safras anuais, há uma estimativa de que no ano agrícola 2017/2018 a área de feijão total plantada no Brasil seja em torno de 3.160 mil hectares, sendo 1.400 mil hectares plantados com feijão-caupi.

Por apresentar ampla variabilidade genética entre os genótipos, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) torna-se possuidor de uma grande plasticidade, podendo, com isso, ser cultivado em diferentes sistemas de produção, desde tradicionais até os mais modernos (Barros 2010).

Embora o feijão-caupi seja uma cultura que possua grande significância, no entanto, se comparado a outras culturas, seu potencial genético ainda necessita ser mais explorado, apresentando produtividades médias de grãos secos entre 300 e 400 Kg.ha⁻¹, com perspectivas de que seu potencial chegue a ultrapassar esses valores (Bezerra 1997, Frota, Freire Filho e Corrêa 2000). Para que isto seja alcançado, faz-se imprescindível a implementação de mais incentivos em pesquisas com o objetivo de se obter produtividades mais elevadas que aquelas já obtidas nos cultivos atuais de feijão-caupi (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005).

De acordo com Torres et al. (2008), o uso das cultivares disponíveis de feijão-caupi ainda é feito sem levar em consideração possíveis diferenças de comportamento destas nas diferentes regiões de cultivo. Com isso, os autores consideram a caracterização morfológica de genótipos de feijão-caupi significativa, pois possibilita o registro e identificação destes, proporcionando o acesso a esse material com o intuito de encontrar genótipos que apresentem respostas satisfatórias quanto a questões de produtividade e comportamento em diferentes condições ambientais.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar diferentes genótipos de feijão-caupi, por meio de descritores morfológicos e agrônômicos,

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

avaliando ainda a divergência genética e a correlação entre as características dos genótipos estudados, visando disponibilizar informações adicionais que poderão ser úteis para os programas de melhoramento genético da cultura em estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e difusão geográfica

O gênero *Vigna*, segundo a maioria dos estudiosos, apresenta cerca de 170 espécies, sendo grande parte destas localizadas no continente Africano, onde 66 são consideradas endêmicas e dentre as espécies decorrentes deste continente está a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Freire Filho 1988).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é originário do continente africano e foi trazido ao Brasil por volta de meados do século XVI, por colonizadores portugueses e espanhóis (Freire Filho 1988). Segundo Araújo et al. (1984), além dos espanhóis, os escravos africanos também foram responsáveis pela introdução do feijão-caupi no País, especificamente no Estado da Bahia, devido à existência, naquele Estado, de ampla diversidade de plantas e também pelo fato de ser possível verificar, até os dias atuais, o grande uso de comidas típicas de origem africana, como o acarajé e o abará.

Acredita-se que a disseminação da cultura no País tenha acompanhado o seu processo evolutivo de colonização. Com isso, esta espécie acabou se dirigindo, ao longo do tempo, para várias regiões do Brasil, sendo cultivadas de forma mais intensa aquelas espécies com melhores respostas à adaptação e aprovação em cada região (Freire Filho 1988).

Diversos nomes populares o feijão-caupi possui nas diferentes regiões do Brasil. Na região Nordeste é muito conhecido por feijão-macassa, feijão-macassar, feijão-de-corda, feijão-de-vaca, dentre outros; na região Norte é conhecido por feijão-de-praia, feijão-de-vara, feijão-de-estrada, feijão-da-colônia; na região Sul e Sudeste é muito comum ser chamado de feijão-miúdo. (Araújo et al. 1984; Freire Filho et al. 2011).

2.2 Classificação e descrição botânica

Em virtude de uma grande variabilidade genética presente na espécie e em espécies selvagens que apresentam proximidade genética com a mesma, foi relativamente difícil estabelecer a classificação para a espécie domesticada (Freire Filho et al. 2011). Com isso, segundo Sellschop (1962), inicialmente foi classificado nos gêneros *Phaseolus* e *Dolichos*, e no ano de 1984 foi classificado por Savi como pertencente ao gênero *Vigna*, onde se encontra atualmente. Planta dicotiledônea, a

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

classificação botânica o inclui na ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolina, gênero *Vigna*, secção Catyang e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Marechal, Mascherpa e Stainier 1978).

Trata-se de uma espécie herbácea, anual, diplóide com 22 cromossomos, classificada como uma cultura autógama com uma taxa de cerca de 99% de autofecundação (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005).

Apresenta germinação do tipo epígea (Araújo et al. 1984). Com sistema radicular composto por uma raiz principal, do tipo pivotante, com ramificações laterais, podendo as raízes alcançar mais de dois metros, fator este que confere à cultura certa tolerância à seca (Araújo et al. 1984, Filgueira 2008).

Seu caule, definido como haste principal, dá origem aos ramos, e o seu crescimento pode ser determinado ou indeterminado, o que irá definir o porte da planta (Araújo et al. 1984). Quanto ao porte da planta, são mencionados, segundo Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005), quatro tipos principais: ereto, onde o ramo principal apresenta-se ereto e curto, com ramos secundários também curtos e formando com o ramo principal um ângulo agudo, porém estes (ramos secundários), após o terço médio, encontram-se paralelos ao ramo principal; semiereto, com ramos principal e secundários de tamanho variável, formando ângulo reto, normalmente não chegando a tocar a superfície do solo; semiprostrado, com ramo principal ereto, formando ângulo reto com os ramos secundários, com guias que alcançam a superfície do solo, podendo atingir até dois metros de comprimento; prostrado, onde o ramo principal é curvado e longo e os ramos secundários longos, tocando ao solo, podendo alcançar até quatro metros de comprimento.

Em condições ambientais tropicais, o feijão-caupi tem seu ciclo classificado em: superprecoce, onde a maturidade é atingida até os 60 dias após semeadura; precoce, de 61 a 70 dias; médio, entre 71 e 90 dias; médio-precoce, quando a maturidade se dá entre 71 e 80 dias; médio-tardio entre 81 e 90 dias e tardio, onde a maturidade só é obtida após 91 dias (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005).

Possui o primeiro par de folhas (que se encontra acima dos cotilédones), séssil, simples e oposto, com diferentes tamanhos e formas. As folhas definitivas são trifolioladas e alternadas, podendo ser encontradas diferentes formas de folíolo, sendo o folíolo central geralmente o que apresenta maior tamanho e área (Araújo et al. 1984).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

A inflorescência pode ser simples ou composta (Rocha et al. 2007). Suas flores são perfeitas, pediceladas, encontram-se distribuídas aos pares no racemo, com cálice pentâmero, persistente, possuindo coloração do verde ao totalmente roxo. A corola pentâmera constituída de uma pétala maior chamada de estandarte, a única que se abre durante a antese, e duas pétalas laterais as asas, tanto o estandarte quanto as asas podem ser de diferentes cores como branco, amarelo ou violeta com diferentes tonalidades. As duas pétalas inferiores são fundidas formando a quilha, reta e apresentando apenas coloração branca (Araújo et al. 1984, Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005). Tal biologia floral da espécie demonstra que a mesma é bastante evoluída, pois, apesar de ser bastante autopolinizada, ocorrendo cleistogamia, o que favorece a autogamia, apresenta uma pequena taxa de cruzamento natural, que varia com o ambiente e com os genótipos (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005, Rocha et al. 2007).

Os frutos, denominados de vagens, são legumes que variam quanto à forma, cor, dimensões e número de sementes. As sementes, dispostas interna e linearmente na vagem, variam em forma, tamanho, cor, textura e brilho do tegumento (Mafra 1979, Araújo et al. 1984, Bevilaqua et al. 2007), são exalbuminosas, ou seja, o endosperma, logo depois de formado, é consumido totalmente pelo embrião durante sua formação (Brito 2008). O tegumento é do tipo coriáceo, podendo ter textura lisa ou rugosa e aspecto levemente brilhoso. As cicatrizes encontradas nas sementes são hilo, micrópila e rafe, seu embrião é dominante, axial, curvado, reniforme de coloração próxima ao creme, possuindo dois cotilédones de ápice arredondado, plúmula e eixo hipocótilo-radícula infletido (Groth e Liberal 1988).

2.3 Grupo e tipos de grãos

Muitas são as espécies de feijão cultivadas no Brasil, no entanto o Regulamento Técnico vigente (BRASIL, 2008) considera como feijão os grãos provenientes das espécies *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (feijão-caupi) e *Phaseolus vulgaris* L. (feijão-comum), agrupando o feijão-caupi no grupo II e em quatro Classes: Branco, Cores, Preto e Misturado.

Diante da grande diversidade de tipos de grãos apresentada pelo feijão-caupi, houve a necessidade de uma caracterização e classificação mais ampla dos grãos. Freire Filho, Ribeiro e Santos (2000) e Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005), com o

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

objetivo de tornar mais popular o uso dessas classificações por pesquisadores, produtores e comerciantes, foram além da classificação oficial e fizeram alterações e modificações, subdividindo as classes e subclasses em: Classe Branco: Subclasses Branco liso, Branco rugoso, Fradinho, Olho-marrom e Olho-vermelho; Classe Preto: Subclasses Preto de tegumento liso, fosco e Preto de tegumento liso com brilho; Classe Cores: Subclasses Mulato liso, Mulato rugoso, Canapu, Sempre-verde, Manteiga, Vinagre, Azulão, Corujinha e Rajado; e Classe Misturado.

2.4 Importância econômica, social e utilização do feijão-caupi

A cultura do feijão-caupi possui marcante importância, tanto como fonte de alimento quanto geradora de emprego e renda (Rocha et al. 2016). O seu cultivo constitui relevante atividade para o desenvolvimento agrícola, seja quanto ao aspecto econômico como também no nutricional, desempenhando função socioeconômica, principalmente para a população rural com poder aquisitivo mais limitado (Teófilo et al. 2008).

2.4.1 Produção mundial

Com extensa distribuição geográfica, o feijão-caupi é amplamente cultivado em regiões de clima tropical e subtropical, em cerca de 97 países dos continentes Africano, Asiático, Americano, Europeu e na Oceania, adequando-se tanto em terras altas como em baixas (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005, Freire Filho et al. 2011).

Conforme dados da FAO (2015), no ano de 2014 a produção mundial de feijão-caupi aproximou-se de 5,6 milhões de toneladas, as quais foram produzidas em 12,5 milhões de hectares, sendo o continente africano responsável por cerca de 95,3% da produção mundial da cultura, seguido da Ásia (com 2,80%), América (com 1,30%) e Europa (com 0,6%). Segundo estes dados, os cinco países responsáveis pela maior produção de feijão-caupi foram Nigéria (com 2,1 milhões de toneladas), Níger (com 1,6 milhões de toneladas), Burkina Faso (com 571 mil toneladas), Tanzânia (com 191 mil toneladas) e Mianmar (com 115 mil toneladas), respectivamente.

2.4.2 Produção Nacional

Pode-se afirmar que o cultivo do feijão-caupi, em maior ou menor proporção, alcança todas as regiões do País, porém sua concentração se dá nas regiões Norte

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

e Nordeste (Freire Filho et al. 2007b, Freire Filho, Rocha e Silva 2017). No Nordeste é amplamente cultivado, principalmente nas regiões semiáridas, graças a sua boa adaptação e rusticidade nessas áreas (Silva 2011a), porém, nos últimos anos há uma notável expansão do seu cultivo também para as regiões de cerrado do Nordeste, Norte e também no Centro-Oeste do País (Freire Filho et al. 2011), podendo-se encontrar lavouras de feijão-caupi desde a caatinga até o ecossistema amazônico (Freire Filho et al. 2007b). Rocha et. al (2016) acreditam que sua disseminação da região Nordeste para as outras regiões se deve também ao seu baixo custo de produção.

Devido ao aumento de tecnologias e de sua ampla adaptação às condições edafoclimáticas, a cultura deixou de ser explorada exclusivamente por pequenos produtores e passou a ser muito cultivada por médios e grandes produtores das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste do Brasil (Matos 2016).

Nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste a produção de feijão-caupi acontece principalmente nas primeira e segunda safras, sendo observada uma grande ocorrência na safrinha, nas regiões do cerrado brasileiro, devido especialmente à sua precocidade e tolerância à deficiência hídrica, se comparado a outras culturas, a exemplo do milho e soja, além do seu porte ereto e da boa adaptação ao cultivo mecanizado (Rocha et al. 2016). Contudo, segundo esses autores, apesar de não estar entre a maior área colhida, o estado de Mato Grosso, conquista a maior produtividade, como efeito direto da utilização de tecnologias adequadas ao sistema de produção. Segundo Torres (2015), um dos fatores que colaboraram e foi determinante para o desenvolvimento da cultura na região Centro-Oeste foi o lançamento de cultivares que apresentam características interessantes para o cultivo em grandes áreas, como porte ereto, pouco acamamento, resistência a fitopatógenos, além de alta produtividade, maior peso de grãos e diminuição do ciclo de produção. Porém, estes resultados alcançados se devem a programas de melhoramento da cultura, em que todas as etapas do processo e infraestrutura foram bem executadas e planejadas, a fim de se obter resultados satisfatórios.

Observa-se que a maior parte da produção da cultura vem sendo comercializada no mercado interno brasileiro, principalmente na região Nordeste, grande responsável pelo consumo desta espécie (Rocha et al. 2016), no entanto, estima-se que nas regiões Norte e Nordeste haja um déficit permanente de oferta de

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

feijão-caupi (Freire Filho, Rocha e Silva 2017). Todavia, tem ocorrido nos últimos anos exportações do feijão-caupi, principalmente para a Índia, Egito, Paquistão, Vietnã e Indonésia, em decorrência da maior disponibilidade do produto pelo Brasil e também do aumento no mercado de proteína a baixo custo (Rocha et al. 2016).

Dados da CONAB (2018) demonstram uma expectativa de que a produção nacional de feijão-caupi na safra 2017/2018, sofra uma pequena redução (em torno de 7,6 %) em relação à safra anterior, devido a ajustes em algumas áreas de cultivo, porém com esperanças de aumento de produção em algumas áreas no decorrer da próxima safra.

2.4.3 Produção no Nordeste Brasileiro

Fatores como a tolerância ao estresse hídrico e ciclo curto tornam o feijão-caupi uma cultura com grande importância na formação de renda da população do Nordeste brasileiro, em virtude de menor investimento para o cultivo e também da utilização de mão-de-obra em determinados períodos sazonais (Freire Filho et al. 2007a, Rocha et al. 2009), sendo comercializado tanto em feiras livres regionais, na forma de vagens ou debulhados (Andrade et al. 2010), quanto comercializado em redes de supermercados, em embalagens plásticas (Rocha 2009), além da forma tradicional, em grãos secos.

A região Nordeste é considerada a maior produtora e consumidora nacional do feijão-caupi (Rocha et al. 2016) e a estimativa de produção para a safra 2017/2018, segundo dados da CONAB (2018), chega a 343,8 mil toneladas, em uma área de cultivo de 1.105,8 mil hectares.

2.4.4 Utilizações do feijão-caupi

O feijão-caupi é uma cultura bastante versátil, podendo ser cultivado em diferentes sistemas de produção (Andrade et al. 2010). Desde os cultivos consorciados com diversas culturas, como também em cultivos solteiros, totalmente manuais, ou até mais tecnificados (Freire Filho et al. 2007b).

Andrade et al. (2010) afirmam que o feijão-caupi pode ser utilizado para as mais variadas finalidades, enquanto seus legumes amiláceos, nos quais o feijão-caupi está incluído, são consumidos desde as mais antigas formas práticas da agricultura, apresentando emprego nas áreas medicinal, cultural e nutricional, segundo Phillips e McWatters (1991).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

No Brasil, é cultivado principalmente para a produção de grãos secos ou verdes, objetivando o consumo humano, *in natura* (Araújo et al. 1988). Tem como mercado principal de grãos a comercialização de grãos secos, mas também com expressiva comercialização de grãos imaturos (feijão fresco ou feijão verde), além de ser bastante comercializado como farinha para acarajé (Andrade et al. 2010). Outra forma de comercialização de grãos frescos que vem sendo bastante utilizada são os grãos congelados e enlatados, representando uma possibilidade de expansão da comercialização tanto no País como em outros países consumidores (Rocha et al. 2012).

Esta leguminosa é a principal fonte proteica de origem vegetal na região semiárida brasileira, tendo os grãos das cultivares em uso atualmente em torno de 22 a 25% de proteínas, em média (Vasconcelos et al. 2010), e 63% de carboidratos (Torres 2015). O feijão-caupi representa também a principal fonte de proteína para as populações das regiões Leste e Oeste da África (Brito 2008), além de dispor da maioria dos aminoácidos essenciais para a alimentação (Dutra e Teófilo 2007).

Cultivado tanto na zona rural quanto nas áreas ao redor dos centros urbanos, pode ser usado no preparo de vários pratos típicos regionais como o baião-de-dois (Andrade et al. 2010).

O feijoeiro-caupi, planta fixadora de nitrogênio, pode ser considerado como fonte recuperadora do solo (Bevilaqua et al. 2007), além de apresentar boa produção de massa seca e verde, propiciando o seu uso como cobertura vegetal, suprimindo, assim, o crescimento de plantas invasoras, além de possibilitar condições para produção de feno e silagem de excelente qualidade, bem como farinha para alimentação animal (Araújo et al. 1988, Valenzuela e Smith 2002). A cultura está sendo bastante pesquisada e, por apresentar ótimos resultados de palatabilidade e digestibilidade, vem sendo utilizada como a principal forrageira leguminosa de bovinos, principalmente leiteiros, em algumas regiões do Brasil (Freire Filho et al. 2007b, Bevilaqua et al. 2007).

2.5 Caracterização morfoagronômica

Para um bom conhecimento a respeito do genótipo a ser trabalhado, o processo de caracterização se faz fundamental (Aquino 2016). Tal atividade é de suma importância no manejo de coleções de germoplasma e tem como finalidade a

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

obtenção de dados para descrição, identificação e diferenciação de materiais de uma determinada espécie (Burle e Oliveira 2010).

De acordo com Coelho et al. (2007), os genótipos de uma espécie devem ser devidamente caracterizados, de forma a viabilizar ganhos genéticos mais favoráveis no melhoramento, além de intensificar o uso destes recursos por melhoristas, produtores e agricultores. Segundo Lima (2016), no processo de caracterização são avaliados os descritores qualitativos e quantitativos, e o melhorista deve utilizar os mais interessantes, levando em conta aquilo que mais interessa a determinada região.

A caracterização e identificação de germoplasma são atividades que visam basicamente encontrar diferenças entre os acessos, e para tal, tradicionalmente se faz uso de descritores como os morfológicos e agronômicos (Chiorato et al. 2006), sendo estes, bastante utilizados pela maioria dos pesquisadores que trabalham com feijão.

Na caracterização morfológica são realizadas observações visuais e mensurações de caracteres na planta e sementes (Souza 2016). Por meio dessa morfologia, pode-se inferir, por exemplo, quais variáveis são importantes para estudos envolvendo diferentes materiais de uma mesma espécie, e, assim, indicar os mais promissores para trabalhos de melhoramento da cultura (Coelho et al. 2010). A caracterização morfológica e agronômica realizada simultaneamente é muito significativa, pois constitui uma das principais etapas antecedentes ao melhoramento genético e por meio dela é possível realizar a identificação e o registro de materiais com o intuito de encontrar plantas com respostas satisfatórias quanto à produtividade e comportamento em diferentes condições ambientais (Torres et al. 2008, Silva 2011b, Souza 2016).

As cultivares de feijão-caupi reagem às condições edafoclimáticas de um determinado local de forma divergente umas das outras e, com isso, estudos com linhagens e variedades vêm sendo elaborados a fim de poder indicar materiais mais adaptados às condições locais de cada região (Santos et al. 2009).

Atualmente têm sido mantidas coleções de germoplasma de feijão-caupi para promover a caracterização destes genótipos por meio de diferentes metodologias, além de assegurar a diversidade genética dos materiais, bem como sua multiplicação e distribuição para usuários (Amorim 2009).

2.6 Melhoramento genético do feijão-caupi

A base para os programas de melhoramento de plantas consiste na utilização da diversidade genética existente em uma espécie, com a finalidade de desenvolver novas cultivares com alto potencial produtivo e que atendam aos objetivos do melhoramento da cultura (Loarce, Gallego e Ferrer 1996), além de preservar e conservar os recursos genéticos (Bonett et al. 2006).

O melhoramento genético da cultura do feijão-caupi no Brasil teve início por volta de meados do século XVI, quando houve as primeiras introduções de cultivares, momento este onde os agricultores, visando o plantio e o consumo, começaram a escolher os materiais que mais lhes agradavam (Freire Filho et al. 2011, Rocha et al. 2016). Contudo, segundo Lobbe (1925), ao que tudo indica, o melhoramento genético da cultura se deu a partir do ano de 1925 com a sua publicação onde ele avaliou doze cultivares de feijão-caupi.

Durante a década de 80, houve uma ampliação e intensificação de pesquisas com feijão-caupi, promovendo uma maior interação entre os pesquisadores envolvidos com a cultura, comerciantes e consumidores, havendo ainda uma melhora no mercado da cultura, o que acabou despertando o interesse de médios e grandes produtores que utilizam níveis tecnológicos mais elevados comparados aos produtores tradicionais (Freire Filho et al. 1999). Levando-se em consideração a ampliação das áreas de produção e o novo perfil de produtores e demandas no mercado consumidor, o melhoramento genético da espécie visa o desenvolvimento de cultivares com portes que atendam à agricultura familiar e empresarial, elevação da produtividade e estabilidade de produção em todas as regiões do País, maiores teores nutricionais, qualidade visual e culinária do grão, atendendo os mercados interno e exterior, bem como aumento da resistência à pragas, doenças e tolerância a fatores abióticos (Freire Filho et al. 2011).

Comparando-se a outras culturas, pode-se afirmar que o potencial genético do feijão-caupi ainda é pouco explorado. Contudo, Costa et al. (2013), trabalhando com a cultura sob condições experimentais, obteve produtividades de grãos secos próximas a 4 t.ha⁻¹, existindo ainda, segundo Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005), a expectativa de que essa potencialidade alcance valores superiores a 6 t.ha⁻¹, sendo necessário, para tanto, mais incentivos em pesquisas nesse sentido (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005).

O melhoramento genético do feijão-caupi é realizado levando-se em conta os interesses tanto dos agricultores da agricultura familiar quanto do agronegócio, e tem foco no sistema composto pela cadeia produtiva formada por produtores, comerciantes, agroindustriais, distribuidores, consumidores e exportadores (Freire Filho 2011); resgatando como resultado disso, a obtenção e indicação de cultivares melhoradas para os diferentes tipos de produtores e regiões com potencial no País (Rocha et al. 2016).

Há alguns anos, o programa de melhoramento genético da Embrapa Meio-Norte vem executando atividades de melhoramento e manejo da cultura e isso têm sido muito importante, pois tem contribuído para a obtenção de variedades adequadas para a colheita mecanizada, fazendo, dessa forma, com que o plantio em grandes áreas, bem como o aumento da produção em outras regiões do País, se torne uma opção viável (Rocha et al. 2016).

Os trabalhos de melhoramento genético de feijão-caupi objetivam diversos interesses que agreguem benefícios para a cultura, e estes têm sido coordenados pela Embrapa Meio-Norte (Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte – CPAMN) desde 1991, contando ainda com a participação de empresas de âmbito estadual e privado e universidades em suas pesquisas (Freire Filho et al. 2005). Comumente, os métodos de melhoramento mais utilizados na cultura, sejam para aumento da produtividade, resistência a doenças, pragas e outras finalidades, têm sido os mesmos métodos clássicos em uso para espécies autógamas, sendo os principais: Introdução de germoplasma, este praticado no país desde a chegada da espécie; Seleção massal em cultivares locais; Seleção de plantas individuais com teste de progênes em cultivares locais; Genealógico ou “pedigree”; Descendência de uma única semente (single seed descent (SSD)); Descendência de uma única vagem (single pod descent (SPD)); e Retrocruzamento (Freire Filho et al. 2011).

2.7 Estatística multivariada

O processo de caracterização e identificação de um germoplasma é altamente dependente da amplitude da base genética disponível (Burle e Oliveira 2010). Segundo Sudré et al. (2006) e Costa et al. (2006), em diversas espécies vegetais vêm sendo utilizadas técnicas de análises multivariadas com o objetivo de quantificar a divergência genotípica e fenotípica entre materiais. Essas técnicas possibilitam a associação de múltiplas informações contidas na unidade

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

experimental, permitindo, com isso, a caracterização dos genótipos com base em um conjunto de variáveis (Ferrão et al. 2011).

Dessa forma, torna-se importante também conhecer a distância genética dos acessos com que se trabalha, para identificação daqueles genitores mais promissores na obtenção de híbridos com maior efeito heterótico potencial a serem utilizados em programas de melhoramento (Cruz e Carneiro 2003). Ainda segundo esses autores, dentre os procedimentos estatísticos multivariados que podem ser utilizados está a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) que é uma medida de dissimilaridade que vem sendo bastante utilizada. Além desses procedimentos, para uma complementação dos estudos, são utilizados ainda métodos aglomerativos e hierárquicos de agrupamento, como o método de Tocher e a média das distâncias (UPGMA) (Ferrão et al. 2011).

A compreensão a respeito da associação entre caracteres é muito importante nos trabalhos de melhoramento, desta forma, o estudo de correlações é fundamental na seleção de genótipos, pois mede o nível de associação entre caracteres, mostrando como a seleção para um caráter pode influenciar na expressão de outro caráter (Cruz, Regazzi e Carneiro 2004, Benvindo 2007).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorim LLB (2009) **Construção de um mapa genético para feijão-caupi com marcadores moleculares ISSR, DAF e CAPS**. Dissertação (Mestrado), UFPE, Recife, 103p.

Andrade FN, Rocha MM, Gomes RLF, Freire Filho FR e Ramos SRR (2010) Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão fresco. **Revista Ciência Agronômica 41**: 253-258.

Aquino DAL (2016) **variabilidade fenotípica e estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para produção de grão verde em genótipos de feijão-caupi**. Dissertação (Mestrado), UFRPE, Recife, 68p.

Araújo JPP, Rios GP, Watt EE, Neves BP, Fageria NK, Oliveira IP, Guimarães CM e Filho AS (1984) **Cultura do caupi, Vigna unguiculata (L.) Walp; descrição e recomendações técnicas de cultivo**. Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, 82p.

Barros GB (2010) **Identificação e caracterização de plantas de feijão-caupi obtidas por meio de retrocruzamento resistentes aos vírus Cowpea severe mosaic vírus (CPSMV) e Cowpea aphid borne mosaic vírus (CABMV)**. Dissertação (Mestrado), UFRRJ, Rio de Janeiro, 40p.

Benvindo RN (2007) **Avaliação de genótipos de feijão-caupi de porte semiprostrado em cultivo de sequeiro e irrigado**. Dissertação (Mestrado), UFPI, Teresina, 69p.

Bevilaqua GAP, Galho AM, Antunes IF, Marques RLL e Maia MS (2007) **Manejo de Sistemas de Produção de Sementes e Forragem de Feijão-miúdo para a Agricultura Familiar**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 23p.

Bezerra AAC (1997) **Variabilidade e diversidade genética em caupi [Vigna unguiculata (L.) Walp.] precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto**. Dissertação (Mestrado), UFRPE, Recife, 105p.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Bonett LP, Vidigal MCG, Schuelter AR, Vidigal Filho OS, Gonela A e Lacanallo GF (2006) Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no estado do Paraná, Brasil. **Revista Semina: Ciências Agrárias** 27: 547-560.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2008) **Instrução Normativa n. 12, 28 de março de 2008**. Disponível em <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>>. Acessado em 4 jun 2017.

Brito ES (2008) **Feijão-caupi**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 97p.

Burle ML e Oliveira MSP (2010) **Manual de curadores de germoplasma vegetal: caracterização morfológica**. Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia, Brasília, 15p.

Chiorato AF, Carbonell SAM, Dias LAS, Moura RR, Chiavegato MB e Colombo CA (2006) Identification of common bean (*Phaseolus vulgaris*) duplicates using agromorphological and molecular data. **Genetics and Molecular Biology** 29: 105-111.

Coelho CMM, Coimbra JLM, Souza AS, Bogo A e Guidolin AF (2007) Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Rural** 37: 1241-1247.

Coelho CMM, Zilio M, Souza CA, Guidolin AF e Miquellutis DJ (2010) Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Revista Semina: Ciências Agrárias** 31: 1177-1186.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (2018) **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (2018)**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_11_14_17_49_graos_4_o_levantamento.pdf>. Acessado em 01 fev 2018.

Costa FR, Pereira TNS, Vitória AP, Campos KP, Rodrigues R, Silva DH e Pereira MG (2006) Genetic diversity among *Capsicum* accessions using RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 6: 18-23.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Costa AF, Souza MCM, Canuto VTB, Coitinho RLBC, Tavares JA e Fonseca MAC (2013) Miranda IPA 207, Nova Cultivar de Feijão-Caupi para o Nordeste Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana 18**: 39-43.
- Cruz CD e Carneiro PCS (2003) **Modelos biométricos aplicados ao Melhoramento genético**. 2 ed, Editora UFV, Viçosa, 585p.
- Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao Melhoramento genético**. 3 ed, Editora UFV, Viçosa, 480p.
- Dutra AS e Teófilo EM (2007) Envelhecimento acelerado para avaliar o vigor de sementes de feijão caupi. **Revista Brasileira de Sementes 29**: 193-197.
- FAO (2015). FAOSTAT. **Crops. Cowpeas, dry**. Disponível em <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acessado em 30 out 2017.
- Ferrão LFV, Cecon PR, Finger FL, Silva FF e Puiatti M (2011) Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agronômicos. **Horticultura Brasileira 29**: 354-358.
- Ferreira ACT, Felito RA, Rocha AM, Silva PCL, Carvalho MAC e Yamashita M (2016) Influência do estresse hídrico simulado com PEG 6000 na germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de feijão-caupi. In Congresso Nacional do feijão-caupi (Resumos) **Feijão-Caupi: avanços e desafios tecnológicos e de mercados**. Embrapa Meio-Norte, Brasília, p. 88.
- Filgueira FAR (2008) **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, 421p.
- Freire Filho FR (1988) Origem, evolução e domesticação do caupi. In Araújo JPP e Watt EE (org) **O caupi no Brasil**. IITA/Embrapa, Brasília, p. 26-46.
- Freire Filho FR, Lima JAA e Ribeiro VQ (2005) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Embrapa Informação Tecnológica, Teresina, 519p.
- Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Barreto PD e Santos AA (1999) **Melhoramento genético de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na região do Nordeste**.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/59493/1/LVcaupinordeste.pdf>>. Acessado em 05 out 2017.

Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Barreto PD e Santos AA (2005) Melhoramento Genético. In Freire Filho FR, Lima JAA e Ribeiro VQ (2005) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Embrapa Informação Tecnológica, Teresina, p. 29-92.

Freire Filho FR, Ribeiro VQ e Santos AA (2000) Cultivares de caupi para região Meio-Norte do Brasil. In Cardoso MJ (org) **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, p. 67-88.

Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Rocha MM, Silva KJD, Nogueira MSR e Rodrigues EV (2011) **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 84p.

Freire Filho FR, Rocha MM, Ribeiro VQ, Ramos SRR e Machado CF (2007a) Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica** **38**: 286-290.

Freire Filho FR, Rocha MM, Ribeiro VQ e Sittolin IM (2009) Avanços e perspectivas para a cultura do feijão-caupi. In Albuquerque ACS e Silva AG (ed) **Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 235-250.

Freire Filho FR, Rocha MM e Silva KJD (2017) **Cultivo de feijão-caupi: mercados e comercialização**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/.../1/SPMercado.pdf>>. Acessado em 02 dez 2017.

Freire Filho FR, Vilarinho AA, Cravo MS e Cavalcante ES (2007b) Panorama da cultura do feijão-caupi no Brasil. In **Workshop sobre a cultura do feijão-caupi**. Embrapa Roraima, Roraima, p. 1-4.

Frota AB, Freire Filho FR e Corrêa MPF (2000) **Impactos socioeconômicos de cultivares de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 26p.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Groth D e Liberal OHT (1988) **Catálogo de identificação de sementes**. Editora Fundação Cargil, Campinas, 182p.
- Lima SR (2016) **Diversidade entre variedades crioulas de feijão-caupi do Acre**. Dissertação (Mestrado), UFAC, Rio Branco, 75p.
- Loarce Y, Gallego R e Ferrer E (1996) A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica** **88**: 107-115.
- Lobbe H (1925) **Estudo sobre doze variedades de caupi**. Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, 10p.
- Mafra RC (1979) Contribuição do estudo do feijão-macassar: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção. In **Curso de treinamento para pesquisadores de feijão-caupi** (Anais). Embrapa-CNPAF/IITA, Goiânia, p. 1-39.
- Marechal R, Mascherpa JM e Stainier F (1978) Etude taxonomique d'un groupe d'especies des genres *Phaseolus* et *Vigna* (*Papilionaceae*) sur la base donnees morphologiques et polliniques, traitees pour l'analyse informatique. **Boissiera** **28**: 1-273.
- Matos RF (2016) **Potencial genético de progênies de feijão-caupi para a obtenção de genótipos de porte ereto e ciclo precoce**. Dissertação (Mestrado), UFC, Fortaleza, 76p.
- Neves AC, Câmara JAS, Cardoso MJ, Silva PHS e Sobrinho CA (2011) **Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 15p.
- Phillips RD e McWatters HK (1991) Contribution of cowpeas to nutrition and health. **Food Technology** **45**: 127-130.
- Rocha MM, Freire Filho FR, Silva KJD e Ribeiro VQ (2007) **Feijão caupi: Biologia Floral**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 2p.
- Rocha MM (2009) **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos fresco**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/574539/1/S462.pdf>.>. Acessado em 16 nov 2017.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Rocha MM, Santos AMF, Vilarinho AA, Barreto ALH, Franco LJD, Silva AB, Silva KJD, Freire Filho, FR, Nutti MR e Carvalho JLV (2009) Estimativas de parâmetros genéticos (G), ambientais (A) e da interação G x A para os conteúdos de ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi. In **Reunião Anual de Biofortificação no Brasil** (Anais). Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 148p.
- Rocha MM, Andrade FN, Gomes RLF, Freire Filho FR, Ramos SRR e Ribeiro VQ (2012) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi quanto à produção de grãos frescos, em Teresina-PI. **Revista Científica Rural 14**: 40-55.
- Rocha MM, Silva KJD, Menezes Júnior JAN, Hashimoto JM, Neves AC, Souza FM, Ribeiro E e Fernandes L (2016) **Feijão-caupi: Melhoramento genético para o avanço da cultura**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 6p.
- Santos JF, Granjeiro JIT, Brito CH e Santos MCCA (2009) Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião Cariri Paraibano. **Revista Engenharia Ambiental 6**: 212-222.
- Sellschop JPF (1962) Cowpeas. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Field Crop Abstract 15**: 259-266.
- Silva AC (2011a) **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia**. Dissertação (Mestrado), UESB, Vitória da Conquista, 84p.
- Silva RNO (2011b) **Diversidade genética em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) por marcadores morfoagronômicos e moleculares**. Dissertação (Mestrado), UFPI, Teresina, 176p.
- Souza RF (2005) **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro**. Tese (Doutorado), UFLA, Lavras, 141p.
- Souza SMS (2016) **Variabilidade morfoagronômica de variedades tradicionais de feijão-caupi do Acre**. Dissertação (Mestrado), UFAC, Rio Branco, 69p.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Sudré CP, Cruz CD, Rodrigues R, Riva EM, Amaral Júnior AT, Silva DJH, Pereira TNS (2006) Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. **Horticultura Brasileira 24**: 88-93.

Teófilo EM, Dutra AS, Pitimbeira JB, Dias FTC e Barbosa FS (2008) Potencial fisiológico de sementes de feijão-caupi produzidas em duas regiões do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica 39**: 443-448.

Torres SB, Oliveira FN, Oliveira RC e Fernandes JB (2008) Produtividade e morfologia de acessos de caupi, em Mossoró, RN. **Horticultura Brasileira 26**: 537-539.

Torres MHRM (2015) **Progresso genético com base na seleção simultânea de caracteres em linhagens elite de feijão-caupi**. Tese (Doutorado), UFPI, Teresina, 82p.

Vasconcelos IM, Maia FMM, Farias DF, Campello CC, Carvalho AFO, Moreira RA e Oliveira JTA (2010) Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis 23**: 54-60.

Valenzuela H e Smith J (2002) **Cowpea**. University of Hawaii, Honolulu, 3p.

Zilli JE, Valicheskir R, Rumjanek NG, Simões-Araújo JL, Freire Filho FR e Neves MCP (2006) Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 41**: 811-81.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura de suma importância, seja como alimento ou como geradora de emprego e renda (Freire Filho et al. 2011). É fonte importante de proteínas, minerais e fibras, constituindo componente alimentar rotineiro na vida da população, seja ela rural ou urbana, das regiões Nordeste e Norte do Brasil (Freire Filho et al. 2011, Frota, Soares e Arêas 2008, Singh 2007). Devido ao avanço da cultura por meio da utilização de novas tecnologias de manejo e sua excelente adaptação edafoclimática, o feijão-caupi passou a ser uma cultura bastante difundida em praticamente todas as regiões do país (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005), sendo bastante evidente sua migração da região Norte-Nordeste para o Centro-Oeste, onde há grandes áreas de cultivo, o que contribui para o aumento da produção e obtenção de um excedente exportado, uma vez que a cultura é bem aceita em outros países (Coelho 2017).

Embora tenha havido um avanço considerável na produção, acredita-se que o potencial genético da cultura tem muito a ser explorado e há uma estimativa de alcance de produtividade promissora, porém são necessárias mais pesquisas para que os rendimentos esperados em produtividade sejam efetivamente alcançados (Frota, Freire Filho e Corrêa 2000, Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005, Correa et al. 2015). Segundo a Finep (2005), o melhoramento genético da cultura em estudo tem sido desempenhado levando em consideração interesses de toda a cadeia produtiva do feijão-caupi, desde agricultores familiares e empresariais até os mais relacionados ao produto final, como distribuidores, exportadores, comerciantes e consumidores.

O destino dos programas de melhoramento está intimamente ligado à disponibilidade de material genético representativo da diversidade da espécie para que variedades melhoradas possam ser desenvolvidas (Rangel et al. 2013), sendo assim, no melhoramento das espécies, a avaliação dos materiais é uma ferramenta de auxílio muito importante na escolha dos progenitores, baseando-se nas variáveis mais relevantes para determinadas finalidades (Coelho et al. 2010).

Para o conhecimento de um novo material, a caracterização é o passo inicial a ser dado e, com isso, o estudo dos descritores morfológicos e agronômicos de uma cultura vem auxiliar nesse processo (Aquino 2016). Segundo Dantas et al. (2008), dentre os trabalhos realizados nos bancos de germoplasma, as atividades de

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

avaliação e caracterização são as mais significativas e detém a maior parte dos esforços uma vez que, com base nelas, torna-se possível agrupar uma coleção em subconjuntos, segundo a finalidade de seu uso no melhoramento. Nesse sentido, coleções de germoplasma de feijão-caupi têm sido mantidas com o intuito de garantir a ampliação e conservação da sua diversidade genética e também promover a sua caracterização, oferecendo aos melhoristas material genético para obtenção de novas cultivares (Freire et al. 1999).

Com base nos estudos relacionados a parâmetros genéticos, conhece-se a variabilidade genética da espécie, essencial para os programas de melhoramento, como a expressão de um caráter e também a possibilidade de ganhos por meio da seleção direta ou indireta (Rocha et al. 2003, Dantas et al. 2008). Informações a respeito de estimativas de parâmetros genéticos de caracteres quantitativos têm auxiliado no aumento da eficiência dos programas de melhoramento de feijão-caupi (Singh 2007).

As técnicas de análises multivariadas vêm sendo cada vez mais utilizadas para a quantificação da divergência genotípica e fenotípica em diversas culturas (Büttow et al. 2010). Tais técnicas possibilitam a combinação de várias informações contidas na unidade experimental, tornando possível a caracterização dos materiais baseando-se em um conjunto de variáveis (Ferrão et al. 2011), combinando, simultaneamente, as informações, as quais não poderiam ser obtidas apenas com a utilização de análise univariada (Viana et al 2000).

Conforme Cruz, Regazzi e Carneiro (2004), a análise de agrupamento tem como objetivo unir, de acordo com algum critério de classificação, os genitores (ou ainda, qualquer outro tipo de unidade amostral) em vários grupos, de forma que haja homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre eles.

De acordo com Sousa et al. (2017), dentre as técnicas possíveis para selecionar genitores tem destaque a análise de divergência genética, porém ainda incipiente para a cultura do feijão-caupi. A medida de dissimilaridade e o método empregado para tal devem transmitir ao melhorista segurança na seleção de genitores para os cruzamentos, ser utilizado o mais eficiente, e também ser de simples execução e fácil interpretação (Cargnelutti Filho et al. 2008). Segundo Simon, Kamada e Moiteiro (2012) dentre as medidas de dissimilaridade usadas no

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

estudo de divergência genética entre genótipos, a Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2) é a convencionalmente mais utilizada.

A compreensão a respeito das correlações é muito importante para a medição do grau de associação entre variáveis e, com isso, viabilizar a avaliação do quanto uma alteração em uma variável pode vir a afetar outras (Silva et al. 2016).

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo a avaliação e caracterização de diferentes genótipos de feijão-caupi, estimar a variação genética entre eles, pela análise de divergência genética, além de correlacionar os caracteres por meio de correlações genéticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das sementes e condução do experimento

O experimento foi conduzido em campo experimental da Estação Experimental de Itapirema, pertencente ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), localizado no município de Goiana, região da Zona da Mata de Pernambuco, a 56 km do Recife.

Foram utilizados 12 genótipos de feijão-caupi, cedidos pelo IPA: Belém do São Francisco 2, BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Encruzilhada 1, Juazeiro 7, Macaibo, Manteiguinha Santarém, Pingo de Ouro, Portalegre 2, Sempre Verde, Tucuruí 1 e Vitória 2, oriundos de diferentes localidades das Regiões Nordeste e Norte do Brasil (Tabela 1). Adotou-se como testemunhas as cultivares BRS Cauamé e Sempre Verde por ser a primeira registrada para Pernambuco e a segunda, crioula e tradicionalmente cultivada no estado.

Tabela 1: Locais de procedência dos genótipos de feijão-caupi em estudo. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Localidade de procedência (Estado) | Genótipos | Localidade de procedência (Estado) |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Portalegre 2 | RN | Manteiguinha Santarém | PA |
| Cavaleiro 8 | PE | Vitória 2 | PE |
| Tucuruí 1 | PA | Belém do São Francisco 2 | PE |
| Juazeiro 7 | BA | BRS Cauamé * | PI ** |
| Encruzilhada 1 | PE | Pingo de Ouro | PE |
| Macaibo | PI ** | Sempre Verde * | PE |

*Tomadas como testemunha para comparação com os demais; ** Embrapa Meio-Norte.

Fonte: IPA, 2016.

2.1.1 Práticas de manejo realizadas

Para a instalação do experimento foi feito o preparo do solo, aproximadamente 15 dias antes do plantio (junho/2016), com arado e grade, enquanto o controle das plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manuais.

Foi procedida ainda, para realização da adubação, a amostragem do solo para obtenção das análises química e física do solo na área (Tabela 2), as quais foram processadas pelo Laboratório de Análise do Solo no IPA, com sede em Recife-PE.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 2: Análises química e física de amostra de solo da área experimental da Estação Experimental de Itapirema, em Goiana, região da Zona da Mata Norte de Pernambuco, no ano de 2016. Recife-PE, 2017.

| Características Químicas | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|------------------------------------|-----|----|---|
| Camada (cm) | P mg/dm ³ | pH (H ₂ O) | cmol _c /dm ³ | | | | | | Calagem t.ha ⁻¹ | cmol _c /dm ³ | | % | |
| | | | Ca | Mg | Na | K | Al | H | | S | CTC | V | m |
| 0 - 20 | 28 | 5,80 | 1,10 | 0,40 | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 4,07 | 1,0 | 1,6 | 5,7 | 27 | 3 |

| Características Físicas | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------|-------|--------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Camada (cm) | Densidade g/cm ³ | Composição granulométrica (%) | | | | Argila Natural (%) | Grau Floculação (%) | Classe Textural (*) |
| | | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila | | | |
| 0 - 20 | 2,62 | 54 | 31 | 2 | 13 | 0 | 100 | AF |

(*) AF= Areia Franca. Fonte: IPA, 2016.

2.1.2 Sistema de cultivo e monitoramento das condições meteorológicas

O experimento foi conduzido em sistema de sequeiro, sendo realizado o monitoramento pluviométrico (Tabela 3) durante todo o ciclo da cultura a partir da estação meteorológica automática, instalada na própria estação experimental do IPA, em Goiana, bem como foram colhidos os dados de temperatura e umidade do ar da região durante todo o experimento, através de boletins climáticos emitidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).

Tabela 3: Dados meteorológicos da Estação Experimental de Itapirema, em Goiana, região da Zona da Mata Norte de Pernambuco no ano de 2016. Recife-PE, 2017.

| Mês | Precipitação (mm) | Nº dias de chuva | Temperatura máxima (° C) | Temperatura mínima (° C) | Umidade absoluta (%) |
|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Junho ¹ | 17,1 | 2 | 30,7 | 19,3 | 51 |
| Julho | 68,3 | 19 | 29,5 | 17,9 | 43 |
| Agosto | 46,1 | 13 | 30,1 | 18,4 | 42 |
| Setembro | 47,5 | 12 | 32,1 | 18,1 | 35 |
| Outubro ² | 2,00 | 4 | 32,1 | 18,7 | 36 |
| Total | 181,0 | 50 | | | |

¹Volume de chuva referente a dois dias; ²Volume de chuva referente a quatro dias;. Fonte: IPA (2016) e APAC (2016).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

2.2 Parcela experimental

A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de três metros de comprimento, com quatro repetições, utilizando-se o espaçamento 0,50 m entre fileiras x 0,25 m entre covas, e distância de dois metros entre blocos. A área total da parcela foi de 6 m², com área útil de 3 m², portanto, a área total do experimento foi de 480 m². A semeadura dos doze genótipos foi realizada em covas, com densidade de quatro sementes/cova, 15 dias após a emergência foi feito o desbaste, deixando-se apenas duas plantas por cova. As avaliações foram realizadas considerando-se apenas as duas fileiras centrais de cada parcela, as quais foram consideradas como a área útil.

2.3 Caracterização morfológica, agronômica e componentes de produção

Foram avaliadas características morfológicas e agronômicas das plantas. Os caracteres qualitativos e quantitativos foram analisados baseando-se em descritores para feijão-caupi (BRASIL 2010; International Board for Plant Genetic Resources 1983; e Bioversity International 2007), com modificações, respeitando-se cada fase da cultura. Foram avaliados:

a) *Caracteres da folha*: intensidade da cor verde; forma do folíolo central; comprimento do folíolo central; largura do folíolo central; presença e ausência de estípulas; presença e ausência de antocianina na base da folha e do folíolo central.

b) *Caracteres da Planta*: hábito de crescimento; porte; presença de antocianina; ciclo total; florescimento médio (quando 50% das plantas apresentaram pelo menos uma flor aberta);

c) *Inflorescência*: tipo; cor do botão floral; cor da flor (estandarte e asas); cor do cálice; cor primária do cálice; presença e ausência de antocianina na base do cálice;

d) *Vagem*: perfil; comprimento (em amostra de dez vagens); número predominante por pedúnculo; número predominante por planta; distribuição predominante em relação à folhagem; número de cores; cor primária (que cobre maior área); presença (intensidade) e ausência de pigmentação antociânica.

Os seguintes descritores também foram utilizados: peso de grão em dez vagens, número de grãos em dez vagens, índice de grãos (relação entre o peso de dez vagens e o peso de sementes das dez vagens), peso de 100 grãos, produção (total de vagens secas colhidas, em Kg) e produtividade (em Kg. ha⁻¹).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Para as características qualitativas foram realizadas avaliações visuais. Já para os caracteres quantitativos de comprimento e/ou largura de folíolos e de vagens a mensuração foi feita com auxílio de régua e trena graduadas em cm.

2.4 Divergência genética

Por meio da análise multivariada, foi utilizada a medida de dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e realizada a análise da divergência genética para caracteres quantitativos entre os genótipos pelo método hierárquico UPGMA (Ligação Média Entre Grupos). Foi ainda estimada, pelo método de Singh (1981), a contribuição relativa das variáveis para a divergência genética.

2.5 Correlações genéticas

As estimativas das correlações fenotípicas (r_f), genotípicas (r_g) e ambientais (r_a) foram obtidas, conforme Mode e Robinson (1959), para caracteres agronômicos e de componentes de produção, sendo eles: número de pedúnculo por planta, número de vagem por planta; peso de 10 vagens; peso de sementes de 10 vagens; número de sementes de 10 vagens; peso de 100 sementes; índice de grãos e produção. Tais correlações foram testadas a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t com $n-2$ graus de liberdade e a significância dada pelo método *bootstrap* com cinco mil simulações.

2.6 Análises dos dados e estatística

Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas Microsoft® Excel 2016 e submetidos à análise de variância, obtendo-se as médias, a matriz de variância e as covariâncias residuais. Para os descritores quantitativos analisados, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a análise multivariada, foi feita a medida de dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e, a partir dela, realizada a análise de agrupamento pelo método hierárquico UPGMA (Ligação Média Entre Grupos). Tanto para a contribuição relativa das variáveis para a divergência genética (Singh 1981), como para as estimativas de correlação, utilizou-se o programa estatístico Genes (Cruz 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica

Suas folhas trifolioladas (Figura 1A) e pecioladas são compostas por três folíolos, com dois destes laterais e opostos entre si e um central (ou terminal). Todos os genótipos apresentaram características comuns como padrão básico de venação foliar do tipo eucamptódroma, margem do tipo inteira com tricomas curtos do tipo escabro e ápice foliar cuneado. Quanto à base foliar, foi observada do tipo subcordada (Figura 1B) nos genótipos Macaibo e Cavaleiro 8 e cuneada (Figura 1C) nos demais genótipos. Forma básica em folhas mais longa (Figura 1B e 1C), próxima à base, do tipo ovada (Encruzilhada 1 e Macaibo) e trulada (nos genótipos restantes).

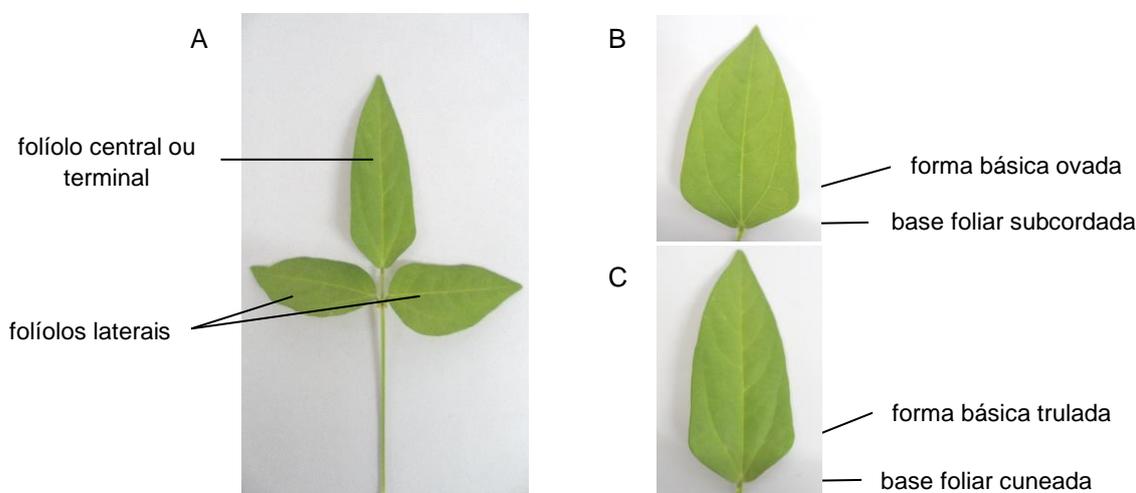


Figura 1: Aparência da folha trifoliolada (A) em doze genótipos de feijão-caupi; base foliar do tipo subcordada e forma básica do tipo ovada (B); base foliar do tipo cuneada e forma básica do tipo trulada (C). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).

Observou-se presença de estípulas (Figura 2A) na base foliar trifoliolada e do folíolo central, com exceção do genótipo Tucuruí 1. Pode haver ou não a ocorrência de antocianina na base da folha trifoliolada e do folíolo central. No caso dos genótipos Portalegre 2, Tucuruí 1, Juazeiro 7, Encruzilhada 1 e Manteiguinha Santarém verificou-se ausência de pigmentação antociânica. Já nos genótipos BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Sempre Verde e Vitória 2 ocorreu a presença de pigmentação, de forma moderada, tanto na base da folha trifoliolada como do folíolo central, porém nos genótipos BRS Cauamé e Cavaleiro 8 só foi possível verificar pigmentação antociânica na base da folha trifoliolada (Figura 2B). Segundo Aza-Gonzáles, Núñez-

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Palenius e Ochoa-Alejo (2012), as antocianinas podem estar acumuladas em diversos níveis na planta e possuem muitas funções biológicas, como atração de agentes polinizadores e prevenção de danos foto-oxidativos, além de agregar relevante papel como propriedade antioxidante.

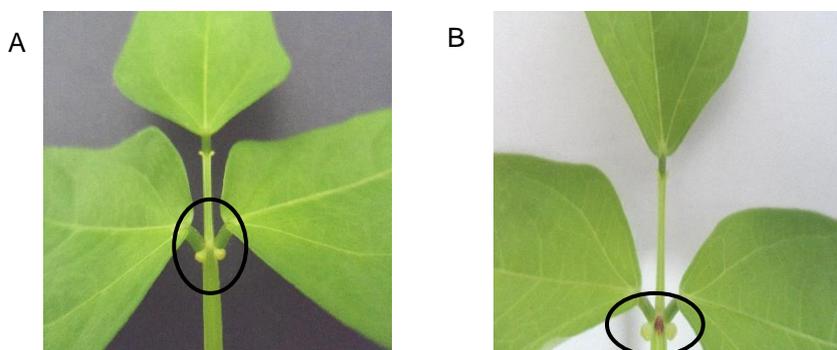


Figura 2: Estípulas na base da folha trifoliolada e folíolo central (A) comuns nos genótipos de feijão-caupi; detalhe de pigmentação antociânica na base da folha trifoliolada comum aos genótipos BRS Cauamé e Cavaleiro 8 (B). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).

As faces adaxial e abaxial das folhas caracterizaram-se como glabras, contudo é possível verificar a presença de tricomas curtos nas nervuras central e secundárias. Apresentaram diferentes tonalidades de verde na face adaxial (Tabela 4), indo do verde claro (Sempre Verde), verde médio (Portalegre 2, Cavaleiro 8, Tucuruí 1, Juazeiro 7, Encruzilhada 1, Manteiguinha Santarém, Vitória 2, Belém do São Francisco 2, BRS Cauamé e Pingo de Ouro) ao verde escuro (Macaibo), e a face abaxial de todos os genótipos de coloração verde bem clara.

O hábito de crescimento indeterminado (Tabela 4) foi comum aos genótipos estudados, é caracterizado, segundo Araújo et al. (1984), por apresentar um crescimento contínuo da haste principal, havendo emissão de novos ramos e gemas florais ao longo do seu desenvolvimento.

Todos os genótipos apresentaram porte semiereto (Tabela 4), com exceção dos genótipos Macaibo e BRS Cauamé, que diferiram dos demais por possuírem porte semiprostrato e ereto, respectivamente.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 4: Caracterização de doze genótipos de feijão-caupi por descritores morfológicos da planta, folha e inflorescência. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Planta | | Folha | Inflorescência | | | |
|--------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|------------------------|----------------------|-------------|---------------|
| | Porte da planta | Hábito de crescimento | Cor da folha | Tipo de Inflorescência | Cor do Botão floral | Cor da flor | Cor do cálice |
| Portalegre 2 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Roxa | Verde |
| Cavaleiro 8 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Roxa | Verde |
| Tucuruí 1 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Branca | Verde |
| Juazeiro 7 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Roxa | Verde |
| Encruzilhada 1 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Roxa | Verde |
| Macaibo | Semiprostrado | Indeterminado | Verde escuro | Simples | Verde | Branca | Verde |
| Manteiguinha Santarém | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Branca | Verde |
| Vitória 2 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Roxa | Verde |
| Belém do São Francisco 2 | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde ^{ant} | Roxa | Verde |
| BRS Cauamé * | Ereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Branca | Verde |
| Pingo de Ouro | Semiereto | Indeterminado | Verde médio | Simples | Verde | Roxa | Verde |
| Sempre Verde * | Semiereto | Indeterminado | Verde claro | Simples | Verde | Roxa | Verde |

*Tomadas como testemunha para comparação com os demais; ^{ant} presença de antocianina. Fonte: Medeiros JE (2017).

Os caracteres relacionados a arquitetura da planta, como o porte, podem, de acordo com Rocha et al. (2009), facilitar tanto a colheita manual quanto a mecanizada. Segundo, Bezerra et al. (2012), em sistemas de cultivo tecnificados, onde se utiliza a colheita mecanizada, a arquitetura das plantas adequada à cultivos adensados é um fator relevante, pois vem viabilizando o cultivo da cultura em grandes áreas. A arquitetura da planta é um dos fatores de grande importância na escolha de um material a ser utilizado (Freire Filho, Ribeiro e Santos 2000), pois pode influir na densidade de plantas e, com isso, interferir em fatores como quantidade de luz incidente nas folhas, índice de área foliar e taxa de crescimento da cultura, podendo aumentar ou diminuir os componentes da produção (Mendes et al. 2005, Bezerra et al. 2012).

A inflorescência em todos os genótipos é simples (Tabela 4), com botões florais verde e cálice de mesma coloração, porém no genótipo Belém do São Francisco 2 foi verificada também a presença de regiões antociânicas na base do cálice.

Quanto à flor, classificada como perfeita (Tabela 4), verificou-se apenas dois tipos de coloração predominantes: roxa na maioria dos genótipos, como Portalegre 2, Cavaleiro 8, Juazeiro 7, Encruzilhada 1, Vitória 2, Belém do São Francisco 2, Pingo de Ouro e Sempre Verde e branca nos genótipos Tucuruí 1, Macaibo, Manteiguinha Santarém e BRS Cauamé. Em todas as flores pode-se observar uma coloração amarela, centralizada próxima à região marginal entre o estandarte e as asas. A abertura de suas flores se deu nas primeiras horas do dia, por volta das 5 h da manhã e se estendeu até aproximadamente 7 h da manhã.

Avaliando-se as características relacionadas à vagem seca (Tabela 5), ainda na planta, observou-se que apenas 1/3 dos genótipos avaliados apresentaram distribuição de vagens no nível da folhagem (Portalegre 2, Encruzilhada 1, Macaibo e BRS Cauamé), enquanto que nos demais foi possível observar as vagens acima da folhagem, o que veio a facilitar as avaliações e também a colheita das mesmas. Esta distribuição das vagens observada nos genótipos estudados contribui para a obtenção de vagens saudáveis e com boa aparência, características importantes para a comercialização principalmente se tratando de vagens e grãos verdes. De acordo com Leite, Virgens Filho e Rodrigues (1999), a posição da vagem no nível e acima da folhagem é uma característica benéfica para a cultura, pois dificulta o apodrecimento das vagens em casos de chuva durante a colheita.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 5: Caracterização de doze genótipos de feijão-caupi por descritores morfológicos da vagem seca. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Vagem seca | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-----------|
| | Posição em relação à folhagem | Cor primária | Presença de antocianina | Intensidade de antocianina | Perfil |
| Portalegre 2 | No nível | Amarelo médio | - | - | Recurvado |
| Cavaleiro 8 | Acima | Amarelo claro | - | - | Recurvado |
| Tucuruí 1 | Acima | Amarelo claro | - | - | Recurvado |
| Juazeiro 7 | Acima | Amarelo médio | - | - | Recurvado |
| Encruzilhada 1 | No nível | Amarelo claro | - | - | Recurvado |
| Macaibo | No nível | Amarelo escuro | - | - | Recurvado |
| Manteiguinha Santarém | Acima | Amarelo claro | - | - | Recurvado |
| Vitória 2 | Acima | Amarelo médio | - | - | Recurvado |
| Belém do São Francisco 2 | Acima | Amarelo escuro | Presente | Escuro | Recurvado |
| BRS Cauamé * | No nível | Amarelo médio | - | - | Recurvado |
| Pingo de Ouro | Acima | Amarelo médio | - | - | Recurvado |
| Sempre Verde * | Acima | Amarelo claro | - | - | Recurvado |

*Tomadas como testemunha para comparação com os demais; - Ausência de antocianina. Fonte: Medeiros JE (2017).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Os doze genótipos apresentaram perfil da vagem semelhantes, classificado como recurvado (Tabela 5). Contudo, para o caráter coloração das vagens foi verificada cor primária predominantemente amarela (Tabela 5), porém suas tonalidades variaram, sendo encontradas amarelo claro nos genótipos Cavaleiro 8, Tucuruí 1, Encruzilhada 1, Manteiguinha Santarém e Sempre Verde, amarelo médio nos genótipos Portalegre 2, Juazeiro 7, Vitória 2, BRS Cauamé e Pingo de Ouro e amarelo escuro nos genótipos Macaibo e Belém do São Francisco 2, este último foi o único genótipo no qual houve na vagem presença de antocianina de intensidade escura.

3.2 Caracterização agronômica e componentes de produção

Quanto aos valores médios obtidos na avaliação dos caracteres quantitativos (Tabela 6), pode-se observar que para o comprimento do folíolo central (CFC) o genótipo Juazeiro 7 apresentou a maior média (14,72 cm), enquanto que o menor valor foi encontrado no Manteiguinha Santarém (10,10 cm), estando este abaixo da média geral dos genótipos, que foi de 12,69 cm. Ainda avaliando as medidas do folíolo central, as larguras obtidas foram próximas à média e, em alguns casos, superiores a 8 cm, como nos genótipos Belém do São Francisco 2 (8,32 cm), Sempre Verde (7,95 cm) e Juazeiro 7 (7,92 cm); já a menor média foi encontrada no Cavaleiro 8, abaixo da média geral de 7,41 cm, porém diferindo estatisticamente, para este descritor, apenas do genótipo Belém de São Francisco 2.

Resultados semelhantes ao comprimento e largura do folíolo central foram verificados por Marinho, Pereira e Costa (2001), avaliando nove cultivares de feijão-caupi, obtendo médias de comprimento entre 10-13 cm e médias de largura entre 5-9 cm.

O tempo médio de floração (TMF), Tabela 6, foi maior no genótipo Macaibo, com cerca de 58 dias após o plantio, demonstrando que esse material foi mais tardio na emissão de suas flores quando comparado aos demais genótipos. Já outros tiveram TMF inferior a 46 dias, como no caso do Encruzilhada 1, Vitória 2, BRS Cauamé e Sempre Verde. Todavia, o genótipo Pingo de Ouro mostrou-se mais precoce, apresentando o menor tempo médio de floração entre todos, com aproximadamente 40 dias.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 6: Média dos caracteres comprimento do folíolo central (CFC), largura do folíolo central (LFC), tempo médio de floração (TMF), ciclo total (CT) e comprimento de vagem (CV) de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Caracteres | | | | |
|--------------------------|------------|----------|------------|-----------|----------|
| | CFC (cm) | LFC (cm) | TMF (dias) | CT (dias) | CV (cm) |
| Portalegre 2 | 12,55 bc | 7,07 ab | 52,25 b | 84,75 b | 21,27 ab |
| Cavaleiro 8 | 11,60 cd | 6,60 b | 46,00 cde | 78,25 cde | 22,6 ab |
| Tucuruí 1 | 13,20 abc | 7,20 ab | 46,50 cd | 80,00 cd | 21,97 ab |
| Juazeiro 7 | 14,72 a | 7,92 ab | 46,25 cde | 79,25 cd | 23,10 ab |
| Encruzilhada 1 | 12,55 bc | 7,35 ab | 45,50 cde | 76,75 def | 20,92 ab |
| Macaibo | 12,97 bc | 7,65 ab | 58,75 a | 89,50 a | 19,15 ab |
| Manteiguinha Santarém | 10,10 d | 6,72 b | 51,00 b | 79,25 cd | 13,17 b |
| Vitória 2 | 13,25 ab | 7,22 ab | 44,50 de | 75,00 efg | 28,15 a |
| Belém do São Francisco 2 | 13,55 ab | 8,32 a | 48,00 c | 81,00 c | 20,55 ab |
| BRS Cauamé * | 13,05 bc | 7,50 ab | 43,75 e | 73,00 gh | 19,37 ab |
| Pingo de Ouro | 12,50 bc | 7,45 ab | 40,25 f | 69,75 h | 20,32 ab |
| Sempre Verde * | 12,32 bc | 7,95 ab | 44,75 de | 74,00 fg | 20,92 ab |
| Média geral | 12,69 | 7,41 | 47,29 | 78,37 | 20,96 |
| CV (%) | 5,15 | 7,46 | 2,32 | 1,74 | 18,87 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Medeiros JE (2017).

Tempo médio de floração aproximado aos obtidos nos genótipos de feijão-caupi avaliados (Tabela 6) foi percebido por Oliveira (2012), onde os genótipos apresentaram pelo menos 50% de suas flores abertas a partir dos 42 dias, chegando a 52 dias após o semeio; e por Silva (2011), onde avaliando seis cultivares de feijão-caupi, encontrou TMF variando entre 43 e 51 dias.

Com maior tempo médio de floração, grande parte dos genótipos apresentou também maiores médias de ciclo total, observados na Tabela 6, sendo evidenciada a maior média no genótipo Macaibo completando seu ciclo fenológico aos 89 dias, sendo considerado assim, de acordo com Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005), como um genótipo de ciclo médio-tardio. Valores maiores foram encontrados por Oliveira (2012), obtendo em seu trabalho colheita aos 92 dias após o plantio. Todavia, o genótipo Pingo de Ouro completou seu ciclo no menor espaço de tempo entre os demais, chegando à maturidade próximo aos 70 dias após o plantio, sendo considerado assim, como um genótipo de ciclo precoce (Freire Filho, Lima e Ribeiro

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

2005). O ciclo precoce é considerado como um meio estratégico que confere uma alternativa de esquivar-se das estiagens, fator este muito comum nas zonas semiáridas do país (Ehlers e Hall 1997). As questões de variação quanto ao ciclo podem ser justificadas pela influência da localidade do plantio e também por fatores climáticos (Motta et al. 2002).

As vagens colhidas de todos os genótipos, apresentaram considerável variação de comprimento de vagens (Tabela 6), sendo encontrados em alguns genótipos médias inferiores (13,17 cm no Manteiguinha Santarém) e superiores (28,15 cm no Vitória 2) às testemunhas BRS Cauamé e Sempre Verde (19,37 e 20,92 cm, respectivamente). Contudo, apesar dessa variação apresentar uma amplitude de 14,98 cm, os valores das médias dos doze genótipos mantiveram-se próximos da média geral para esse caráter avaliado, que foi de 20,96 cm de comprimento.

As médias de comprimento de vagem (CV) alcançadas pelos genótipos (Tabela 6), em sua quase totalidade, foram superiores às encontradas por Teixeira et al. (2006), em que avaliando este caráter, em 22 genótipos, observaram médias variando entre 11,5 cm e 17,4 cm; superiores também aos resultados encontrados por Lopes et al. (2001), Oliveira (2014), Silva et al. (2014a), Souza (2016) e Públio Júnior et al. (2017), os quais obtiveram comprimentos médios de vagem de aproximadamente 17 cm. Os comprimentos de vagens encontrados no presente trabalho, corroboram com os resultados encontrados por Torres et al. (2008), Silva e Neves (2011) e Lino et al. (2015), em que a média de comprimento das vagens aproximou-se de 20 cm.

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho (Tabela 6), dos 12 genótipos avaliados, apenas os genótipos Macaibo, Manteiguinha Santarém e BRS Cauamé apresentaram comprimento de vagem abaixo dos padrões comerciais que é, segundo Silva e Oliveira (1993) e Miranda et al. (1996), acima de 20 cm. Barriga e Oliveira (1982) e Lopes et al. (2001) afirmam que o caráter comprimento de vagem é muito importante, pois está extremamente ligado à produtividade de grãos e tem apresentado maiores magnitudes de herdabilidade.

Houve diferença significativa entre o genótipo Manteiguinha Santarém e os demais genótipos quanto ao número de pedúnculo por planta e número de vagem por planta (Tabela 7), onde o genótipo destacou-se por apresentar em média 9 pedúnculos por planta, 14 vagens por planta e também maior índice de grãos.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Resultado próximo a este foi verificado na cultivar Manteiguinha, avaliada em experimentos conduzidos por Oliveira et al. (2015), no qual o genótipo apresentou média de 13 vagens/planta. O fato do genótipo Manteiguinha Santarém ter produzido maior número de vagens por planta, pode ser atribuído ao alto número de pedúnculos por planta alcançado, todavia, apesar da alta média obtida nesse caráter (NV/PI), o genótipo apresentou comprimento de vagens inferior aos demais genótipos. Pode-se inferir ainda que, durante o processo biológico da planta, a mesma concentrou parte da distribuição de sua energia para a produção das vagens, porém resultando em frutos relativamente pequenos (Manteiguinha Santarém). Além disso, os genótipos de feijão-caupi comportam-se de forma distinta às condições ambientais de determinados locais (Santos et al. 2009, Silva et al. 2014a).

O número de vagem por planta (NV/PI) é uma das principais características levadas em consideração na escolha de variedades, entre os genótipos avaliados a média geral obtida (Tabela 7) foi de aproximadamente cinco vagens por planta, superior às médias encontradas por Marinho, Pereira e Costa (2001), que, em geral, não ultrapassaram três vagens/planta.

Alguns genótipos apresentaram médias de massa de dez vagens (P10V) próximas de 40 g e massa de sementes de dez vagens (PS10V) em torno de 30 g (Tabela 7), o que resultou em um índice de grãos elevado. Tais resultados favoráveis a estes componentes de produção podem ser verificados nos genótipos Tucuruí 1, Juazeiro 7, Encruzilhada 1, Vitória 2, Belém do São Francisco 2, Pingo de Ouro e Sempre Verde.

O número de sementes de 10 vagens (NS10V) variou um pouco entre os genótipos, em que o genótipo Tucuruí 1 foi aquele com maior número de sementes em 10 vagens (144 sementes) quando comparado com o BRS Cauamé que apresentou o menor número de sementes de 10 vagens (107 sementes) (Tabela 7).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 7: Média dos caracteres agronômicos e componentes de produção de doze genótipos de feijão-caupi: Número de pedúnculo por planta (NP/PI); número de vagem por planta (NV/PI); peso de 10 vagens (P10V) em g; peso de sementes de 10 vagens (PS10V) em g; número de sementes de 10 vagens (NS10V); peso de 100 sementes (P100S) em g; índice de grãos (IG) em %; produção (P) em Kg; e produtividade (PROD.) em kg/ha. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Caracteres | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|---------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|---------|-------------|
| | NP/PI | NV/PI | P10V | PS10V | NS10V | P100S | IG | P | PROD. |
| Portalegre 2 | 4,07 b | 4,22 b | 39,56 abc | 31,14 abc | 121,50 ab | 25,68 bcd | 78,66 ab | 0,19 b | 657,92 b |
| Cavaleiro 8 | 3,15 b | 3,42 b | 36,69 bc | 28,73 bcd | 131,00 ab | 22,56 d | 78,35 ab | 0,32 ab | 1.086,40 ab |
| Tucuruí 1 | 3,57 b | 4,22 b | 43,45 ab | 34,72 ab | 144,25 a | 24,74 bcd | 80,06 ab | 0,47 a | 1.574,82 a |
| Juazeiro 7 | 3,97 b | 4,25 b | 41,44 ab | 33,20 abc | 120,25 ab | 29,64 a | 80,13 ab | 0,48 a | 1.629,42 a |
| Encruzilhada 1 | 4,00 b | 4,65 b | 40,55 ab | 32,48 abc | 121,00 ab | 27,44 ab | 80,12 ab | 0,52 a | 1.735,62 a |
| Macaibo | 3,80 b | 4,45 b | 34,19 bc | 25,89 bc | 141,75 ab | 18,93 e | 75,76 b | 0,33 ab | 1.106,65 ab |
| Manteiguinha Santarém | 9,25 a | 14,05 a | 13,12 d | 10,93 d | 122,25 ab | 9,30 f | 83,37 a | 0,29 ab | 982,77 ab |
| Vitória 2 | 4,45 b | 4,47 b | 46,17 a | 36,48 a | 134,75 ab | 28,12 ab | 79,04 ab | 0,49 a | 1.643,00 a |
| Belém do São Francisco 2 | 4,65 b | 5,00 b | 39,02 abc | 30,63 abc | 133,25 ab | 23,83 cd | 78,36 ab | 0,29 ab | 970,25 ab |
| BRS Cauamé | 5,72 b | 8,02 b | 30,87 c | 24,88 c | 107,75 b | 22,78 d | 80,49 ab | 0,39 ab | 1.308,90 ab |
| Pingo de Ouro | 4,35 b | 5,37 b | 38,18 abc | 31,72 abcd | 125,00 ab | 26,65 abc | 82,96 a | 0,49 ab | 1.657,07 a |
| Sempre Verde | 4,85 b | 5,50 b | 38,68 abc | 30,47 abcd | 124,25 ab | 25,54 bcd | 78,75 ab | 0,40 ab | 1.356,55 ab |
| Média geral | 4,65 | 5,65 | 36,83 | 29,27 | 127,25 | 23,77 | 79,67 | 0,39 | 1.309,12 |
| CV (%) | 19,68 | 19,06 | 10,14 | 10,38 | 11,30 | 5,73 | 2,84 | 18,54 | 19,75 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Medeiros JE (2017).

No que se refere ao peso de 100 sementes (P100S), os genótipos divergiram bastante (Tabela 7), sendo obtidos valores médios de 9,30 g (genótipo Manteiguinha Santarém) até 29,64 g (Juazeiro 7). Com exceção do Manteiguinha Santarém e do Macaibo, os genótipos avaliados apresentaram valores superiores a 20 g, o que, conforme Freire Filho et al. (2011), para algumas empresas exportadoras é o limite de peso exigido em 100 grãos, contudo, dependendo do país importador a ser destinado, este valor pode exceder 25g/100 grãos. Os resultados foram ligeiramente superiores aos encontrados por Bezerra et al. (2008), que trabalhando com cinco genótipos de feijão-caupi, esses autores encontraram médias entre 14,43 g e 21,03 g em 100 sementes. Contudo, os resultados obtidos no presente estudo se aproximaram aos de Silva et al. (2014b), que obtiveram médias de peso de 100 sementes entre 17,51 g e 26,10 g e aos resultados de Marinho, Pereira e Costa (2001), que obtiveram médias mínima e máxima de peso de 100 sementes de 15 g e 29 g, respectivamente.

O índice de grãos (IG) (da Tabela 7) de todos os genótipos foi a característica que apresentou menor coeficiente de variação (2,84%), cujos valores se aproximaram da média geral, que foi de 79,67%. Médias de índice de grãos superiores a 80% foram constatados nos genótipos Tucuruí 1, Juazeiro 7, Encruzilhada 1, Vitória 2, BRS Cauamé, Pingo de Ouro e Manteiguinha Santarém. Neste último genótipo, dentre os doze avaliados, foi verificado o maior índice diferindo apenas do Macaibo e, apesar da leveza de suas vagens e grãos, a proporção da quantidade de palha foi inferior à de grãos por vagem, resultando em um índice de grãos elevado para o genótipo. Valores de IG próximos aos encontrados, foram evidenciados por Teixeira et al. (2007) avaliando vinte e dois genótipos de feijão-caupi e por Públio Júnior (2017) que estudou o comportamento de 5 cultivares de feijão-caupi.

A produção de grãos dos genótipos (Tabela 7) ficou entre 0,19 Kg no genótipo Portalegre 2 e 0,52 Kg no genótipo Encruzilhada 1, este acima da média dos genótipos avaliados. Alguns resultados de produção foram semelhantes aos encontrados por Bertini, Teófilo e Dias (2009), avaliando 16 acessos de feijão-caupi, porém, a média geral obtida para essa característica (Tabela 7) foi acima da encontrada pelos autores (0,15 Kg). A produtividade alcançada pelos genótipos (Tabela 7) chegou a 1.735,62 Kg/ha, sendo a menor 657,92 Kg/ha, podendo ser

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

considerado como um rendimento significativo se considerado o índice pluviométrico baixo no período do experimento para o feijão-caupi (Tabela 3) em que foi utilizado o cultivo em sequeiro. Valores de produtividade semelhantes, todavia, superiores em alguns genótipos, também foram verificados por Silva et al. (2014b), trabalhando com oito genótipos de feijão-caupi. Os resultados de produtividade encontrados, assemelharam-se aos obtidos por Locatelli et al. (2014), avaliando a produtividade da cultivar BRS Novaera sob diferentes lâminas de irrigação; e com os resultados de produtividade encontrados por Teixeira et al. (2007) e Teixeira et al. (2010), os quais obtiveram médias de produtividade pouco superiores a 1300 Kg/ha.

3.3 Divergência genética

A análise de dissimilaridade genética entre os doze genótipos de feijão-caupi está representada pelo dendrograma (Figura 3), em que se utilizou um corte em aproximadamente 44%, resultando na formação de três grupos distintos.

O grupo I foi formado por 10 genótipos, sendo eles os genótipos Cavaleiro 8, Tucuruí 1, Belém do São Francisco 2, Juazeiro 7, Portalegre 2, Encruzilhada 1, Sempre Verde, Vitória 2, BRS Cauamé e Pingo de Ouro, já o grupo II foi formado pelo genótipo Macaibo e o grupo III pelo genótipo Manteiguinha Santarém.

A maior distância genética observada foi entre os genótipos Encruzilhada 1 e Sempre Verde (ambos do grupo I) e os genótipos Macaibo (grupo II) e Manteiguinha Santarém (grupo III), evidenciando, assim, diferenças significantes quanto às características avaliadas entre estes genótipos. Bertini et al. (2010) afirmam que a distância genética máxima obtida indica genótipos mais divergentes, enquanto que a distância genética mínima obtida, os mais semelhantes. Os materiais mais divergentes podem ser utilizados pelo melhoramento da cultura para cruzamentos, por possibilitarem a obtenção de novas combinações gênicas.

As maiores distâncias são observadas comparando-se os genótipos do grupo I com os genótipos do grupo II ou III, com isso, para cruzamentos entre os genótipos intergrupos, deve ser feita uma análise criteriosa das características que mais influenciaram para essa divergência, levando-se em consideração o objetivo do melhoramento a ser buscado a partir desses cruzamentos.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

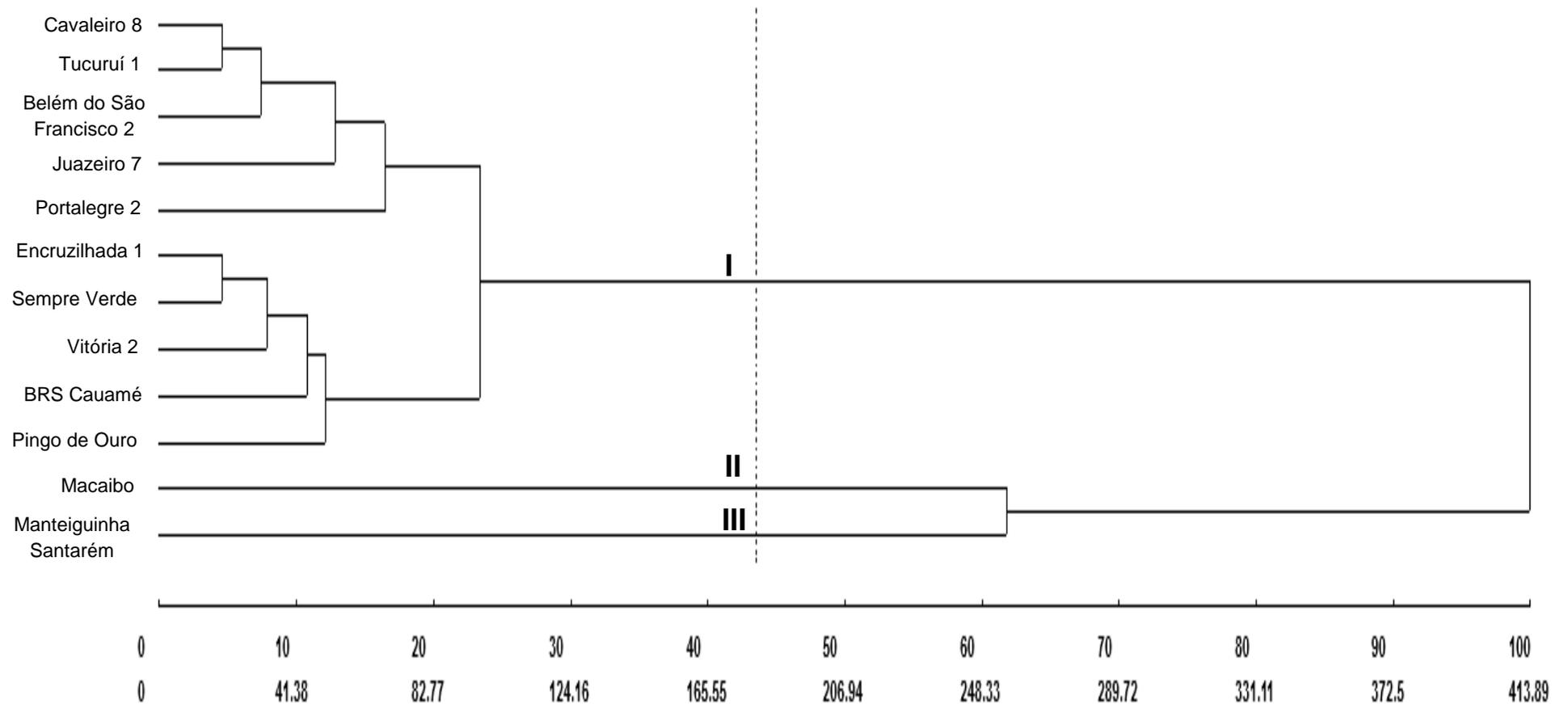


Figura 3: Dendrograma de dissimilaridades genéticas entre doze genótipos de feijão-caupi, obtido pelo Método de Agrupamento Ligação Média entre Grupos (UPGMA), com base em quatorze caracteres quantitativos, utilizando a Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2). Recife-PE, 2017. Imagem: Medeiros JE (2017).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

O grupo I divergiu dos demais grupos (Figura 3), principalmente por apresentar, na maioria dos seus genótipos, valores de média de peso de 10 vagens próximos a 40 g e peso de sementes de 10 vagens próximos ou acima de 30 g. Os grupos II e III apresentaram, se comparado ao grupo I, maior tempo para completar seu ciclo fenológico, ou ciclo total (sendo normalmente mais tardios, com aproximadamente 80 dias), e menor peso de 100 sementes, com valores de média abaixo da média geral para esse carácter.

Levando-se em consideração a significância dos fatores que levaram à obtenção dos resultados de divergência, pelo método de Singh (1981), pode-se quantificar a contribuição relativa das características avaliadas (Tabela 8) que mais contribuíram para a divergência genética entre os genótipos.

Tabela 8: Contribuição relativa das características avaliadas para divergência genética de doze genótipos de feijão-caupi, pelo método de Singh (1981). Recife-PE, 2017.

| Variável | Valor (%) |
|----------------------------------|-----------|
| Peso de dez vagens | 33,35 |
| Peso de sementes de dez vagens | 32,14 |
| Ciclo total | 7,85 |
| Peso de cem sementes | 5,91 |
| Tempo médio de floração | 5,53 |
| Número de vagem por planta | 5,03 |
| Índice de grãos | 4,11 |
| Número de pedúnculo por planta | 3,57 |
| Comprimento do folíolo central | 1,62 |
| Produtividade | 0,32 |
| Produção | 0,27 |
| Largura do folíolo central | 0,11 |
| Número de sementes de dez vagens | 0,10 |
| Comprimento de vagem | 0,09 |

Fonte: Medeiros JE (2017).

Como especificado na Tabela 8, as características que mais contribuíram para a diversidade genética dos doze genótipos foram o peso de dez vagens (33,35%) e

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

o peso de sementes de dez vagens (32,14%), sendo o comprimento de vagem o que menos contribuiu para a divergência entre os genótipos (0,09%). Apesar do número de vagem por planta ter apresentado apenas 5,03% de contribuição para a dissimilaridade entre os genótipos, deve-se atribuir considerável importância, pois, segundo Lima (2016), trata-se de um componente biológico de produção.

3.4 Correlações genéticas

O conhecimento a respeito das correlações entre caracteres expressivos de interesse para seleção em uma população tem sido de muita importância para o melhoramento de espécies vegetais, uma vez que fornece informações úteis ao melhorista, sendo capaz de auxiliar na seleção indireta para caracteres considerados principais (Leite et al. 2015).

Avaliando a Tabela 9, nota-se que não foi observada correlação genotípica (r_g) significativa pelo teste t entre os nove caracteres agronômicos avaliados.

Houve variação quanto à magnitude dos coeficientes de correlação entre as características avaliadas (Tabela 9), sendo de -0,99 a 0,99 para a correlação genotípica (r_g), onde houve apenas correlação significativa pelo teste de *bootstrap*; de -0,91 a 0,99 para a correlação fenotípica (r_f) e de -0,25 a 0,95 para correlação ambiental (r_a); sendo consideradas baixas magnitudes, quando apresentaram valores inferiores a 0,70, médias magnitudes entre 0,70 e 0,80; e altas com valores superiores a 0,80 (Tabela 9).

Quanto ao número de pedúnculo por planta (NP/PI) (Tabela 9), houve correlação genotípica e fenotípica positiva de alta magnitude (0,99 e 0,98 respectivamente) com o número de vagem por planta (NV/PI), sendo também observada para essa característica, correlações genotípicas negativas de alta magnitude com CV (-0,89), P10V (-0,96), PS10V (-0,95) e P100S (-0,82).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 9: Estimativa dos coeficientes de correlações fenotípicas (rf), genotípicas (rg) e ambientais (ra) entre nove caracteres agrônômicos avaliados em doze genótipos de feijão-caupi: Número de pedúnculo por planta (NP/PI); número de vagem por planta (NV/PI); peso de 10 vagens (P10V) em g; peso de sementes de 10 vagens (PS10V) em g; número de sementes de 10 vagens (NS10V); peso de 100 sementes (P100S) em g; índice de grãos (IG) em %; produção (P) em Kg. Recife-PE, 2017.

| | Correlação | NV/PI | CV | P10V | PS10V | NS10V | P100S | IG | P |
|--------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| NP/PI | rf | 0,98** | -0,71** | -0,87** | -0,85** | -0,38 ^{ns} | -0,76** | 0,60* | -0,25 ^{ns} |
| | rg | 0,99 ^{ns} | -0,89 ^{ns} | -0,96 ^{ns} | -0,95 ^{ns} | -0,64 ^{ns} | -0,82 ^{ns} | 0,70 ^{ns} | -0,38 ^{ns} |
| | ra | 0,95 ^{ns} | -0,16 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 0,09 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | -0,04 ^{ns} | 0,25 ^{ns} | 0,30 ^{ns} |
| NV/PI | rf | - | -0,77** | -0,91** | -0,89** | -0,39 ^{ns} | -0,80** | 0,62* | 0,23 ^{ns} |
| | rg | - | 0,98 ^{ns} | -1,00** | -0,98 ⁺ | -0,64 ^{ns} | -0,86 ^{ns} | 0,76 ^{ns} | 0,35 ^{ns} |
| | ra | - | 0,10 ^{ns} | 0,07 ^{ns} | 0,11 ^{ns} | 0,14 ^{ns} | -0,01 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | 0,35 ^{ns} |
| CV | rf | - | - | 0,88** | 0,88** | 0,26 ^{ns} | 0,81** | -0,39 ^{ns} | 0,43 ^{ns} |
| | rg | - | - | 1,00** | 1,00** | 0,30 ^{ns} | 0,99 ⁺ | -0,45 ^{ns} | 0,59 ^{ns} |
| | ra | - | - | 0,42 ^{ns} | 0,32 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | 0,19 ^{ns} | -0,25 ^{ns} | 0,01 ^{ns} |
| P10V | rf | - | - | - | 0,99** | 0,32 ^{ns} | 0,92** | -0,43 ^{ns} | 0,44 ^{ns} |
| | rg | - | - | - | 0,99 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | 0,94 ^{ns} | -0,52 ^{ns} | 0,48 ^{ns} |
| | ra | - | - | - | 0,95** | 0,69** | 0,35 ^{ns} | -0,07 ^{ns} | 0,21 ^{ns} |
| PS10V | rf | - | - | - | - | 0,28 ^{ns} | 0,94** | -0,35 ^{ns} | 0,49 ^{ns} |
| | rg | - | - | - | - | 0,23 ^{ns} | 0,96 ^{ns} | -0,46 ^{ns} | 0,54 ^{ns} |
| | ra | - | - | - | - | 0,76** | 0,29 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | 0,22 ^{ns} |
| NS/10V | rf | - | - | - | - | - | -0,03 ^{ns} | -0,46 ^{ns} | 0,02 ^{ns} |
| | rg | - | - | - | - | - | -0,01 ^{ns} | -0,96 ⁺ | -0,04 ^{ns} |
| | ra | - | - | - | - | - | -0,23 ^{ns} | 0,29 ^{ns} | 0,15 ^{ns} |
| P100S | rf | - | - | - | - | - | - | -0,21 ^{ns} | 0,53 ^{ns} |
| | rg | - | - | - | - | - | - | -0,24 ^{ns} | 0,59 ^{ns} |
| | ra | - | - | - | - | - | - | -0,19 ^{ns} | 0,18 ^{ns} |
| IG | rf | - | - | - | - | - | - | - | 0,29 ^{ns} |
| | rg | - | - | - | - | - | - | - | 0,38 ^{ns} |
| | ra | - | - | - | - | - | - | - | 0,02 ^{ns} |

**,: Significativo a 1 e 5%, pelo teste t, respectivamente; **, +: Significativo a 1 e 5%, pelo teste de *bootstrap* com 5000 simulações. Fonte: Medeiros JE, 2017.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Ainda quanto ao NP/PI (Tabela 9), foram observadas correlação fenotípica positiva de média magnitude com o índice de grãos (ÍG) no valor de 0,60 e correlações fenotípicas negativas e significativas a 5% quando correlacionado aos caracteres CV (-0,71), P10V (-0,87), PS10V (-0,85) e P100S (-0,76). Não foi verificada correlação ambiental significativa entre NP/PI e os demais caracteres avaliados em nenhum dos testes aplicados.

Para o número de vagem por planta (NV/PI) (Tabela 9), não foi verificada correlação ambiental significativa. Contudo, pode-se observar correlação fenotípica positiva de média magnitude e significativa a 5% entre o NV/PI e o índice de grãos (0,62); e correlações negativas e significativas a 1% com o CV (-0,77), P10V (-0,91), PS10V (-0,89) e P100S (-0,80). Com isso, entende-se que ao aumentar o número de vagem por planta os caracteres CV, P10V, PS10V e P100S diminuirão e caso o número de vagem por planta diminua, o CV, P10V, PS10V e P100S aumentarão. Em suma, no caso de uma correlação negativa, um caráter é favorecido em detrimento do outro. Foram observadas ainda correlações genotípicas de altas magnitudes, positiva entre NV/PI com CV (0,98) e negativas com P10V (1,00), PS10V (-0,98) e P100S (-0,86). Matos Filho et al. (2009), trabalhando com materiais de feijão-caupi, encontrou correlações genotípica e fenotípica negativa na associação entre número de vagem por planta e peso de cem sementes. Correlações genotípicas significativas e negativas para essa associação, de alta (-0,76) e baixa (-0,43) magnitudes, também foram observadas por Aryeetey e Laing (1973) e Barriga e Oliveira (1982).

O comprimento da vagem (CV) apresentou apenas correlações fenotípicas e genotípicas positivas de alta magnitude (Tabela 9), quando correlacionado com P10V ($r_f=0,88$ e $r_g=1,00$), PS10V ($r_f=0,88$ e $r_g=1,00$) e P100S ($r_f=0,81$ e $r_g=0,99$), não sendo observadas correlações ambientais significativas e nem de alta magnitude. Foi observada também por Souza et al. (2007), correlação fenotípica positiva e significativa a 1% entre o CV e o P100S; e por Aryeetey e Laing (1973) correlação genotípica positiva de alta magnitude (0,95) também entre o CV e P100S.

O peso de 10 vagens (P10V), observado na Tabela 9, apresentou correlações fenotípica e ambiental positivas e significativas a 5% de alta amplitude com a característica peso de semente de 10 vagens (PS10V) de valores 0,99 e 0,95, respectivamente, demonstrando também correlação fenotípica positiva de ampla

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

magnitude e significativa a 1% com P100S (0,92). Com isso, pode-se inferir que esses caracteres são diretamente proporcionais, onde à medida que um aumenta o outro também aumentará, e o inverso também é verdadeiro. Para o P10V foram observadas também, correlações genóticas positivas de alta magnitude com os caracteres PS10V (0,99) e P100S (0,94). Correa et al. (2015), avaliando as correlações entre caracteres de 20 genótipos de feijão-caupi, constataram correlações fenotípicas positivas e significativas para peso de vagens e peso de 100 sementes.

Com relação ao peso de sementes de 10 vagens (PS10V), houve pouca correlação entre os caracteres (Tabela 9), havendo correlações fenotípica e ambiental de média a altas magnitudes. Tais correlações foram positivas, apenas com P100S (correlações fenotípicas de 0,94 e genotípica de 0,96) e NS10V (correlação ambiental de 0,76).

No que se refere ao número de sementes de 10 vagens (NS/10V), observou-se (Tabela 9) apenas correlação genotípica de alta magnitude com direção negativa e quando correlacionado com o índice de grãos (-0,96), sendo encontrados nas demais correlações valores muito baixos e não significativos.

A correlação entre dois caracteres pode ser, segundo Nogueira et al. (2012), genotípica, fenotípica ou ambiental. Segundo Cruz, Miranda e Costa (1988), as correlações genóticas estão associadas às propriedades genéticas das populações analisadas, enquanto a correlação fenotípica é resultante da associação entre dois caracteres diretamente observados (Falconer 1987, Carvalho, Lorencetti e Benin 2004). Já a correlação ambiental é obtida quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas desigualdades das condições ambientais de um local (Falconer 1987; Almeida, Peluzio e Afferri 2010).

Para o estudo das correlações entre caracteres, Nogueira et al. (2012) afirmam que três aspectos devem ser levados em consideração para a interpretação dos resultados: a direção, a magnitude e a significância dos valores. Ainda segundo esses autores, estimativas de correlação positivas demonstram tendência de uma variável aumentar à medida que a outra também aumenta, e estimativas de correlação negativas demonstram tendência de uma variável aumentar à medida que a outra variável diminui.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Alguns autores, como Bezerra et al. (2001) e Matos Filho et al. (2009) têm utilizado o estudo das correlações em trabalhos com feijão-caupi com o objetivo de interpretar melhor seus resultados e de apresentar dados que auxiliem em programas de melhoramento da cultura.

4 CONCLUSÕES

As características morfológicas encontradas podem servir de base para a identificação do genótipo em campo, bem como para utilização de dados complementares para bancos de germoplasma da cultura.

Há distinção entre os grupos e diferenças entre os genótipos, onde o Encruzilhada 1 e Sempre Verde apresentaram-se como mais divergentes em relação ao Macaibo e Manteiguinha Santarém.

As características quantitativas peso de dez vagens e peso de sementes de dez vagens foram as que mais contribuíram para verificação da diversidade entre os materiais.

Existe influência dos componentes genéticos na manifestação fenotípica das características agronômicas e de produção avaliadas nos genótipos de feijão-caupi.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida RD, Peluzio JM e Afferri FS (2010) Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins.

Bioscience Journal 26: 95-99.

Aquino DAL (2016) **Variabilidade fenotípica e estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para produção de grão verde em genótipos de feijão-caupi**. Dissertação (Mestrado), UFRPE, Recife, 68p.

Araújo JPP, Rios GP, Watt EE, Neves BP, Fageria NK, Oliveira IP, Guimarães CM e Filho AS (1984) **Cultura do caupi**, *Vigna unguiculata (L.) Walp*; **descrição e recomendações técnicas de cultivo**. Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, 82p.

Aryeetey NA e Laing E (1973) Inheritance of yield componentes and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*). **Euphytica 22**: 386-392.

Aza-González C, Núñez-Palenius HD e Ochoa-Alejo N (2012) Molecular biology of chilipepper anthocyanin biosynthesis. **Journal of Mexican Chemical Society 56**: 93-98.

Barriga RHMP e Oliveira AFF (1982) **Variabilidade genética e correlações entre o rendimento e seus componentes em caupi (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) na região Amazônica**. EMBRAPA/CPATU, Belém, 16p.

Bertini CAC, Almeida WS, Silva APM, Silva JWL e Teófilo EM (2010) Análise multivariada e índice de seleção na identificação de genótipos superiores de feijão-caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy 32**: 613-619.

Bertini CHCM, Teófilo EM e Dias FTC (2009) Divergência genética entre acessos de feijão-caupi do banco de germoplasma de UFC. **Revista Ciência Agronômica 40**: 99-105.

Bezerra AAC, Anunciação Filho CJ, Freire Filho FR e Ribeiro VQ (2001) Inter-relação entre caracteres de feijão-caupi de porte ereto e crescimento determinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 36**: 1: 137 – 142.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Bezerra AAC, Távora FJAF, Freire Filho FR e Ribeiro VQ (2008) Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra 8**: 85-93.
- Bezerra AAC, Neto FA, Neves AC e Maggioni K (2012) Comportamento morfoagronômico de feijão-caupi, cv. BRS Guariba, sob diferentes densidades de plantas. **Revista de Ciências Agrárias 55**: 184-189.
- Bioversity International (2007) **Guidelines for the development of crop descriptor lists**. Bioversity International, Roma, 72p.
- BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2010) **Instruções para execução testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.)**. Mapa/ACS, Brasília, 7p.
- Büttow MV, Barbieri RL, Neitzke RS, Heiden G e Carvalho FIF (2010) Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural 40**: 1264-1269.
- Cargnelutti Filho A, Ribeiro ND, Reis RCP, Souza JR e Jost E (2008) Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural 38**: 2138-2145.
- Carvalho FIF, Lorencetti C e Benin G (2004) **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Ufpel: Uni-Pelotas, Pelotas, 142p.
- Coelho CMM, Zilio M, Souza CA, Guidolin AF e Miquelluti DJ (2010) Características morfo-agronômicas de cultivares crioulas de feijão comum em dois anos de cultivo. **Ciências Agrárias 31**: 1177-1186.
- Coelho JD (2017) Produção de grãos: grandes desafios do agricultor brasileiro. **Caderno Setorial ETENE 2**: 2-12.
- Correa AM, Braga DC, Ceccon G, Oliveira LVA, Lima ARS e Teodoro PE (2015) Variabilidade genética e correlações entre caracteres de feijão-caupi. **Revista Agro@ambiente On-line 9**: 42-47.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao Melhoramento genético**. 3 ed, Editora UFV, Viçosa, 480p.
- Cruz CD (2006) **Programa genes: Biometria**. Editora UFV, Viçosa, 382p.
- Cruz CD, Miranda JEC e Costa CP (1988) Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agronômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Revista Brasileira de Genética 11**: 921-928.
- Dantas FV, Macêdo FCO, Porto MS e Milani M (2008) Variabilidade morfológica da coleção de germoplasma de mamona da Embrapa Algodão. In Congresso Brasileiro de Mamona (Anais) **Energia e ricinoquímica**. Embrapa Algodão, Salvador, p. 109.
- Ehlers JD e Hall AE (1997) Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Field Crops Research 53**: 187-204.
- Falconer DS (1987) **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Imprensa Universitária, Viçosa, 279p.
- Ferrão LFV, Cecon PR, Finger FL, Silva FF e Puiatti M (2011) Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agrônomicos. **Horticultura Brasileira 29**: 354-358.
- Finep (2015) **Embrapa Meio-Norte desenvolve estudos de melhoria genética do feijão-caupi**. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4485-embrapa-meio-norte-desenvolve-estudos-de-melhoria-genetica-do-feijao-caupi>>. Acessado em 25 out 2017.
- Freire Filho FR, Ribeiro VQ e Santos AA (2000) Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In Cardoso MJ (org.) **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, p. 67-88.
- Freire Filho FR, Lima JAA e Ribeiro VQ (2005) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Embrapa Informação Tecnológica, Teresina, 519p.
- Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Rocha MM, Silva KJD, Nogueira MSR e Rodrigues EV (2011) **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 84p.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Freire MS, Wetzel MMVS, Falad MGR e Freire AB (1999) Germoplasma de caupi: coleção ativa e de base. In Queiróz MA, Goedert CO e Ramos SRR (eds) **Recursos Genéticos e melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro** (online). Embrapa Semiárido, Petrolina, p. 334-353.
- Frota AB, Freire Filho FR e Corrêa MPF (2000) **Impactos socioeconômicos de cultivares de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, 26p.
- Frota KMG, Soares RAM e Arêas JAG (2008) Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos 28**: 470-476.
- International Board for Plant Genetic Resources – IBPGR (1983) **Descriptors of cowpea**. Plant Production and Protection Division, Rome, 30p.
- Leite ML, Virgens Filho JS e Rodrigues JD (1999) Produção e componentes de produção de cultivares de caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em Botucatu – SP. **Revista de la Facultad de Agronomía 25**: 115-124.
- Leite WS, Pavan BE, Matos Filho CHA, Feitosa FS e Oliveira CB (2015) Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. **Nativa 3**: 241-245.
- Lino DR, Oliveira FS, Caminha MG, Silvia VB, Bertini CHCM (2015) Dissimilaridade genética entre variedades locais de feijão-caupi por meio de análise multivariada. In **II Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste** (Anais). Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2p.
- Lima SR (2016) **Diversidade entre variedades crioulas de feijão-caupi do Acre**. Dissertação (Mestrado), UFAC, Rio Branco, 75p.
- Locatelli VER, Medeiros RD, Smiderle OJ, Albuquerque JAA, Araújo WF e Souza KTS (2014) Componentes de produção, produtividade e eficiência da irrigação do feijão-caupi no cerrado de Roraima. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18**: 574-580.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Lopes ACA, Freire Filho FR, Silva RBQ, Campos FL e Rocha MM (2001) Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **36**: 515-520.
- Marinho JTS, Pereira RCA e Costa JG (2001) **Caracterização de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), em plantios no Acre**. Embrapa Acre, Rio Branco, 13p.
- Matos Filho CHA, Gomes RLF, Rocha MM, Freire Filho FR e Lopes ACA (2009) Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural** **39**: 348-354.
- Mendes RMS, Távora FJAF, Pinho JLN e Pitombeira JB (2005) Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica** **36**: 82-90.
- Miranda P, Costa AF, Oliveira LR, Tavares JÁ, Pimentel ML e Lins GML (1996) Comportamento de cultivares de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., nos sistemas solteiro e consorciado. VI – Tipos ereto e semi-ereto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana** **9**: 95- 105.
- Mode JC e Robinson HF (1959) Pleiotropism and genetic variance and covariance. **Biometrics** **15**: 518-537.
- Motta IS, Braccini AL, Scapim CA, Inoue MH, Ávila MR e Braccini MCL (2002) Época de semeadura em cinco cultivares de soja. II. Efeito na qualidade fisiológica das sementes. **Acta Scientiarum** **24**: 1281-1286.
- Nogueira APL, Sedyama T, Sousa LB, Hamawaky OT, Cruz CD, Pereira DG e Matsuo É (2012) Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal** **28**: 877-888.
- Oliveira GP (2012) **Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação (Mestrado), UESB, Vitória da Conquista, 99p.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Oliveira E, Mattar EPL, Araújo ML, Jesus JCS, Nagy ACG e Santos VB (2015) Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **ACTA AMAZONICA 45**: 243 – 254.
- Oliveira OMS (2014) **Capacidade competitiva de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) combinada com espaçamento na supressão de plantas daninhas**. Tese (Doutorado), UFAM, Manaus, 70p.
- Públio Júnior E, Morais OM, Rocha MM, Públio APPB e Bandeira AS (2017) Características agronômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica 45**: 223-230.
- Rangel PHN, Oliveira JP, Costa JGC, Ferreira ME e Abreu AG (2013) **Banco Ativo de Germoplasma de Arroz e Feijão: Passado, Presente e Futuro**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 68p.
- Rocha MM, Campelo JEG, Freire Filho FR, Ribeiro VQ e Lopes AC (2003) Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural 8**: 135-141.
- Rocha MM, Carvalho KJM, Freire Filho FR, Lopes ACA, Gomes RLF e Souza IS (2009) Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 44**: 270-275.
- Santos JF, Granjeiro JIT, Brito CH e Santos MCCA (2009) Produção e componentes produtivos de variedades de feijão-caupi na microrregião do cariri paraibano. **Engenharia Ambiental 6**: 214-222.
- Silva AC (2011) **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia**. Dissertação (Mestrado), UESB, Vitória da Conquista, 84p.
- Silva AC, Morais OM, Santos JL, D'Aredê LO, Silva CJ e Rocha MM (2014a) Estimativa de parâmetros genéticos em *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias 37**: 399-407.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Silva AC, Morais OM, Santos JL, D'Aredê LO e Silva PB (2014b) Componentes de produção, produtividade e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Agro@ambiente On-line 8**: 327-335.
- Silva CA, Schmidt ER, Schmidt O, Alexandre RS, Cattaneo LF, Pereira JP e Nascimento AL (2016) Correlações fenotípicas e análise de trilha em caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line 10**: 217-227.
- Silva JAL e Neves JA (2011) Componentes de produção e suas correlações em genótipos de feijão-caupi em cultivo de sequeiro e irrigado. **Revista Ciência Agronômica 42**: 702-713.
- Silva PSL e Oliveira CN (1993) Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de caupi. **Horticultura Brasileira 11**: 133-135.
- Simon GA, Kamada T e Moiteiro M (2012) Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Revista Semina: Ciências Agrárias 33**: 449-458.
- Singh D (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 41**: 237-245.
- Singh BB (2007) Recent Progress in cowpea genetics and breeding. **Acta Horticulture 752**: 69-75.
- Souza AS (2016) **Divergência genética e capacidade combinatória de feijão-caupi**. Tese (Doutorado), UFT, Gurupi, 57p.
- Souza CLC, Lopes ACA, Gomes RLF, Rocha MM e Silva EM (2007) Variability and correlations in cowpea populations for green-grain production. **Crop Breeding and Applied Biotechnology 7**: 262-269.
- Sousa S, Tavares T, Barros H, Nascimento I, Santos V e Fidelis R (2017) Divergência genética de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no sul do Tocantins. **Revista de Ciências Agrárias 40**: 419-429.
- Teixeira NJP, Machado CF, Freire Filho FR, Rocha MM e Gomes RLF (2006) Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In **IV Reunião Nacional de Feijão-Caupi** (Anais) Tecnologias para o Agronegócio. Embrapa Meio Norte, Teresina.

Teixeira NJP, Machado CF, Freire Filho FR, Rocha MM e Gomes RLF (2007) Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] de porte ereto. **Revista Ceres 54**: 374-382.

Teixeira IR, Silva GC, Oliveira JPR, Silva AG e Pelá A (2010) Desempenho agronômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica 41**: 300-307.

Torres SB, Oliveira FN, Oliveira RC e Fernandes JB (2008) Produtividade e morfologia de acessos de caupi, em Mossoró, RN. **Horticultura Brasileira 26**: 537-539.

Viana CFA, Silva MA, Pires AV, Lopes PS e Piassi M (2000) Estudo da Divergência Genética entre Quatro Linhagens de Matrizes de Frangos de Corte Utilizando Técnicas de Análise Multivariada. **Revista Brasileira de Zootecnia 29**: 1074-1081.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

CAPÍTULO III

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E GERMINATIVOS DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI

1 INTRODUÇÃO

Por apresentar alto valor nutritivo, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é bastante cultivado no Brasil, principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, visando o consumo humano (Araújo et al. 1984).

O cultivo do feijão-caupi apresenta baixo custo de produção, por exemplo, quando comparado às culturas do arroz e do milho e é mais cultivado por agricultores familiares devido ao seu fácil manejo e boa adaptação às mais diversas condições ambientais (Zilli et al. 2006, Machado et al. 2008). No entanto, ainda há um número relativamente pequeno de produtores que usam tecnologias avançadas para a otimização da produção dessa cultura (Oliveira Júnior 2012). O manejo adequado e a boa adaptação das plantas juntamente com a utilização de variedades melhoradas não são os únicos fatores que contribuem para o bom estabelecimento e produtividade da cultura em campo, uma vez que, para o estabelecimento uniforme do estande é necessário também uma preocupação com a qualidade das sementes que serão utilizadas por produtores rurais (Binotti et al. 2008).

É por meio da semente que o potencial genético de um material novo é entregue ao agricultor, sendo a qualidade da semente de extrema importância para o mesmo, uma vez que apenas as que apresentam elevado nível de qualidade proporcionam uma maximização de outros insumos e fatores de produção relacionados à lavoura (Carraro 2001). A qualidade da semente está relacionada a atributos fisiológicos, físicos, genéticos e sanitários (Marcos Filho 2005, Levien 2014), ligados à capacidade germinativa e vigor, pureza física e varietal e seu estado fitossanitário (Binotti et al. 2008), além de fatores como teor de água adequado e boa aparência.

Para que algum material seja utilizado de forma mais eficiente pelos programas de melhoramento, as atividades de caracterização e avaliação do germoplasma são fundamentais (Faleiro 2011).

Estudos sobre parâmetros biométricos são considerados importantes para um melhor entendimento sobre a variabilidade fenotípica existente em um germoplasma, auxiliando na caracterização dos materiais (Vieira e Gusmão 2008). A caracterização morfológica de sementes e plântulas nos estádios iniciais de desenvolvimento oferecem subsídios para um melhor conhecimento a respeito do processo de reprodução das espécies, além de ajudar na identificação das mesmas (Guerra,

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Medeiros Filho e Gallão 2006, Pinto et al. 2016). Descritores fixos tais como pigmentação do hipocótilo, cor e brilho do tegumento, halo e forma das sementes, são confiáveis na diferenciação de cultivares por serem menos afetados pelo ambiente, podendo ser facilmente identificados em qualquer local (Vieira e Rava 2000).

Segundo Marcos Filho (2005), as sementes possuem importantes funções, sejam elas ligadas à garantia de sobrevivência e perpetuação das espécies vegetais que se reproduzem por via sexuada, como também relacionadas à alimentação humana e animal. Com isso, os conhecimentos relacionados a aspectos morfológicos de sementes e plântulas podem vir a ser empregados em estudos de taxonomia, caracterização morfoagronômica, estudos ligados à ecologia vegetal, na interpretação de testes de germinação, bem como em análises de plântulas (Silva et al. 2008).

O teste de germinação tem como objetivo a determinação do potencial máximo de germinação de um lote de sementes e este valor, por sua vez, poderá ser usado para comparar a qualidade de diferentes lotes e também estimar o valor de semeadura no campo (ISTA 1993). Trabalhos envolvendo aspectos morfológicos da germinação colaboram no conhecimento sobre o tipo de germinação, oferecendo subsídios para uma correta interpretação dos testes de germinação (Araújo e Matos 1991, Abud et al. 2010).

O estudo da morfologia de plântulas, de acordo com Veiga et al. (1996), pode ser considerado de grande valia para o melhoramento genético das plantas, visto que a frequente busca pela uniformidade do estande torna necessária, em campo, a eliminação de plântulas que apresentem características fora dos padrões desejados pelo melhorista, sendo comumente utilizado para isso o emprego das características morfológicas das plântulas. Estas características podem identificar e separar plântulas com potencial de originar plantas normais, daquelas que não apresentam valor de semeadura (anormais) (Bekendam e Grob 1979). Além disso, para fins de inspeção de campos para produção de sementes, no período de pós-emergência, que compreende desde a emergência das plântulas até o início do florescimento (BRASIL 2011), o conhecimento da morfologia de plântulas é uma ferramenta útil para identificar possíveis contaminantes nos campos de produção.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

A caracterização morfológica é uma atividade fundamental no melhoramento genético de uma cultura, pois permite ao melhorista selecionar material genético com base em características importantes (Souza 2016). Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar parâmetros biométricos das sementes dos doze genótipos de feijão-caupi, caracterizar e descrever morfológicamente sementes e plântulas e obter informações que possam ser relevantes para diferenciar, por intermédio dessas características morfométricas, os materiais estudados e com isso, fornecer subsídios para auxiliar os programas de melhoramento genético da cultura.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das sementes e condução do experimento

Foram utilizadas sementes de doze genótipos de feijão-caupi: Belém do São Francisco 2, BRS Cauamé, Cavaleiro 8, Encruzilhada 1, Juazeiro 7, Macaibo, Manteiguinha Santarém, Pingo de Ouro, Portalegre 2, Sempre Verde, Tucuruí 1 e Vitória 2, provenientes do experimento em campo, na Estação Experimental de Itapirema, do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de Goiana – PE, e colhidas no ano de 2016. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes e na Horta da Área de Fitotecnia do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil.

2.2 Determinações preliminares

2.2.1 Grau de umidade das sementes

Antes da condução dos experimentos, foi determinado o grau de umidade das sementes, segundo o método de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ (BRASIL 2009a), utilizando-se quatro repetições de 4,5 g ($\pm 0,5$) de sementes e postas em cápsulas de alumínio com seis centímetros de diâmetro e cinco centímetros de altura (6 cm x 5 cm), para cada genótipo estudado. As cápsulas com sementes, previamente pesadas, foram levadas à estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, após 24 horas, foram colocadas em dessecador por cerca de dez minutos e, logo depois, devidamente pesadas em balança analítica de 0,001 g de precisão. O grau de umidade das sementes foi expresso em % e calculado de acordo com a fórmula:

$$\% \text{ de Umidade } (U) = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

Onde: P = peso inicial, correspondendo ao peso do recipiente, sua tampa e as sementes úmidas; p = peso final, igual ao peso do recipiente e sua tampa mais o peso das sementes secas; t = tara, peso inicial do recipiente com sua tampa, sem as sementes.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

2.2.2 Peso de 1000 sementes

Ainda como avaliação preliminar foi realizada a determinação do peso de 1000 sementes dos doze genótipos de feijão-caupi, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL 2009a), tomando-se ao acaso 8 subamostras de 100 sementes (para cada genótipo) da porção classificada como sementes puras, as quais foram pesadas em balança analítica com 0,001 g de precisão. O valor do peso de 1000 sementes foi alcançado pela multiplicação do peso médio obtido das subamostras de 100 sementes por 10, uma vez que o coeficiente de variação obtido foi menor que 4. Os resultados foram expressos em gramas (g), seguindo o número de casas decimais recomendado por BRASIL (2009a).

2.3 Aspectos biométricos e morfológicos das sementes

2.3.1 Biometria das sementes

Para a biometria das sementes foram tomadas, aleatoriamente, 100 sementes de cada genótipo para as medições de comprimento, largura e espessura, registrando-se os valores máximos e mínimos, assim como a média para cada genótipo, fazendo uso para tal, do auxílio de paquímetro digital de 0,01 mm de precisão. Foram verificados ainda a amplitude, o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada parâmetro avaliado.

2.3.2 Morfologia das sementes

Na avaliação dos aspectos morfológicos externos das sementes foram observadas características como coloração do tegumento, classificando-as em classes e subclasses segundo a classificação de Freire Filho, Ribeiro e Santos (2000) e Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005). Foram avaliadas ainda outras características como o brilho, textura, formato (BRASIL 2010) e suas principais cicatrizes como hilo e micrópila. Foram observados também aspectos internos da semente, como estruturas do embrião (cotilédones, eixo hipocótilo-radícula, epicótilo e plúmula), com o auxílio de microscópio estereoscópico binocular, lupa de mesa e microscópio Tessoar com câmera digital para microscopia Pax Cam³ do Laboratório de Acarologia da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia da UFRPE. O procedimento metodológico para estudo da morfologia da semente baseou-se nos trabalhos de Silva e Matos (1998), Barroso et al. (1999) e BRASIL (2009a; 2009b).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

2.4 Descrição morfológica da germinação e de plântulas

Para a morfologia da germinação e de plântulas foram semeadas 100 sementes de cada genótipo, distribuídas em quatro repetições de 25 sementes cada. Procedeu-se a desinfestação das sementes com solução de hipoclorito de sódio a 5% durante cinco minutos e, em seguida, foram lavadas com água destilada para retirada do excesso de hipoclorito. Posteriormente, as sementes foram semeadas em papel toalha, organizado em rolos, umedecidos com solução de nistatina a 0,2%, na quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. Após a semeadura, os rolos foram levados ao germinador tipo B.O.D. (*Biochemical Oxigem Demand*) regulado à temperatura constante de 30° C e regime de luz contínua (BRASIL 2009a).

Realizaram-se observações diárias de todo o processo de germinação das sementes, desde a etapa inicial da germinação até a obtenção das plântulas normais, tomando-se como critério de germinação a emergência da raiz primária e hipocótilo.

Ao final do teste de germinação, procedeu-se a identificação e caracterização das plântulas normais e anormais de cada genótipo avaliado, seguindo-se as metodologias de Bekendam e Grob (1979), Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Estacion de Ensayo de Semillas (1999) e BRASIL (2009a; 2009b).

Ainda para auxiliar no processo de caracterização das plântulas, simultaneamente ao teste em laboratório, foi feito o semeio de 25 sementes de cada genótipo em bandejas de poliestireno e colocadas para germinar em ambiente natural, na Horta do Departamento de Agronomia da UFRPE, onde foram realizadas observações, diariamente, para possíveis comparações entre as características morfológicas das plântulas nos dois ambientes de semeio.

2.5 Caracteres germinativos de sementes

2.5.1 Germinação (%)

Tomada como porcentagem de germinação resultante do número total de sementes germinadas que originaram plântulas normais, no oitavo dia após a semeadura (BRASIL 2009a).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

2.5.2 Primeira contagem (%)

Correspondente à porcentagem de sementes germinadas no quinto dia após a semeadura, período este em que foram obtidas as primeiras plântulas normais (BRASIL 2009a).

2.5.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Avaliado conjuntamente com o teste de germinação, quando foram feitas contagens diárias das plântulas normais, do quinto ao oitavo dia (BRASIL 2009a), para cujo cálculo empregou-se a fórmula de Maguire (1962).

2.5.4 Tempo médio de germinação (TMG)

Resultante da contabilização do intervalo de tempo no qual se processa a germinação, a partir do número total de sementes germinadas, sendo calculado seguindo a fórmula indicada por Silva e Nakagawa (1995).

2.5.5 Comprimento da parte aérea, da raiz primária e diâmetro do coleto das plântulas normais

As plântulas normais foram contabilizadas e suas medidas tomadas com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, registrando-se o comprimento da parte aérea (epicótilo e hipocótilo) e da raiz primária, bem como o diâmetro do colo, por meio de paquímetro digital com 0,01 mm de precisão.

2.5.6 Massa seca da parte aérea e do sistema radicular das plântulas normais

Após o processo de avaliação e mensuração das plântulas normais do teste de geminação, estas foram seccionadas na região do coleto, separando-se a parte aérea e o sistema radicular, acondicionando-as em sacos de papel, cuidadosamente identificados e separados por genótipo, repetição e estrutura das plântulas, e secas em estufa regulada a 80°C até peso constante (Nakagawa 1999). Após os sacos serem retirados da estufa e postos em dessecador por cerca de dez minutos, foram pesados em balança analítica com precisão de 0,001 g

2.6 Delineamento experimental e análise estatística

A análise dos dados das determinações preliminares e biometria foi realizada por meio de estatística não paramétrica com tabulação e cálculos dos dados

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

realizados em planilha eletrônica Microsoft® Excel 2016. Para a avaliação dos caracteres germinativos das sementes o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições de 25 sementes cada. A análise dos dados foi efetuada por meio do software estatístico SISVAR 5.6 e a comparação de médias realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinações preliminares

3.1.1 Grau de umidade das sementes

As sementes estudadas apresentaram os seguintes graus de umidade: 13,83% (Portalegre 2), 14,17% (Cavaleiro 8), 14,05% (Tucuruí 1), 14,07% (Juazeiro 7), 13,92% (Encruzilhada 1), 13,38% (Macaibo), 14,05% (Manteiguinha Santarém), 13,70% (Vitória 2), 13,58% (Belém do São Francisco 2), 13,99% (BRS Cauamé), 13,08% (Pingo de Ouro) e 13,03% (Sempre Verde).

Os valores encontrados ficaram entre 13,03 e 14,17% de umidade, segundo o Regulamento Técnico do Feijão (BRASIL 2008), o valor do grau de umidade recomendado para comercialização do feijão é de até 14%, porém sementes com valor de umidade acima deste limite estabelecido poderão ser usadas para fins comerciais desde que não causem danos à saúde.

3.1.2 Peso de 1000 sementes

Para o peso de 1000 sementes (Tabela 1), os valores obtidos foram: 261,50 g (Portalegre 2), 229,70 g (Cavaleiro 8), 221,10 g (Tucuruí 1), 286,80 g (Juazeiro 7), 259,70 g (Encruzilhada 1), 188,00 g (Macaibo), 100,80 g (Manteiguinha Santarém), 243,20 g (Vitória 2), 233,40 g (Belém do São Francisco 2), 229,30 g (BRS Cauamé), 255,50 g (Pingo de Ouro) e 253,40 g (Sempre Verde).

Apesar de as subamostras de cada genótipo não apresentarem muita variação em relação ao peso de 1000 sementes, em conformidade com o limite de variação estabelecido por BRASIL (2009a) para sementes não palhentas que é ≤ 4 , pôde-se observar entre os genótipos relativa diferença entre as médias dos pesos de sementes, sendo a maior delas encontrada no genótipo Portalegre 2 (261,50 g) e as menores nos genótipos Macaibo (188,0 g) e Manteiguinha Santarém (100,80 g), o que evidencia certa diversidade de peso das sementes entre os genótipos estudados.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 1: Peso, em gramas, de 1000 sementes de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Peso em gramas (g) |
|--------------------------|--------------------|
| Portalegre 2 | 261,50 |
| Cavaleiro 8 | 229,70 |
| Tucuruí 1 | 221,10 |
| Juazeiro 7 | 286,80 |
| Encruzilhada 1 | 259,70 |
| Macaibo | 188,00 |
| Manteiguinha Santarém | 100,80 |
| Vitória 2 | 243,20 |
| Belém do São Francisco 2 | 233,40 |
| BRS Cauamé | 229,30 |
| Pingo de Ouro | 255,50 |
| Sempre Verde | 253,40 |

Fonte: Medeiros JE (2017).

Brüning, Lúcio e Muniz (2011) afirmam que os maiores pesos de sementes poderiam ser justificados pelo elevado grau de umidade das sementes, pois grãos com maiores teores de água seriam mais densos e pesados, resultando assim em maior peso de mil sementes. Todavia, ao analisar-se o grau de umidade obtido nas sementes do genótipo Manteiguinha Santarém (14,05%) e o peso de 1000 sementes na Tabela 1 (100,80 g), pode-se constatar que esta afirmação não se aplicaria como uma regra, visto que o genótipo em questão (Manteiguinha Santarém) foi o que apresentou maior grau de umidade em relação aos demais analisados, contudo apresentou o menor peso de 1000 sementes. Segundo Lassul (2017), essa variação pode ser explicada pelo fato de o grau de umidade ser apenas um dos fatores que influenciam no peso das sementes, uma vez que condições de luminosidade e temperatura durante a fase de maturação, em campo, também podem interferir nessa característica.

Oliveira (2012), avaliando três cultivares de feijão-caupi (BRS Guariba, BRS Novaera e BRS Marataoã), encontrou pesos médios de 1000 sementes variando entre 146,75 g (BRS Marataoã) e 265,55 g (BRS Novaera), valores próximos aos

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

obtidos no experimento, com exceção do genótipo Manteiguinha Santarém, cuja média foi consideravelmente menor.

3.2 Aspectos biométricos e morfológicos das sementes

3.2.1 Biometria das sementes

Observou-se que os genótipos não apresentaram variação significativa com relação à biometria das sementes (Tabela 2), sendo encontrados valores mais baixos de amplitude quanto à largura e espessura, em relação ao comprimento, para os doze genótipos. Apesar disso, em alguns casos, nessas variáveis, obtiveram-se coeficientes de variação superiores ao comprimento e com desvio padrão geral entre 0,29 e 0,99. Porém quanto aos aspectos gerais, observou-se considerável homogeneidade entre as três variáveis, visto que os coeficientes de variação estão dentro dos classificados como de baixa a média dispersão, ou seja, $\leq 15\%$ (Ferreira 1996) e considerado, segundo BRASIL (2012), como dentro do estabelecido para a cultura do feijão-caupi, que é de até 20%.

Os maiores valores de média apresentados para as variáveis avaliadas, em geral, foram verificados no genótipo Juazeiro 7 (Tabela 2), o qual apresentou médias de comprimento de 10,94 mm, largura 7,69 mm e espessura 5,26 mm, respectivamente, à medida que os demais genótipos apresentaram valores menores, porém com médias próximas, excetuando-se o genótipo Manteiguinha Santarém que apresentou valores de média de comprimento (6,12 mm), largura (4,95 mm) e espessura (3,78 mm) menores, abaixo dos demais genótipos. Tais diferenças quanto ao tamanho da semente podem ser justificadas por estarem sendo avaliados diferentes materiais da mesma espécie; já no caso de ocorrências das variações (maior amplitude) das medidas tomadas, pode-se inferir que estas variações podem ser influenciadas pela posição da semente no fruto, bem como reserva de alimento ou também pelo estágio de diferenciação do embrião (Larcher 2006).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 2: Biometria de sementes de doze genótipos de feijão-caupi. DP – Desvio Padrão; CV (%) – Coeficiente de Variação. Recife-PE, 2017.

| PORTALEGRE 2 | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------|---------------|
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,37 | 9,79 | 11,58 | 4,21 | 0,90 | 9,17 |
| Largura | 6,26 | 7,50 | 8,69 | 2,43 | 0,51 | 6,76 |
| Espessura | 3,82 | 5,55 | 8,82 | 5,00 | 0,67 | 12,09 |
| CAVALEIRO 8 | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,71 | 9,40 | 11,09 | 3,38 | 0,71 | 7,52 |
| Largura | 5,66 | 7,03 | 8,58 | 2,92 | 0,53 | 7,48 |
| Espessura | 3,42 | 4,93 | 6,49 | 3,07 | 0,55 | 11,12 |
| TUCURUÍ 1 | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,01 | 9,27 | 11,48 | 4,47 | 0,78 | 8,43 |
| Largura | 5,09 | 7,20 | 8,15 | 3,06 | 0,55 | 7,67 |
| Espessura | 4,18 | 5,14 | 6,88 | 2,70 | 0,45 | 8,79 |
| JUAZEIRO 7 | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 8,19 | 10,94 | 12,86 | 4,67 | 0,99 | 9,05 |
| Largura | 6,43 | 7,69 | 8,76 | 2,33 | 0,53 | 6,84 |
| Espessura | 4,01 | 5,26 | 6,54 | 2,53 | 0,54 | 10,20 |
| ENCRUZILHADA 1 | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,51 | 9,71 | 11,24 | 3,73 | 0,75 | 7,77 |
| Largura | 6,42 | 7,76 | 8,57 | 2,15 | 0,42 | 5,41 |
| Espessura | 4,71 | 5,94 | 8,39 | 3,68 | 0,51 | 8,52 |
| MACAIBO | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 5,52 | 8,20 | 9,81 | 4,29 | 0,65 | 7,90 |
| Largura | 5,78 | 6,55 | 7,66 | 1,88 | 0,33 | 5,11 |
| Espessura | 4,31 | 5,17 | 5,88 | 1,57 | 0,29 | 5,52 |
| MANTEIGUINHA SANTARÉM | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 5,00 | 6,12 | 7,08 | 2,08 | 0,45 | 7,42 |
| Largura | 3,83 | 4,95 | 5,68 | 1,85 | 0,40 | 8,02 |
| Espessura | 3,00 | 3,78 | 4,91 | 1,91 | 0,32 | 8,37 |
| VITÓRIA 2 | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,93 | 9,69 | 11,18 | 3,25 | 0,78 | 8,04 |
| Largura | 5,54 | 7,55 | 9,04 | 3,50 | 0,57 | 7,55 |
| Espessura | 4,94 | 6,11 | 7,30 | 2,36 | 0,48 | 7,88 |
| BELÉM DO SÃO FRANCISCO 2 | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,77 | 9,43 | 11,75 | 3,98 | 0,84 | 8,92 |
| Largura | 6,35 | 7,71 | 9,11 | 2,76 | 0,56 | 7,23 |
| Espessura | 4,18 | 5,71 | 6,75 | 2,57 | 0,53 | 9,27 |
| BRS CAUAMÉ | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 6,98 | 9,10 | 10,99 | 4,01 | 0,91 | 9,99 |
| Largura | 5,17 | 6,47 | 7,76 | 2,59 | 0,45 | 6,90 |
| Espessura | 4,30 | 5,24 | 6,07 | 1,77 | 0,35 | 6,76 |
| PINGO DE OURO | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,25 | 9,37 | 11,36 | 4,11 | 0,88 | 9,41 |
| Largura | 5,54 | 7,46 | 8,81 | 3,27 | 0,65 | 8,67 |
| Espessura | 5,44 | 6,33 | 7,42 | 1,98 | 0,44 | 7,01 |
| SEMPRE VERDE | | | | | | |
| | Mínimo (mm) | Média (mm) | Máximo (mm) | Amplitude (mm) | DP | CV (%) |
| Comprimento | 7,21 | 9,44 | 11,57 | 4,36 | 0,97 | 10,30 |
| Largura | 5,86 | 7,36 | 8,42 | 2,56 | 0,52 | 7,09 |
| Espessura | 4,65 | 5,99 | 7,00 | 5,05 | 0,72 | 12,09 |

Fonte: Medeiros JE (2017).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Os pesos de 1000 sementes (Tabela 1) e a biometria das sementes (Tabela 2) demonstraram que, na grande maioria dos genótipos, existiu uma relação direta entre as dimensões e massa das sementes, onde quanto maior foi o valor das dimensões das sementes, maior foi a massa das mesmas. Araújo Neto et al. (2014) consideram que a classificação de sementes por tamanho e massa pode ser uma estratégia para aumento da produtividade, visto que o tamanho da semente afeta a germinação, o vigor das plantas e a produção de grãos.

3.2.2 Morfologia das sementes

3.2.2.1 Morfologia externa das sementes

Foi verificada em todos os genótipos semente unitégmica, com tegumento fino e permeável com superfície lisa (Figura 1), excetuando-se o Macaibo que apresentou textura levemente rugosa (Figura 1F). Entre os genótipos avaliados observaram-se tegumentos com aspecto opaco (Macaibo, Manteiguinha Santarém e BRS Cauamé) ao levemente brilhoso (Portalegre 2, Cavaleiro 8, Tucuruí 1, Juazeiro 7, Encruzilhada 1, Vitória 2, Belém do São Francisco 2, Pingo de Ouro e Sempre Verde) e diferentes colorações, variando de branco: Macaibo (F) e BRS Cauamé (J); creme claro: Manteiguinha Santarém (G); levemente azulado: genótipo Belém do São Francisco 2 (I), apresentando linha de sutura dos cotilédones azulada, até tons amarronzados nos demais genótipos avaliados.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.



Figura 1: Sementes de doze genótipos de feijão-caupi: Portalegre 2 (A); Cavaleiro 8 (B); Tucuruí 1 (C); Juazeiro 7 (D); Encruzilhada 1 (E); Macaibo (F); Manteiguinha Santarém (G); Vitória 2 (H); Belém do São Francisco 2 (I); BRS Cauamé (J); Pingo de Ouro (K); Sempre Verde (L). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2016).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Levando-se ainda em consideração a coloração e também a textura das sementes, os genótipos foram classificados (Tabela 3) na Classe Branco, Subclasses Branco Liso e Branco Rugoso e na Classe Cores, Subclasses Azulão, Manteiga e Mulato Liso, de acordo com Freire Filho et al. (2000), Freire Lima e Ribeiro (2005) e Freire Filho et al. (2011).

Tabela 3: Classificação das sementes em classes e subclasses, segundo Freire Filho et. al (2000) e Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005) e forma das sementes, segundo BRASIL 2010, em doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Classe | Subclasse | Forma da semente |
|--------------------------|--------|---------------|------------------|
| Portalegre 2 | Cores | Mulato liso | Ovalada |
| Cavaleiro 8 | Cores | Mulato liso | Ovalada |
| Tucuruí 1 | Cores | Mulato liso | Rombóide |
| Juazeiro 7 | Cores | Mulato liso | Reniforme |
| Encruzilhada 1 | Cores | Mulato liso | Ovalada |
| Macaibo | Branco | Branco rugoso | Ovalada |
| Manteiguinha Santarém | Cores | Manteiga | Ovalada |
| Vitória 2 | Cores | Mulato liso | Rombóide |
| Belém do São Francisco 2 | Cores | Azulão | Rombóide |
| BRS Cauamé | Branco | Branco liso | Refinorme |
| Pingo de Ouro | Cores | Mulato liso | Rombóide |
| Sempre Verde | Cores | Mulato liso | Ovalada |

Fonte: Medeiros JE (2017).

A partir da variação da forma das sementes, os genótipos foram agrupados em três grupos (Tabela 3): aqueles com sementes rombóides (Tucuruí 1, Vitória 2, Belém do São Francisco 2 e Pingo de Ouro), ovaladas (Portalegre 2, Cavaleiro 8, Encruzilhada 1, Macaibo, Manteiguinha Santarém e Sempre Verde) e reniformes (Juazeiro 7 e BRS Cauamé), sendo estas duas últimas formas, segundo Freire Filho et al. (2011), muito encontradas no comércio de grãos empacotados. Teixeira et al. (2016), avaliando características morfológicas externas das sementes de seis genótipos de feijão-caupi também observaram variações quanto à coloração do

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

tegumento e forma das sementes, sendo também encontrados, assim como nesse trabalho, grãos com formatos reniformes e ovalados.

As sementes dos doze genótipos possuem tegumento tipo coriáceo, apresentando como cicatrizes (Figura 2) uma rafe bilobada e escurecida, hilo deprimido, apresentando um tecido corticiforme branco que encobre a fenda e circundado por um anel de coloração amarronzada, micrópila como um poro no limite inferior do hilo (Groth e Liberal 1988), não se encontrando halo nessas sementes estudadas.

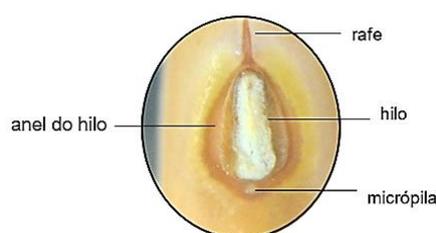


Figura 2: Estruturas externas de sementes de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagem: Medeiros JE (2017).

3.2.2.2 Morfologia interna das sementes

A semente é exalbuminosa, contendo como principal tecido de reserva os cotilédones crassos e glabros, com coloração de esbranquiçada a creme (Figura 3).

O embrião é total (Martin 1946) e possui características morfológicas semelhantes em todos os genótipos; possui eixo hipocótilo-radícula infletido e paralelo às margens dos cotilédones como caracterizado por Groth e Liberal (1988), forma radicular do tipo triangular, epicótilo, e plúmula apresentando nervura central bem definida.

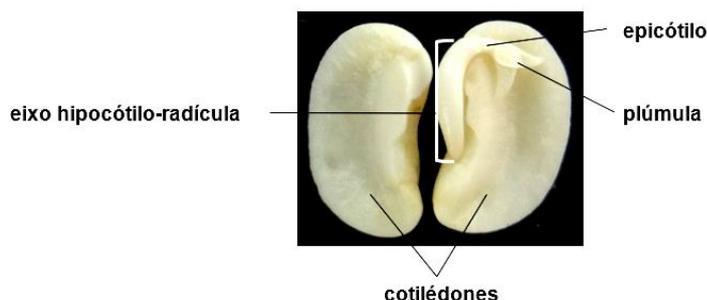


Figura 3: Aspecto geral interno do eixo embrionário das sementes, comum em doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagem: Medeiros JE (2017).

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

De acordo com Gunn (1981), tanto as características externas quanto as internas das sementes são pouco modificadas por fatores externos (ambiente), constituindo-se, assim, em variáveis seguras na identificação e caracterização das espécies.

3.3 Morfologia da germinação

A germinação é epígea e fanerocotiledonar, em todos os genótipos estudados, confirmando a consideração de Duke e Polhill (1981) sobre essa forma de germinação ser a mais comum em grande parte das leguminosas.

Foi observada ocorrência de processos iniciais visíveis de germinação um dia após o semeio, com leve rompimento do tegumento, seguido da protrusão sutil da raiz primária, de coloração esbranquiçada (Figura 4A). Ao segundo dia após o início do processo de germinação, houve desenvolvimento da raiz principal e surgimento de indumentos (conjunto de tricomas) translúcidos eretos e curtos (menores que 1 mm), do tipo pubescente (Gonçalves e Lorenzi 2011), próximos à base da raiz principal. No terceiro dia verificou-se um prolongamento da raiz principal e aumento da quantidade de indumentos (Figura 4B), localizados logo abaixo da região do coleto e estendendo-se por boa parte da raiz primária, mais volumosos no centro e ausentes próximos a sua extremidade.

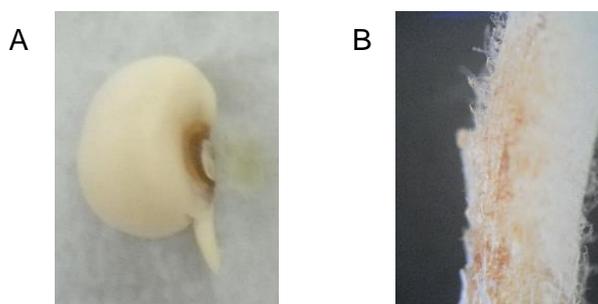


Figura 4: Rompimento de parte do tegumento e protrusão da raiz primária (A); raiz primária apresentando maior quantidade de indumentos translúcidos e curtos (B), ao terceiro dia, características comuns nos doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).

No quarto dia após o início da germinação houve maior crescimento da raiz primária, aumento do número de tricomas e aparecimento sutil do hipocótilo glabro e com coloração verde em alguns genótipos: Belém do São Francisco 2, BRS Cauamé, Pingo de Ouro e Sempre Verde.

Com cinco dias, a presença do hipocótilo ficou mais evidente, inclusive nos genótipos em que ainda não havia sido possível observá-lo bem, deu-se ainda o surgimento das raízes secundárias (Figura 5A) de coloração esbranquiçada e ausente de indumento até então, com exceção do genótipo Manteiguinha Santarém onde se pôde verificar no mesmo dia ao surgimento das raízes secundárias, pequenos e discretos tricomas hialinos. Ao sexto dia continuou o considerável crescimento das raízes pilosas, tanto a raiz primária como as secundárias (Figura 5A), bem como crescimento das plântulas, verificando-se também um desprendimento de parte do tegumento, com visualização parcial dos cotilédones (Figura 5B), crassos, glabros e de coloração esverdeada.

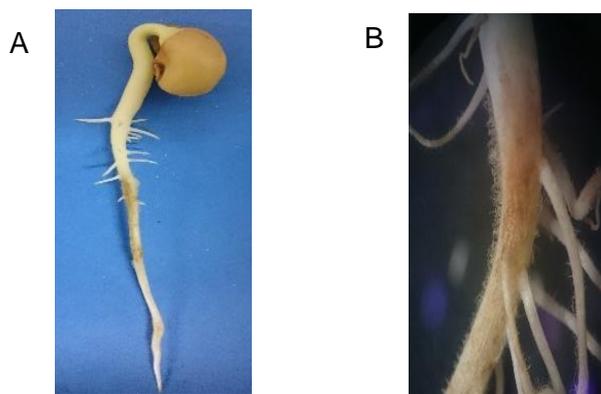


Figura 5: Surgimento das raízes secundárias (A) e do indumento translúcido (B) em doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).

O desprendimento dos tegumentos, liberação dos cotilédones e o aparecimento dos protófilos, em todos os doze genótipos estudados, ocorreram no sétimo dia após sementeira. Ao oitavo dia obtiveram-se as plântulas normais de todos os genótipos, caracterizadas pela presença de todas as suas estruturas essenciais emergidas e desenvolvidas.

A plântula normal (Figura 6A) apresentou sistema radicular bem desenvolvido e delimitado da parte aérea por um coleto fino e visível de coloração esbranquiçada a amarelada. A parte aérea, composta por hipocótilo e epicótilo, possui coloração verde e protófilos ovalados, expandidos, simples, opostos e peciolados (Figura 6B), com faces abaxial e adaxial glabras e com coloração verde médio e verde claro, respectivamente. Os protófilos apresentaram ainda base foliar do tipo subcordada, ápice foliar cuneado, apresentando padrões de venação foliar eucamptódroma e margem inteira, onde não foi observada a presença de tricomas, com exceção do

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

genótipo Macaibo onde pode se verificar, ainda que de forma discreta, tricomas curtos e hialinos (Figura 6 C).

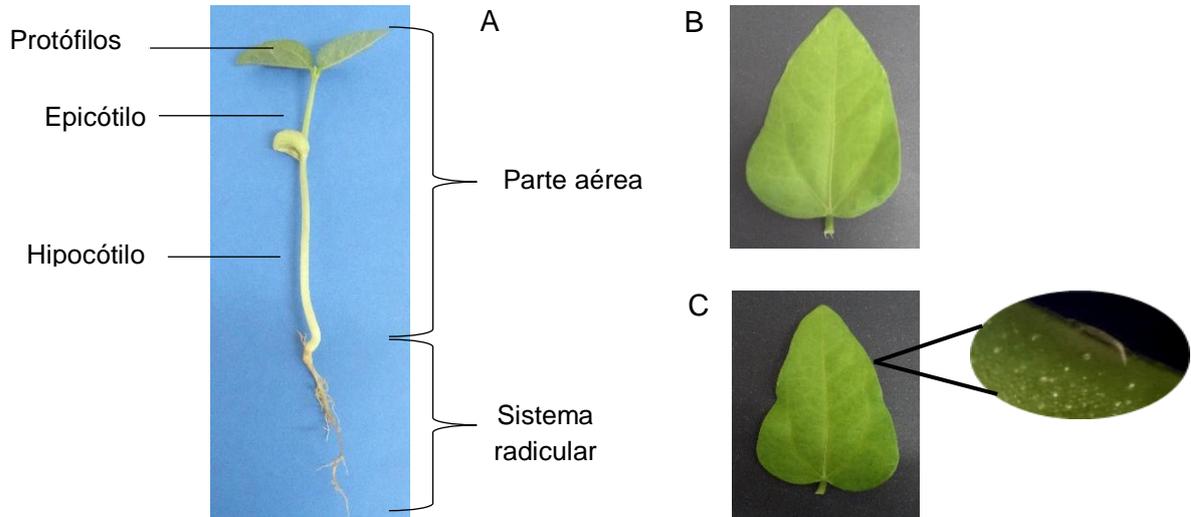


Figura 6: Plântula normal (A) e protófilo (B) comuns a onze genótipos de feijão-caupi; margem do protófilo, pertencente ao genótipo Macaibo, apresentando tricoma curto e hialino (C). Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).

Com exceção do genótipo Macaibo, cujas sementes originaram 100% de plântulas normais, foi observado um pequeno número de plântulas anormais em todos os genótipos avaliados. As anormalidades identificadas estão ilustradas na Figura 7: hipocótilo retorcido (Figura 7A); raiz primária atrofiada (Figura 7B) e raiz primária ausente (Figura 7C). Santana et al. (2016), avaliando plântulas anormais de cinco variedades de feijão-caupi observaram maior frequência de plântulas anormais com ausência de raiz primária e também com raízes secundárias pouco desenvolvidas, além de plântulas com epicótilo ausente de folhas primordiais.

De acordo com BRASIL (2009a), são consideradas como plântulas anormais aquelas que não mostram potencial suficiente para dar continuidade ao seu desenvolvimento e para originar plantas normais em campo.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

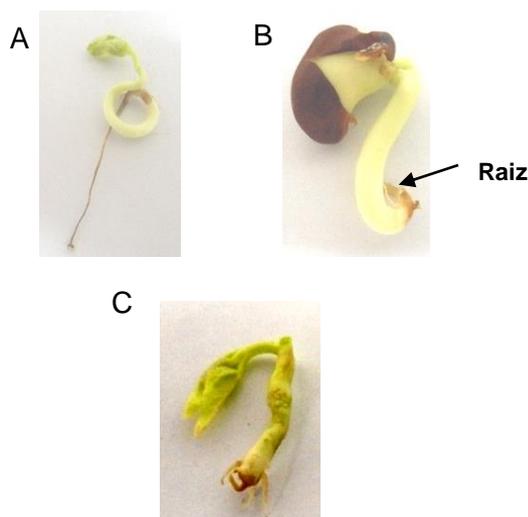


Figura 7: Plântulas anormais: com hipocótilo retorcido (A); com raiz primária atrofiada (B) e raiz primária ausente (C) em 11 genótipos de feijão-caupi Recife-PE, 2017. Imagens: Medeiros JE (2017).

Segundo Silva et al. (1995), avaliações e caracterizações relacionadas à morfologia de plântulas são muito importantes, pois fornecem subsídios que podem facilitar e padronizar a condução dos testes de germinação em laboratório. Além disso, tais avaliações e caracterizações podem influenciar na escolha correta de um material a ser utilizado para o melhoramento da cultura. Fatores como o comprimento do epicótilo juntamente com a espessura e consistência dos ramos formam um conjunto que interfere de forma relevante para a resistência ou não da planta ao acamamento (Freire Filho, Lima e Ribeiro 2005), característica esta muito importante na escolha de variedades de feijão visando fácil manejo e colheita, reduzindo, assim, as perdas quantitativas e qualitativas.

3.4 Caracteres germinativos de sementes

3.4.1 Germinação e vigor

Quanto à avaliação dos parâmetros germinativos das sementes pode-se observar na Tabela 4 que no genótipo Macaibo a germinação chegou a 100%, enquanto que em quase todos os genótipos avaliados a porcentagem de germinação das sementes foi acima de 80%, encontrando-se, portanto, dentro dos padrões mínimos de germinação exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL 2013), que estabelece para feijão-caupi o padrão mínimo de 80% de germinação.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 4: Germinação (%), primeira contagem (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) das sementes de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Médias | | | |
|--------------------------|--------|--------|----------|------------|
| | G (%) | PC (%) | IVG | TMG (dias) |
| Portalegre 2 | 81 d | 39 c | 6,00 e | 5,02 b |
| Cavaleiro 8 | 89 bcd | 46 c | 6,70 cde | 4,15 c |
| Tucuruí 1 | 93 abc | 34 c | 6,32 de | 4,53 bc |
| Juazeiro 7 | 87 bcd | 38 c | 6,42 de | 4,44 bc |
| Encruzilhada 1 | 82 d | 78 ab | 7,62 abc | 4,00 cd |
| Macaibo | 100 a | 85 ab | 7,90 ab | 3,27 de |
| Manteiguinha Santarém | 97 ab | 96 a | 8,22 a | 3,16 e |
| Vitória 2 | 87 bcd | 46 c | 6,62 de | 4,00 cd |
| Belém do São Francisco 2 | 93 abc | 41 c | 6,70 cde | 4,26 bc |
| BRS Cauamé | 85 cd | 83 ab | 7,72 ab | 3,99 cd |
| Pingo de Ouro | 52 e | 32 c | 4,75 f | 6,15 a |
| Sempre Verde | 88 bcd | 58 bc | 7,12 bcd | 3,92 cde |
| CV (%) | 4,71 | 20,30 | 5,50 | 7,60 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Medeiros JE (2017).

No entanto, apenas as sementes do genótipo Pingo de Ouro apresentaram porcentagem de germinação de 52% (Tabela 4), sendo a mais baixa entre os doze genótipos de feijão-caupi em avaliação. Média aproximada também foi encontrada por Silva et al. (2006), trabalhando com sementes do genótipo Pingo de Ouro provenientes do estado do Ceará, onde obtiveram 56% de germinação. Ainda segundo os autores, sementes de alta qualidade possuem boa capacidade de germinação e originam populações de plantas saudáveis e vigorosas.

Dutra et al. (2007), ao avaliar seis genótipos de feijão-caupi, consideraram com percentual de boa germinação e vigor os que apresentaram germinação acima de 80%. Valores de germinação acima de 80% também foram encontrados por Oliveira (2012) e Nunes et al. (2017), sendo observada germinação do genótipo Sempre Verde (84,5%) muito próxima à obtida (Tabela 4) no presente trabalho, que foi de 87% de germinação. Valores de germinação semelhantes, em média superior a

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

80%, também foram encontrados por Teixeira et al. (2010) ao avaliar oito cultivares de feijão-caupi recomendadas para cultivo nas regiões norte e nordeste do país e, similarmente às porcentagens de germinação observadas por Silva (2011), também avaliando oito cultivares.

Com relação à primeira contagem da germinação (Tabela 4), contabilizada no 5º dia após o semeio, foram obtidos 96%, 85% e 83% de germinação nos genótipos Manteiguinha Santarém, Macaibo e BRS Cauamé, evidenciando que grande parte das sementes dos genótipos havia germinado logo no primeiro dia de contagem. Os genótipos Pingo de Ouro, Belém do São Francisco 2, Vitória 2, Portalegre 2, Cavaleiro 8, Tucuruí 1 e Juazeiro 7 apresentaram média de primeira contagem inferior a 50%. Oliveira (2012), avaliando diferentes genótipos de *V. unguiculata* (L.) Walp.), verificou porcentagens de primeira contagem da germinação, em grande parte dos genótipos, acima de 80%.

Em espécies propagadas via semente é importante o conhecimento dos fatores que influenciam sua capacidade e velocidade germinativa (Biondi e Leal 2008). Neste experimento, o índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 4) foi maior nos genótipos Manteiguinha Santarém (8,22), Macaibo (7,90), BRS Cauamé (7,72) e Encruzilhada 1 (7,62), enquanto que nos demais, o IVG manteve-se, em média, com valores próximos a 6,50, com exceção do Pingo de Ouro onde a média de seu IVG foi inferior a 5. Para este índice, sementes de lotes que apresentem valor mais elevado indicam maior velocidade de germinação, sendo consideradas, portanto, como vigorosas. O vigor, conforme ISTA (1981), pode ser descrito como o somatório das características que definem o nível potencial da atividade da semente (ou de um lote de sementes) e seu desempenho ao longo do processo de germinação e da emergência da plântula.

O tempo médio de germinação (TMG) teve uma variação de 3,16 a 6,15 dias, sendo observado (Tabela 4) o menor intervalo de tempo no genótipo Manteiguinha Santarém e o maior intervalo obtido no Pingo de Ouro. Nos demais genótipos o TMG variou um pouco, em média aproximadamente quatro dias.

As sementes dos genótipos Macaibo, Manteiguinha Santarém e BRS Cauamé demonstraram desempenho germinativo satisfatório, apresentando altas porcentagens de germinação, alta velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação. Contudo, as sementes do genótipo Pingo de Ouro foram as menos

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

vigorosas, apresentando menor porcentagem e velocidade de germinação, além de tempo médio de germinação quase duas vezes maior que o obtido no genótipo Manteiguinha Santarém.

Segundo Medeiros Filho, Silva e Santos Filha (2005), resultados de rápida germinação e uniformidade das sementes, em conjunto com o desenvolvimento de plântulas vigorosas, formam uma rede de fatores muito importante, ofertando subsídios a trabalhos de melhoristas, pesquisadores e técnicos de laboratórios de sementes.

3.4.2 Comprimento da parte aérea, da raiz primária e diâmetro do coleto das plântulas normais

Houve diferença significativa entre os genótipos quanto ao comprimento da parte aérea (Tabela 5), sendo observadas médias de comprimento variando de 3,90 cm (Pingo de Ouro) a 7,55 cm (Manteiguinha Santarém).

Tabela 5: Médias de comprimento em cm da parte aérea (PA) e da raiz principal (R) e diâmetro do coleto (mm) de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Médias | | |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Comprimento PA (cm) | Comprimento R (cm) | Diâmetro do coleta (mm) |
| Portalegre 2 | 4,20 b | 3,25 d | 2,85 bc |
| Cavaleiro 8 | 6,75 a | 7,60 a | 3,10 ab |
| Tucuruí 1 | 4,92 b | 7,07 ab | 2,92 abc |
| Juazeiro 7 | 4,40 b | 4,32 cd | 3,23 a |
| Encruzilhada 1 | 4,42 b | 6,15 abc | 2,94 abc |
| Macaíbo | 4,35 b | 2,45 d | 2,67 c |
| Manteiguinha Santarém | 7,55 a | 4,32 cd | 1,92 d |
| Vitória 2 | 4,42 b | 5,35 bc | 2,78 bc |
| Belém do São Francisco 2 | 6,67 a | 5,85 abc | 2,66 c |
| BRS Cauamé | 4,95 b | 3,20 d | 2,75 bc |
| Pingo de Ouro | 3,90 b | 5,45 bc | 2,72 c |
| Sempre Verde | 6,55 a | 6,22 ab | 2,92 abc |
| CV (%) | 10,37 | 14,82 | 5,11 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Medeiros JE (2017).

Médias de comprimento relativamente próximas e mais altas a estas, foram obtidas nos genótipos Manteiguinha Santarém, Cavaleiro 8 e Belém do São Francisco 2, sendo estes genótipos estatisticamente divergentes dos demais, podendo-se encontrar plântulas com parte aérea inferior. Contudo, apesar de divergente dos genótipos com maiores médias, o genótipo Sempre Verde ainda alcançou média de comprimento de 6,55 cm (Tabela 5).

Para o caráter comprimento da raiz primária das plântulas (Tabela 5), pode-se perceber que os valores de média variaram bastante entre os genótipos, sendo a maior média encontrada no genótipo Cavaleiro 8 e a menor no genótipo Macaibo. Percebe-se ainda que o genótipo Pingo de Ouro, antes com menor média no comprimento de parte aérea, obteve média de 5,45 cm de comprimento de raiz, sendo este valor próximo aos encontrados para os demais genótipos avaliados no parâmetro em questão.

Quanto ao diâmetro do coleto das plântulas (Tabela 5), as médias variaram entre 1,92 mm (Manteiguinha Santarém) e 3,23 mm (Juazeiro 7), porém em grande parte dos genótipos o coleto apresentou valores próximos a 2,70 mm. As maiores médias foram obtidas para os genótipos Juazeiro 7 e Tucuruí 1 (3,23 e 3,10 mm, respectivamente) e a menor média encontrada no genótipo Manteiguinha Santarém (1,92 mm), enquanto este, apesar disso, não se destacou negativamente com relação aos demais genótipos quanto ao comprimento da raiz primária e nem ao comprimento da parte aérea.

3.4.3 Massa seca da parte aérea e do sistema radicular das plântulas normais

O vigor da plântula pode ser avaliado pela sua massa seca (Vanzolini et al. 2007). Com isso, observando-se as Figuras 10A e 10B, pode-se verificar que as plântulas do genótipo Belém do São Francisco 2 apresentaram maior peso de massa seca da parte aérea (Tabela 6), com 41,60 mg/plântula, enquanto que aquelas do genótipo Manteiguinha Santarém apresentaram a menor média (21,92 mg/plântula) entre os genótipos avaliados. Tal média, relativamente inferior às demais, pode ser justificada pelo fato deste material apresentar plântulas mais finas que os demais e com isso obter valores mais baixos, apesar de demonstrar médias de comprimentos significantes de parte aérea e raiz primária.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agrônômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Tabela 6: Valores médios de massa seca da parte aérea (PA) e do sistema radicular (SR) de doze genótipos de feijão-caupi. Recife-PE, 2017.

| Genótipos | Médias | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Massa seca PA (mg/pl.) | Massa seca SR (mg/pl) |
| Portalegre 2 | 38,42 ab | 10,79 bc |
| Cavaleiro 8 | 31,04 cde | 15,97 a |
| Tucuruí 1 | 32,46 bcde | 12,49 abc |
| Juazeiro 7 | 34,80 bcd | 12,10 abc |
| Encruzilhada 1 | 38,61 ab | 11,64 bc |
| Macaíbo | 28,23 def | 9,23 cd |
| Manteiguinha Santarém | 21,92 f | 5,22 d |
| Vitória 2 | 37,60 abc | 13,78 ab |
| Belém do São Francisco 2 | 41,60 a | 12,95 abc |
| BRS Cauamé | 27,30 ef | 9,67 c |
| Pingo de Ouro | 31,30 cde | 12,95 abc |
| Sempre Verde | 38,88 ab | 14,79 ab |
| CV (%) | 7,99 | 13,86 |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Medeiros JE (2017).

Vanzolini et al. (2007) afirmam que o vigor da plântula pode também ser avaliado através da massa seca das plântulas de uma espécie. Diante disso, ao observar o acúmulo de massa seca do sistema radicular das plântulas (Tabela 6), pôde-se conferir nos genótipos Cavaleiro 8 Sempre Verde médias bastante elevadas, sendo destaque o genótipo Sempre Verde que apresentou valores expressivos na avaliação desse parâmetro e também no de comprimento das plântulas (Figura 9), demonstrando que as sementes desse genótipo proporcionam plântulas vigorosas e com rendimento expressivo de biomassa.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

4 CONCLUSÕES

Há variações entre os genótipos quanto a caracteres biométricos e morfológicos das sementes, demonstrando variabilidade entre os genótipos estudados.

Os genótipos apresentaram crescimento inicial de plântulas muito semelhante, apenas no genótipo Macaibo foi verificada a presença de tricomas na margem de seu protófilo, o que pode servir para diferenciá-lo dos demais genótipos.

Os genótipos Belém do São Francisco, Macaíbo, BRS Cauamé, Cavaleiro 8 e Sempre Verde apresentaram melhor desempenho germinativo e vigor de sementes.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pela estrutura para condução dos experimentos em laboratório, bem como ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) pelo suporte no desenvolvimento da experimentação em campo, em especial a Dr. Antonio Félix da Costa, Dr. Manoel Américo, o técnico agrícola Leandro Gomes e ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abud HF, Gonçalves NR, Reis RGE, Gallão MI e Innecco R (2010) Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agronômica 41**: 259-265.

Araújo JPP, Rios GP, Watt EE, Neves BP, Fageria NK, Oliveira IP, Guimarães CM e Filho AS (1984) **Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp; descrição e recomendações técnicas de cultivo**. Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia, 82p.

Araújo Neto AC, Nunes ATC, Rocha PA, Ávila JS e Moraes OM (2014) Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável 2**:71-75.

Araújo SS e Matos VP (1991) Morfologia da semente e de plântulas de *Cassia fistula* L. **Revista Árvore 15**: 217-223.

Barroso GM, Morim MP, Peixoto AL e Ichaso CLF (1999) **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. UFV, Viçosa, 443p.

Bekendam J e Grob R (1979) **Hand book for seedling evaluation**. ISTA, Zurich, 130p.

Binotti FFS, Haga KI, Cardoso ED, Alves CZ, Sá ME e Arf O (2008) Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy 30**: 247-254.

Biondi D e Leal L (2008) Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Mimosa strobiliflora* Burkart. **Scientia Agraria 9**: 245-248.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2008) **Instrução Normativa n. 12, 28 de março de 2008**. Disponível em <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=294660055>> Acesso em 4 jul 2017.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009a) **Regras para análise de sementes**. Mapa/ACS, Brasília, 399p.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009b). **Glossário ilustrado de morfologia**. Mapa/ACS, Brasília, 406 p.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2010) **Instruções para execução testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.)**. Mapa/ACS, Brasília, 7p.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011) **Guia de inspeção de campos para produção de sementes**. 3 ed, Mapa/ACS, Brasília, 41p.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012). **Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão para inscrição no registro nacional de cultivares – RNC**. Disponível em: <http://www.cisoja.com.br/downloads/legislacao/anexo_PT_294_4.pdf>. Acesso em: 26 dez 2017.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2013) **Instrução normativa nº 45**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-emudas/INN45de17desetembrode2013.pdf>>. Acesso em: 29 dez 2017.

Brüning FO, Lúcio AD e Muniz MFB (2011) Padrões para germinação, pureza, umidade e peso de mil sementes em análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal** 21: 193-202.

Carraro IM (2001) Semente insumo nobre. **Revista Seed News** 5: p.34-35.

Duke JA e Polhill (1981) Seedlings of Leguminosae. In Polhill RM e Raven PH (eds) **Advances in Legumes Systematics**. Royal Botanic Garden, England, p.941-949.

Dutra A, Teófilo EM, Medeiros Filho S e Dias FTC (2007) Qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em quatro regiões do estado do Ceará. **Revista Brasileira de Sementes** 29: 111-116.

Faleiro FG (2011) Aplicações de marcadores moleculares como ferramenta auxiliar em programas de conservação, caracterização e uso de germoplasma e melhoramento genético vegetal. In Faleiro FG, Andrade SEM e Reis Júnior FB (ed)

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 55-118.

Ferreira PV (1996) **Estatística experimental aplicada à agronomia.** EDUFAL, Maceió, 606p.

Freire Filho FR, Lima JAA e Ribeiro VQ (2005) **Feijão-caupi: avanços tecnológicos.** Embrapa Informação Tecnológica, Teresina, 519p.

Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Rocha MM, Silva KJD, Nogueira MSR e Rodrigues EV (2011) **Feijão-caupi: produção, melhoramento genético avanços e desafios.** Embrapa Meio-Norte, Teresina, 84p.

Freire Filho FR, Ribeiro VQ e Santos AA (2000) Cultivares de caupi para região Meio-Norte do Brasil. In: Cardoso MJ (org.). **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil.** Embrapa Meio-Norte, Teresina, p. 67-88.

Gonçalves EG e Lorenzi H (2011) **Morfologia vegetal: Organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora, São Paulo, 512 p.

Guerra MEC, Medeiros Filho S e Gallão MI (2006) Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae – Caesalpinioideae). **Cerne 12:** 322-328.

Gunn CR (1981) Seed topography in the Fabaceae. **Seed Science and Technology 9:** 737-757.

Groth D e Liberal OHT (1988) **Catálogo de identificação de sementes.** Editora Fundação Cargil, Campinas, 182p.

INSPV- Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Estacion de Ensayo de Semillas (1999) **Manual para evaluacion de plantulas en analisis de germinacion.** Madrid, 130p.

ISTA - International Seed Testing Association (1981) **Handbook of vigour test methods.** Zurich, 72p.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- ISTA - International Seed Testing Association (1993) International Rules for Seed Testing. **Seed Science and Technology 21**: 288p.
- Larcher W (2006) **Ecofisiologia vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 531p.
- Lassul – Laboratório de Análises (2017) **Sementes/PMS (peso de mil sementes)**. Disponível em: <<http://www.lassul.com.br/Servico/pms-peso-de-mil-sementes/10>>. Acessado em 21 dez 2017.
- Levien AM (2014) **Atributos da qualidade de sementes**. Disponível em: <<http://cultivares.com.br/noticias/index.php?c=4730>>. Acessado em 20 nov 2017.
- Machado FC, Teixeira C, Pereira NJ, Freire Filho FR, Moura Rocha M e Ferreira RL (2008) Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. **Revista Ciência Agronômica 39**: 114-123.
- Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. **Crop Science 2**: 176-177.
- Marcos Filho J (2005) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Fealq, Piracicaba, 495p.
- Medeiros Filho S, Silva MAP e Santos Filha MEC (2005) Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul var. ferrea em casa de vegetação e germinador. **Revista Ciência Agronômica 36**: 203-208.
- Nakagawa J (1999) Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In Krzyzanowski FC, Vieira RD e França Neto JB (ed) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Cap. 2, Abrates, Londrina, p. 1-24.
- Nunes RTC, Araújo Neto AC, Oliveira CC, Santos APS, Cangussu ACV e Moraes OM (2017) Potencial fisiológico de sementes de feijão-caupi produzidas em sequeiro no Sudoeste da Bahia. **VIII Semana de Agronomia** (Anais). UESB, Vitória da Conquista.
- Oliveira GP (2012) **Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Dissertação (Mestrado), UESB, Vitória da Conquista, 99p.

Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.

Oliveira Júnior JOL (2012) **A produção de feijão-caupi com inoculantes.** Primavera do Leste, Mato Grosso. Disponível em: <http://www.sementestomazetti.com.br/noticias.php?entry_id=1335969582>. Acessado em 10 jun 2017.

Pinto MB, Grabias J, Hoffmann PM, Velazco SJE e Blum CT (2016) Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e germinação de *Oreopanax fulvum* Marchal. **Agrária 11**: 111-116.

Santana SRA, Medeiros JE, Santana JTS, Júnior Cavalcante EA, Matos VP, Bastos GQ e Costa AF (2016) Caracterização de plântulas anormais de cinco variedades de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **XVI Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão** (Anais). UFRPE, Recife.

Silva AC (2011) **Características agronômicas e qualidade de sementes de feijão-caupi em Vitória da Conquista, Bahia.** Dissertação (Mestrado), UESB, Vitória da Conquista, 84p.

Silva GC, Kronka AZ, Bringel JJM e Gomes DP (2006) Germinação de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) oriundas dos estados da Paraíba, Ceará, Piauí e Maranhão. In **IV Reunião Nacional de Feijão-Caupi** (Anais) Tecnologias para o Agronegócio. Conac, Teresina.

Silva JBC e Nakagawa J (1995) Estudos de fórmulas para cálculo de germinação. **Informativo ABRATES 5**: 62-73.

Silva KB, Alves EU, Bruno RLA, Matos VP e Gonçalves EP (2008) Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas de *Erythrina velutina* Willd, *Leguminosae-Papilionideae*. **Revista Brasileira de Sementes 30**: 104-114.

Silva LMM, Matos VP, Pereira DD e Lima AA (1995) Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Luetzelburgia auriculata* Ducke (pau-serrote) e *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova-do-brejo) – Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes 17**:154-159.

- Medeiros JE Caracterização morfológica, agronômica e análise multivariada de genótipos de feijão-caupi.
- Silva LMM e Matos VP (1998) Morfologia de frutos, sementes e plântulas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul. – Caesalpinaceae) e juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart. – Rhammanaceae). **Revista Brasileira de Sementes 20**: 263-269.
- Souza SMS (2016) **Variabilidade morfoagronômica de variedades tradicionais de feijão-caupi do Acre**. Dissertação (Mestrado), UFAC, Rio Branco, 69p.
- Teixeira E, Germano EB, Indi RM, Cruz ARM e Marques VB (2016) Morfologia externa da cor do feijão caupi crioulo da agricultura familiar do maciço de Baturité. In **III Semana Universitária** (Anais) Ética na Formação Acadêmica. UNILAB, Redenção.
- Teixeira IR, Silva GC, Oliveira JPR, Silva AG e Pelá A (2010) Desempenho agronômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agronômica 41**: 300-307.
- Vanzolini S, Araki CAC, Silva ACTM e Nakagawa J (2007) Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes 29**: 90-96.
- Veiga RFA, Nagai V, Godoy IJ, Carvalho LH e Martins ALM (1996) Caracterização morfológica de acessos de amendoim: avaliação da sensibilidade de alguns descritores. **Bragantia 55**: 45-56.
- Vieira EHN e Rava CA (2000) **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 270p.
- Vieira FA e Gusmão E (2008) Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk. (Sapindaceae). **Ciência e Agrotecnologia 32**: 1073-1079.
- Zilli JE, Valicheski R, Rumjanek NG, Simões-Araújo JL, Freire Filho FR e Neves MCP (2006) Eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* isoladas de solo do cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 41**: 811-81.