

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**SELEÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS E DIVERGÊNCIA
GENÉTICA EM ACESSOS DE MANDIOCA**

SANDRA DOMINGOS JOÃO AFONSO

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
DEZEMBRO - 2013**

SELEÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS E DIVERGÊNCIA
GENÉTICA EM ACESSOS DE MANDIOCA

SANDRA DOMINGOS JOÃO AFONSO

Engenheira Agrônoma
AFRICA UNIVERSITY, 2010

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais, Área de Concentração em Melhoramento e Biotecnologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. RICARDO FRANCO CUNHA MOREIRA

Co-Orientador: Prof. Dr. SEBASTIÃO DE OLIVEIRA E SILVA

Co-Orientador: Prof. Dr. CARLOS ALBERTO DA SILVA LEDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA

MESTRADO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

A257

Afonso, Sandra Domingos João.

Seleção de descritores morfológicos e divergência genética em acessos de mandioca / Sandra Domingos João Afonso. _ Cruz das Almas, BA, 2013.

60f.; il.

Orientador: Ricardo Franco Cunha Moreira.

Coorientador: Sebastião de Oliveira e Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas

1.Mandioca – Melhoramento genético. 2.Mandioca – Recursos genéticos vegetais. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Ledo, Carlos Alberto da Silva. III.Título.

CDD: 633.682

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

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE SANDRA
DOMINGOS JOÃO AFONSO**



Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira

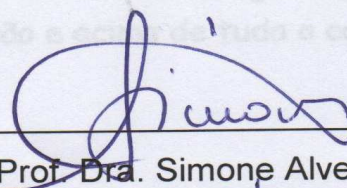
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

(Orientador)



Prof. Dr. Antonio Vander Pereira

Embrapa Gado de Leite



Prof. Dra. Simone Alves Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais em
Conferindo o Grau de Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais em.....

Ao meu filho, Hermenegildo Celestino Afonso Chingunde Marcelino (Helsandro), que esteve ao meu lado em todos os momentos, agradeço pelo amor, compreensão e acima de tudo o carinho.

Dedico

“ Plante seu jardim e decore sua alma,
Ao invés de esperar que alguém lhe traga flores.
E você aprende que realmente pode suportar que realmente é forte,
E que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais.
E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”
(William Shakespeare)

Tudo posso naquele que me fortalece.
(Filipenses 4:13)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tem feito em minha vida, pela presença constante, força e sabedoria, sem as quais nada seria possível.

Ao Instituto Superior Politécnico do Kwanza Sul (Angola), por ter permitido a continuação da minha formação.

À Universidade Federal de Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de ingresso no Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais e consequente realização do curso de Mestrado.

À Embrapa, pela infraestrutura concedida para a realização do trabalho.

Aos meus pais, Mateus Afonso e Margarida Afonso (*in memoriam*), pela orientação e oportunidade concedida nesta vida.

Aos meus irmãos e primos Afonso, Africano, Bruno, Conceição, Denise, Helena, Kaiolev, Nela, Mateus, Olávio, Tucha, que sempre me apoiaram incondicionalmente.

Ao meu orientador, Professor Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira, a minha sincera gratidão pela confiança ao aceitar me orientar e compartilhar seus conhecimentos e acima de tudo pela paciência na correção da dissertação.

Ao meu co-orientador, Professor Dr. Sebastião de Oliveira e Silva, pela amizade, incentivo, e ensinamentos durante o decorrer deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Professor Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo, por sua amizade, atenção, ensinamento e apoio nas diversas tarefas desenvolvidas desde o início do projeto.

À Professora Dra. Ana Cristina Vello Loyola Dantas, coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais pela atenção e simplicidade.

Aos diretores do Instituto Superior Politécnico do Kwanza Sul (Angola), Eng. Manuel Spínola, Dr. Raimundo Kwaya e Dr. Antonio Domingos, pela amizade e incentivo.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e apoio durante o tempo de convivência nestes anos; especialmente a Elaine Cunha, Leandro Silva, Lucas Ribeiro, Mônica Ribeiro e Patricia Reis.

Aos amigos que fiz em Cruz das Almas, em especial a Ana Peixoto, Édico Gomes, Fredson Patria, Gilson Silva, Honorato Neto, Isabel de Jesus, Joaquim Monteiro, Lucymeire Lino, Karine Simões, Simara Santos, Tânia Conceição, Thamires Bomfim, Terêncio Junior e Von Daniken Leal.

Aos meus amigos, os quais a distância nunca irá nos separar e que sempre poderei contar com a amizade, apoio, carinho e dedicação: Adérito Pais da Cunha, Ana Figueira, André Ndjamba, Carlos Dias, Conceição Malite, Dolina Miguel, Lafayeth Fernandes, Leonardo Samunga, Luzia Baptista, Kuama Berline, Miguel Lengo André, Mônica Mbui Martins, Óscar Moraes e Rossana Monteiro.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos. Que o Senhor Deus todo poderoso abençoe a cada um de vocês. MUITO OBRIGADA.

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO..... 1

Capítulo I

SELEÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS EM ACESSOS DE
MANDIOCA POR MEIO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS..... 22

Capítulo II

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MANDIOCA
CONSIDERANDO DESCRITORES QUANTITATIVOS E
QUALITATIVOS SIMULTANEAMENTE..... 44

SELEÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS E DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM ACESSOS DE MANDIOCA

Autora: Sandra Domingos João Afonso

Orientador: Ricardo Franco Cunha Moreira

Co-orientador: Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das mais importantes espécies tropicais cultivadas. O gênero *Manihot* tem 98 espécies e entre elas não existem barreiras para isolamento reprodutivo, portanto, há um imenso *pool* gênico à disposição dos melhoristas de mandioca. Muitos cientistas têm enfatizado a importância, para o desenvolvimento de cultivares melhoradas, utilizando os acessos de espécies silvestres de *Manihot*. O objetivo desse trabalho foi à seleção de descritores morfoagronômicos e análise de diversidade genética de acessos do banco ativo de mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Para a caracterização dos acessos do germoplasma de mandioca foram usados 35 descritores morfológicos e agrônômicos, sendo 19 qualitativos e 16 quantitativos. Foi realizada a identificação dos descritores redundantes, por meio da metodologia proposta por Jolliffe e levando-se em consideração a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética, segundo o método proposto por Singh. Conclui-se que os descritores comprimento e diâmetro da raiz, número de raízes por planta, peso de raiz por planta, teor de amido e ácido cianídrico na raiz, distância entre cicatrizes foliares, número de hastes a partir da maniva mãe, altura da primeira ramificação, comprimento do lóbulo médio e do pecíolo, cor da película da raiz, cor da casca da raiz sem película, forma da raiz, cor do caule, hábito de ramificação, cor dos ramos terminais, forma do lóbulo, cor do pecíolo são importantes na caracterização de germoplasma da mandioca. E que o descarte de 57 % dos descritores não ocasiona perda de informação, minimiza custos e dinamiza o manejo de germoplasma da mandioca. O método de Gower foi

eficiente na discriminação dos grupos considerando a análise conjunta dos descritores estudados demonstrando, que a análise simultânea de dados qualitativos, quantitativos é viável e pode permitir uma maior eficiência no conhecimento da divergência genética entre acessos de germoplasma, por considerar a influência resultante da interdependência entre as respectivas características.

Palavras-chave: Espécies silvestres, descritores morfológicos e agronômicos.

SELECTION OF DESCRIPTORS A MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENETIC DIVERGENCE IN CASSAVA ACCESSIONS

Author: Sandra Domingos Joao Afonso

Advisor: Ricardo Franco Moreira Cunha

Co-advisor: Sebastião de Oliveira e Silva

Co-advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

Abstract: The cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the most important tropical species grown. The genus *Manihot* has 98 species and among them, there are no barriers to reproductive isolation, therefore, there is an immense gene pool available to the breeders of cassava. Many scientists have emphasized the importance for the development of improved cultivars, using the accessions of wild species of *Manihot*. The objective of this work was Selection of descriptors morphological and agricultural traits and analysis of genetic diversity of accesses active bank of cassava of Embrapa Cassava and Tropical Fruits. For characterization of cassava germplasm accessions were used 35 morphological and agronomic descriptors, being 19 qualitative and 16 quantitative. It was carried out the identification of redundant descriptors, by means of the methodology proposed by Jollife and taking into account the relative contribution of each characteristic for genetic divergence, according to the method proposed by Singh. It is concluded that the descriptors length and root diameter, number of roots per plant, root weight per plant, starch content and hydrocyanic acid in root, distance between leaf scars, number of stems from the manioc cuttings mother, height of the first branch, length of the middle lobe and the petiole, color of the film from root, color of the root bark without film, form of root, stem color, branching habit, color, shape of the terminal branches of the lobe, color of the petiole are important in the characterization of germplasm of cassava. The method of Gower was efficient in discrimination of groups whereas the joint analysis of descriptors studied, demonstrating that the simultaneous analysis of qualitative data, quantitative is viable and can allow a greater efficiency in the knowledge of the genetic divergence among accessions

of germplasm banks by consider the influence resulting from the interdependence between their respective characteristics.

Keywords : Wild species , morphological and agronomic descriptors

INTRODUÇÃO

O gênero *Manihot* é composto por cerca de 100 espécies de árvores, arbustos e ervas que é distribuída a partir do norte da Argentina ao sul dos Estados Unidos da América. Alguns estudos indicam que a mandioca tem vários centros de origem, dentre estes, sugerem que as espécies *M. esculenta* cultivadas são originárias do extremo sul da Região Amazônica do Brasil (Valle, 1991).

Contudo Ribeiro Filho (1976) constatou que a maioria das espécies selvagens do gênero *Manihot* encontrava-se em estado espontâneo no Brasil, concluindo assim que o centro de origem da planta é o “Brasil Oriental Tropical”. Schmidt (1951) indica a Região Amazônica como provável centro de origem, de onde a mandioca se irradiou para o Norte, atingindo as Antilhas, a América Central e a parte sul da América do Norte. Disseminou para o Sul e para o Oeste, distribuindo-se por todo o território brasileiro, indo alcançar a orla atlântica, em toda a sua extensão, até quase o Estuário do Prata.

Conhecida pela rusticidade e pelo papel social que desempenha junto às populações de baixa renda, a mandioca apresenta ampla adaptabilidade a diversos ecossistemas. Contudo, não tolera geada, exige condição de boa luminosidade, apresenta bom desenvolvimento nas temperaturas entre 20 e 24 °C, e precipitação média variando entre 500 e 3.000 mm anuais. A mandioqueira é cultivada entre os paralelos de 30° N e 30° S (Souza et al., 2006).

Uma gama de produtos pode ser obtida a partir do beneficiamento da parte aérea e raízes da mandioca. Sendo que, o brasileiro faz largo consumo da raiz de mandioca cozida, frita, assada e da farinha em farofas, recheios e pirões. A comercialização da mandioca rende para o Brasil mais de 2,5 bilhões de dólares (Fukuda et al., 2001). Outrossim, considerando-se a fase primária e o processamento de farinha e fécula, estima-se que é gerado no Brasil um milhão de empregos diretos e indiretos (Oliveira, 2011). A mandioca faz parte do contexto histórico brasileiro, nos planos alimentar, social, econômico e cultural, como cultura de subsistência, em especial na agricultura familiar da

vasta região semiárida do Nordeste, mitigando a fome das populações mais pobres do Brasil.

Na África, é comum consumir-se, além da raiz, também as folhas jovens. Em Angola, essa comida se chama Kissaca em Moçambique é conhecida como matapa e é uma das mais populares da culinária moçambicana. Também no Brasil (Bahia) as folhas são consumidas em prato chamado maniçoba.

Nos programas de melhoramento da mandioca, os bancos de germoplasma e as coleções de trabalho, exercem um papel de suma importância na conservação da variabilidade genética da espécie, que se encontra disponível para o uso imediato aos melhoristas da espécie.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi a Seleção de descritores morfoagronômicos e análise de diversidade genética de acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

REVISÃO DE LITERATURA

Importância econômica

A produção mundial de mandioca continua com um ritmo de crescimento relevante, isto é, passando de 99,1 milhões de toneladas em 1970 para 252,2 milhões de toneladas em 2011 (FAO, 2013). A cultura disseminou-se rapidamente após sua inserção no continente Africano, que hoje detém grande parte da produção mundial. Dos vinte maiores produtores mundiais, onze se encontram no continente Africano, seguido pela Ásia, com seis países. A América do Sul com três representantes.

Da produção mundial, a África é responsável por 55,9%; a Ásia, por 30,5%; e a América Latina, 13,6%. O maior cultivo de mandioca na África está, entre outros motivos, ligado à facilidade de adaptação da cultura, bem como sua menor exigência em tecnologia de produção (FAO, 2013).

O continente Africano vem aumentando ainda mais, a sua participação na produção de mandioca, isto é, alcançado aproximadamente 140,9 milhões

de toneladas, que corresponde a 55,9% do total de 252,2 milhões de toneladas mundiais produzidas. Vindo em segundo lugar, o continente Asiático, com 76,7 milhões. O continente Americano é o 3º produtor mundial, com 34,4 milhões de toneladas, porém, a quase totalidade concentrada na América do Sul e, nesta, a maior parte (25,4 milhões) no Brasil.

Além de Nigéria (52,4 milhões de toneladas) e Brasil (25,4 milhões), são grandes produtores de mandioca a Indonésia (24,0 milhões), Tailândia (21,9 milhões), Congo (15,6 milhões), Angola (14,3 milhões), Gana (14,2 milhões), Vietnã (9,9 milhões), Índia (8,1 milhões), Moçambique (6,3 milhões), Uganda (4,7 milhões), Tanzânia (4,6 milhões), China (4,5 milhões) e Paraguai com 2,5 milhões de toneladas/ano (FAO, 2011).

Segundo a FAO (2011), na África, a mandioca representa a principal fonte alimentícia para cerca de 60% da população, onde é consumida sob forma *in natura*, geralmente cozida. Outra forma do consumo é a farinha, embora em menor escala, devido ao fato de existirem poucas farinhas na maioria dos países desse continente.

No Brasil segundo IBGE (2011) a região Nordeste se destaca como a principal região produtora de mandioca, com 31,24% da produção, a Norte é responsável por 29,97%, Sul por 23,62%, Sudeste por 10,08% e a Centro-Oeste por 5,08%. Conseqüentemente, os cinco maiores estados produtores pertencem às três (N, NE e S) regiões onde se produz mais mandioca: Pará, Bahia, Paraná, Maranhão e Rio Grande do Sul. No estado do Pará o cultivo e beneficiamento de mandioca representam uma fonte de renda para as famílias de baixa renda, assim como na maioria das regiões produtoras da raiz no país, que vivem em áreas rurais. Por ser uma cultura altamente dependente de mão de obra, estima-se que para cada três hectares, empregam-se duas pessoas durante o ano, indicando que o cultivo da mandioca esteja gerando mais de 200 mil empregos, talvez, a maior fonte geradora de emprego no Estado do Pará.

Origem, domesticação e distribuição geográfica

Botânicos, ecologistas e etnologistas concordam que a mandioca é uma planta de origem americana, embora alguns considerem o estudo de sua história bastante vasto e complexo, necessitando ser investigado mais detalhadamente (Conceição, 1979).

O gênero *Manihot* é um táxon americano com o centro de origem e domesticação ainda em discussão. A planta da mandioca consta ter evoluído sob a influência de fatores biológicos e físicos altamente localizados, de modo que, devido à ampla dispersão há baixo nível de intercâmbio entre os sítios. Ademais, foram desenvolvidos conjuntos gênicos de adaptação local, portanto, conclui-se que o conhecimento desses padrões de evolução é de extrema importância para uma adequada utilização do germoplasma da espécie (Martins, 1994).

Todavia, a origem e evolução de *Manihot esculenta*, como a da maioria das espécies tropicais é difícil de ser elucidado. No entanto, Rogers e Fleming (1973) ressaltam que, estudos relatados ao longo do tempo declaram que a mandioca é uma das mais antigas plantas cultivadas pelo homem.

De acordo com Clement et al.(2006), a variabilidade genética vegetal associada ao processo de seleção contínua realizada pelos agricultores locais da Amazônia no decurso da história da agricultura ocasionou a domesticação de algumas espécies alimentares importantes, como mandioca (*Manihot esculenta*), batata doce (*Ipomea batatas*), taioba (*Xanthosoma* sp.), pupunha (*Bactris gasipaes*) e amendoim (*Arachis* sp.).

A mandioca é uma espécie cultígena, não se encontra sob a forma silvestre e aparentemente evoluiu como uma espécie cultivada por seleção natural e sob cuidado do homem (Hershey & Amaya, 1982). Foi domesticada pelos povos pré- colombianos visando à produção de raízes a partir de espécies silvestres do gênero *Manihot*. Evidências arqueológicas encontradas na Colômbia e Venezuela indicam que o cultivo da mandioca é praticado nessas regiões há cerca de 3000 a 7000 anos (Reichel- Dolmantoff, 1965; Renovoize, 1972).

Rogers e Appan (1973) na década de 70 levantaram hipóteses sobre as prováveis áreas tropicais da América como centro de origem e diversidade da mandioca. Entretanto, diversos estudos posteriores, evidenciaram não haver um consenso sobre o exato local de origem e domesticação da planta (Hershey, 1988).

Considerando que a mandioca tenha sido domesticada a partir das espécies silvestres, Allem (1994) sugere que a *Manihot esculenta* Crantz ssp. *flavellifolia* (Pohl) e a Peruviana (*Mueller argoviensis*) tenham sido os possíveis ancestras da mandioca.

Posteriormente, Allem (1999) considerou a *M. pruinosa* como um outro possível ancestral da mandioca, com base em dados de cruzamentos e marcadores moleculares gerados por Second et al. (1997). No entanto, o gênero *Manihot* é um taxon americano com o centro de origem, diversidade e domesticação ainda em discussão (Ceballos, 2002).

O Brasil é considerado o possível centro de origem e diversidade da espécie *Manihot esculenta* (Abraham, 1970; Martin, 1974; Gulick et al. 1983). Onde já foram catalogados cerca de 4000 acessos os quais encontram-se mantidos em coleções e bancos de germoplasma em todo o país (Fukuda e Silva, 2002). As variedades crioulas representam variabilidade que são selecionadas naturalmente ou por agricultores (Fukuda et al. 1996). Essas variedades representam o alicerce dos sistemas de produção familiar, sendo consideradas um patrimônio genético importante para a segurança alimentar dos agricultores e para a preservação da biodiversidade (Fukuda et al., 1996). As variedades locais selecionadas por agricultores familiares ao longo dos anos têm demonstrado em muitos casos, que possuem potencial genético, desde que lhes dêem condições para expressar essa qualidade. Seu valor potencial para os programas de melhoramento fundamenta-se nos genes que lhes conferem resistência a pragas e doenças e possibilitam adaptação a condições edafoclimáticas adversas (Alcazar, 1983).

Aspectos botânicos e genéticos

De acordo com a sistemática botânica de classificação hierárquica, a mandioca é uma planta dicotiledônea pertencente à família Euphorbiaceae, composta por mais de 1700 espécies, envolvendo plantas herbáceas de importância econômica, tais como a mamona (*Ricinus comunis*), e lenhosas como a seringueira (*Hevea spp.*). Dentre esses, existem espécies de valor medicinal e ornamental. E segundo Ceballos (2002), uma das características dessa família é a produção de uma secreção leitosa, o látex, quando a planta é ferida.

As folhas da mandioca são caducifólias, simples, lobulares (três a nove), cor purpúrea a verde escuro, com 18 a 22% de proteínas e de diversos tamanhos e formas (Domínguez, 1984).

A planta de mandioca possui caule subarborescente, ereto, com nós e gemas que permite a propagação vegetativa (maniva). O caule pode ser dicotômico, tricotômico, tetracotômico, ramificado em quatro hastes e indiviso ou não, podendo apresentar ramificação, frequentemente observado em materiais silvestres (Nassar, 2000). O talo da mandioca, estrutura de sustentação da planta é responsável pela altura e largura que varia em forma, número e ângulo de ramificação (Domínguez, 1984).

As raízes tuberosas da mandioca possuem formas e tamanhos distintos apresentando grande variação entre e dentro de indivíduos de uma mesma cultivar. Os aspectos vegetativos do talo, forma da raiz e folhas são usados na caracterização de cultivares (Carvalho e Fukuda, 2006).

A altura da planta é muito variável e depende do tipo de ramificação. Na haste e ramificações são encontradas as cicatrizes deixadas pelas bases das folhas. O porte da planta, hábito de ramificação, tamanho e distância entre as cicatrizes foliares, são características dependentes da variedade, que dentre outras apresentadas pelo caule, permitem classificar os diversos genótipos. A cor do caule é uma característica que não só varia entre os diversos genótipos, mas também com a idade da planta (Carvalho e Fukuda, 2006).

De acordo com Carvalho e Kato (1987), além do substancial consumo das raízes, tem sido proposta a utilização da parte aérea da planta, a qual se considera aproveitável, do ponto de vista nutricional, apenas o terço superior, representado pelas folhas.

O pecíolo apresenta comprimento variável e com diversas inclinações em relação à haste, sendo mais comuns as formas inclinadas para cima, horizontal, inclinada para baixo e irregular (Rondón 1984). Apresenta também diversas tonalidades, desde a verde-amarelada, verde, vermelha até a roxa. Todas estas características são de grande interesse taxonômico e importante na caracterização de variedades (Sales Filho, 1991).

A mandioca é uma espécie monóica, que apresenta flores femininas e masculinas dispostas na mesma inflorescência. As flores femininas, do mesmo cacho, sofrem a antese 10 dias antes das masculinas. O fruto da mandioca é trilocado e deiscente. A formação de raízes quando cultivada a partir da semente ocorre de forma diferenciada (raiz pivotante) dificultando a colheita (Martin, 1976).

A mandioca é uma espécie altamente heterozigótica, apresentando forte depressão endogâmica com a autofecundação, que aliada à facilidade da sua propagação vegetativa, mantém alta heterozigosidade (Kawano et al., 1978).

A reprodução sexual da mandioca tem extrema importância na classificação da espécie do gênero *Manihot* bem como o estudo da inflorescência, forma e função das flores, aspectos da polinização e biologia floral e produção de sementes.

Botanicamente, a mandioca é uma planta diplóide ($2n = 36$). É um arbusto perene, lenhoso, com altura entre 1 a 5 m dependendo do tipo de cultivar.

Diferença entre mandioca mansa e brava

Os glicosídeos cianogênicos, compostos químicos potencialmente tóxicos estão presentes na mandioca. Sendo assim, deve-se ter um controle no processamento da planta porque no preparo de alguns alimentos da mandioca,

os resíduos tóxicos podem não ser removidos totalmente. Além disso, as raízes de mandioca são altamente perecíveis e por isso devem ser processadas, o mais rápido possível. No processamento as raízes frescas são estabilizadas, os compostos cianogênicos são reduzidos a níveis seguros e para tornar os alimentos palatáveis, altera-se a textura e o sabor do produto (Poulter et al., 1989).

Os níveis de glicosídeos cianogênicos definem dois tipos de variedades de mandioca, a "brava" e a "mansa". No grupo de variedades de mandioca mansa, os teores de cianeto estão abaixo de 100 mg kg^{-1} de polpa nas raízes frescas (Bolhuis, 1954). Por conterem baixo teor de cianeto e não apresentarem sabor amargo, essas raízes podem ser consumidas com ou sem qualquer processamento, ou por meio de preparos domésticos simples como fritas, cozidas ou assadas (Valle et al., 2004).

Já as variedades bravas ou venenosas concentram na raiz fresca níveis acima de 100 mg kg^{-1} . Portanto são impróprias para o consumo fresco. Além disso, a liberação de ácido cianídrico (HCN) confere sabor amargo às raízes. (Bolhuis, 1954). Porém, entre as variedades, não há qualquer característica morfológica da planta que permita distinguí-las (Valle et al., 2004).

Importante realçar que, a propagação da mandioca, quando cultivada para fins comerciais, é efetuada com a utilização de manivas semente. Embora, a mandioca seja propagada principalmente por via clonal, por meio de estacas, a espécie não perdeu a capacidade de reprodução sexual em escala temporal (Graner, 1942).

Descritores botânicos, morfológicos e agronômicos

Os descritores botânico-morfológicos e agronômicos são de extrema importância na identificação de cultivares de mandioca. Exibem caracteres fenotípicos importantes para o melhoramento da mandioca, e proporciona informações essenciais sobre parentais com potencial para serem usados em cruzamentos e evitarem acessos duplicados no germoplasma (Fukuda e Guevara, 1998). A caracterização pode também ser empregada para estimar a proximidade e divergência genética entre acessos do germoplasma.

A espécie *Manihot esculenta* apresenta uma grande variabilidade fenotípica quando avaliada por meio de caracteres botânicos, morfológicos e relacionados com o modo de reprodução, dispersão e armazenamento das sementes (banco de sementes), que permitem a introdução de novos recombinantes no conjunto original de variabilidade da espécie (Faraldo et al., 2000).

Os descritores morfológicos têm sido usados por diversos pesquisadores para a caracterização de germoplasma (Texeira et al., 2002; Buttow *et al.*, 2010; Mariot e Barbieri, 2010), e embora existam técnicas mais avançadas como a caracterização molecular, a descrição morfológica é mais acessível e antecede outras técnicas, permitindo a orientação do trabalho a ser realizado com marcadores mais sofisticados, como os moleculares (Ritschel et al., 2011).

No entanto, os descritores atuam de forma diferente na distinção de acessos. Desta maneira, Ramos (2007) mencionou que as características que mais contribuem para distinção de genótipos da mandioca são cor do pecíolo, do córtex, externa do caule, externa das raízes, da polpa da raiz, da folha desenvolvida, proeminência das cicatrizes foliares, hábito de ramificação e tipo de planta.

Os descritores vegetativos e reprodutivos da *Manihot* são fundamentais nos trabalhos de descrição botânica e da genética da espécie (Ceballos, 2002), pois o modo de reprodução sexuada da mandioca tem extrema importância na classificação da espécie do gênero *Manihot*, bem como no estudo da inflorescência, forma e função das flores, aspectos da polinização, biologia floral e produção de sementes.

Com a caracterização de germoplasma, é possível a quantificação da variabilidade por meio da avaliação de variáveis quantitativas (agronômicas) e qualitativas (morfológicas e moleculares). O uso de técnicas multivariadas é um dos elementos que tem permitido a obtenção de resultados mais apurados nos estudos sobre diversidade genética entre genótipos. Vários métodos multivariados podem ser aplicados, e a escolha dependerá da precisão desejada pelo pesquisador, facilidade de análise e forma com que os dados são obtidos (Cruz et al., 1994).

Os descritores do germoplasma de mandioca podem ser divididos em mínimos, principais e secundários, agronômicos preliminares e complementares (Fukuda e Guevara, 1998). Os principais: cor da folha desenvolvida, número de lóbulos, comprimento e largura do lóbulo, relação comprimento/largura do lóbulo central, crescimento do pecíolo, cor da epiderme do caule, hábito de crescimento do caule, cor dos ramos terminais das plantas adultas, altura da planta, altura da primeira ramificação, níveis de ramificação e constituição da raiz (Fukuda e Guevara, 1998).

Os descritores classificados como secundários são: cor da nervura, posição do pecíolo, proeminência de cicatrizes foliares, comprimento das estipulas, margem das estipulas, hábito de ramificação, época da primeira ramificação, sinuosidade do lóbulo foliar, forma da raiz e tipo de planta (Fukuda e Guevara 1998).

Os descritores vigor inicial, peso da parte aérea da planta, peso total da parte aérea da planta, rendimento de raízes não comerciais, número de raízes podres por planta, índice de colheita, cor principal das sementes, cor secundária das sementes e cor do carúnculo das sementes, percentagem de matéria seca nas raízes, teor de ácido cianídrico nas raízes, deterioração pós-colheita, qualidade culinária, danos por pragas e doenças e retenção de folhas, cor das sépalas, cor do disco, cor do estigma, número de estacas comerciais por planta, comprimento médio da raiz, diâmetro médio da raiz, destaque da película da raiz, destaque do córtex da raiz, posição das raízes, número de raízes por planta, peso médio de raízes por planta, rendimento de raízes comerciais, cor do ovário, cor das anteras, comprimento da sépala, largura da sépala, flores femininas sem estames, pólen, frutos, comprimento das cápsulas dos frutos, exocarpo do fruto, comprimento da semente e diâmetro das sementes são considerados agronômicos (Carvalho e Fukuda, 2006).

Melhoramento genético

É muito importante lembrar que antes mesmo de se realizarem os cruzamentos, para um programa de melhoramento com êxito, deve-se realizar uma escolha criteriosa dos genitores a serem cruzados. Entretanto, tem-se

dados ênfase na escolha de genótipos para o cruzamento tanto ao comportamento “*per se*” quanto às suas divergências genéticas (Cruz, 1991; Scapim et al., 1999). Sendo assim os estudos sobre divergência genética geralmente têm mostrado que os melhores efeitos, em programas de melhoramento, são obtidos quando se cruzam pais com boas características agronômicas e que representam combinações contrastantes (Albuquerque, 1997; Scapim et al., 1999).

Portanto, a caracterização morfológica e agronômica do germoplasma que visa a diferenciação fenotípica entre os acessos, pode auxiliar na escolha de genótipos para o melhoramento da cultura. Sendo assim, trabalhos de caracterização e avaliação do germoplasma de mandioca são ferramentas para a sua utilização mais eficiente na área de melhoramento, possibilitando a identificação de cultivares com características superiores e herdáveis.

A caracterização morfológica e agronômica de variedades de mandioca e espécies silvestres de *Manihot* pode ser uma ferramenta para a contribuição de maior desenvolvimento da mandiocultura. Pesem embora essa caracterização assegurem o intercâmbio de germoplasma, a identificação de genótipos, a determinação da divergência genética e a provável utilização do material em programas de melhoramento (Fukuda et al. 2003).

Os objetivos de um programa de melhoramento da mandioca são estabelecidos em função das demandas de produção, processamento e mercado, baseando-se na resistência a pragas e doenças e, principalmente, no incremento da produtividade de raízes (Fukuda e Silva, 2002), como também obter genótipos que produzam um maior rendimento de amido por unidade de área e de tempo, sob diversas condições ambientais (Kawano, 1982).

O melhoramento da cultura da mandioca tem se desenvolvido em diferentes estágios, tais como: avaliação de variedade *Landraces*, coleta e intercâmbio de germoplasma regional e global, recombinação de clones e uso de espécies silvestres para ampliar a base genética. A partir dos anos 80 a biotecnologia tem sido aplicada para facilitar e aumentar a eficiência do melhoramento de mandioca. Como consequência, novos horizontes foram abertos para o melhoramento dessa cultura.

As atividades do Programa de Melhoramento Genético de Mandioca no Brasil iniciaram-se no ano de 1930 no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), considerado o projeto é o mais antigo existente na área. Posteriormente, um grande projeto de melhoramento foi criado na Embrapa, que conta com a maior variabilidade genética de germoplasma de mandioca do mundo (Fukuda e Silva, 2002).

O primeiro trabalho de melhoramento de mandioca foi realizado por Zehntner (1919) que iniciou a produção de clones, através do uso de sementes sexuais obtidas por polinização aberta. Atualmente, vários programas de melhoramento da mandioca vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo, destacando-se o do CIAT, os do Sistema Cooperação da Embrapa e do IITA, cujos os objetivos foram apresentados por Gulick et al. (1983). De uma maneira geral Kawano (1982) resalta que o principal objetivo de melhoramento genético da mandioca, é o de obter genótipos que produzam um maior rendimento de amido por unidade de área e de tempo, sob diversas condições ambientais.

Nos anos de 1990 cientistas do IITA criaram com sucesso cultivares de mandioca com resistência durável a doenças de origem bacteriana. Assim como a ferrugem e o mosaico (CMD) (Hahn et al., 1980). Para essa conquista usaram como genitores híbridos de mandioca selvagens. A implantação pelo IITA deste material em Uganda foi um grande sucesso.

De acordo com Allem e Goedert (1991), os programas de melhoramento com a cultura da mandioca raramente utilizam espécies silvestres, limitando-se a cruzamentos intraespecíficos. Jennings (1959) afirma que híbridos interespecíficos em *Manihot* ocorrem frequentemente, portanto, podem ser obtidos com relativa facilidade.

Por outro lado, Hershey (1987) salienta que o potencial de utilização de outras espécies do gênero *Manihot* no melhoramento genético de mandioca é discutível, considerando-se que no germoplasma de espécie *M. esculenta* disponível, já foi identificada diversidade genética para quase todos os caracteres agrônômicos de importância econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, A. Breeding work in tapioc (cassava and new other tropical tuber crops. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL ROOT AND TUBER CROPS, 2, 1970. **Proceedings...** Honolulu, Hawaii: 1970. p.76-79.

ALBUQUERQUE, A.S. **Diversidade e parâmetros genéticos em pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch)**. 1997. 90 f. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

ALCAZAR, J. T. E. **Los recursos fitogeneticos: una inversion segura para el futuro.**Madrid: INIA, 1983. 44p.

ALLEM, A. C.; GOEDERT, C. O. Formação da base genética de mandioca: o caso do Brasil. In: HERSHEY, C. H., (Ed.) **Mejoramiento genético de la yuca en América Latina**. Cali, Colombia: CIAT, 1991. p. 125-161.

ALLEM, A.C. A new species of *Manihot* (Euphorbiaceae) from the Brazilian Amazon. **Journal Plant Science**, Chicago, v.160, n.1,p. 181-187, 1999.

BOLHUIS, G.G. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of agricultural Science, Wageningen**, v.2, n.3, p. 176-185, 1954.

BUTTOW, M. V. BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G.; CARVALHO, F. I. F. de. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1264-1269, 2010.

CARVALHO, V.D.; KATO, M.S.A. Potencial de utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, v.13, n.145, p.23-28, 1987.

CONCEIÇÃO, A.J. A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)- Cruz das Almas. Embrapa/ BNB/ Brascam Nordeste,1979. 382p.

CEBALLOS, H. **Taxonomia e morfologia de la Yuca**. In: OSPINA, I.A.; CEBALLOS, H. La Yuca en el tercer milenio. Cali: CIAT, Publicacion. 327, 2002. p. 17-33.

CLEMENT, C. R.; ROCHA, S. F. R.; COLE, D. M.; VIVAN,J. L. **Conservação**

on farm. In: Nass, L. (ed.). Conservação de recursos genéticos vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. p 247-277.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas.** 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba: USP/ESALQ, 1991.

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R.; CARVALHO, S.P. de. Estudos sobre divergência genética. III. Comparação de técnicas multivariadas. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 41, n. 234, p. 191-201, 1994.

DOMÍNGUEZ, E.C.; CEBALLOS, L.F.; FUENTES, C. **Morfología de la planta de yuca.** DOMÍNGUEZ, C.E. (Ed.) Yuca: investigation, production y utilization. Cali: CIAT, 1984. p.29-49.

FAO. **Food and agriculture organization of the united nations.** 2013. Atualizado em 16/01/2013. Consultado em 18/01/2013. Fonte Embrapa Mandioca e Fruticultura.

FARALDO, M.I.F.; SILVA, R.M da.; ANDO, A.; MARTINS, P.S. Variabilidade genética de etnovarietades de mandioca em regiões geográficas do Brasil. **Scientia Agrícola**, v.57, nº 3, 2000. p. 499-505

FUKUDA, W.M.G; COSTA, I.R.S.; VILARINHOS, A.D.; OLIVEIRA, R.P. **Banco de germoplasma de mandioca: manejo, conservação e caracterização.** Embrapa-CNPMF: Cruz das Almas-Bahia, 1996. (Documento, 68).

FUKUDA, W.M.G.; GUEVARA, C.L. **Descritores morfológicos e agrônômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*).** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1998.

FUKUDA, W. M. G. et al. **Pesquisa participativa em melhoramento de mandioca com agricultores do Nordeste do Brasil.** Cruz das Almas, BA: EMBRAPA, 2001. 48 p. (EMBRAPA-CNPMF, documento-100).

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S.O.E. Melhoramento de mandioca no Brasil. In: Cereda, M. P. (Ed.). **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 242-257.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C.; SILVA, S. O. **Melhoramento de mandioca.**

Cruz das Almas: CNPMF, 2003. 53p.

GRANER, E.A. Notas sobre florescimento e frutificação da mandioca. **Bragantia**, v.2, p.1-14, 1942.

GULICK, R.; HERSHER, C.; ALCAZAR, J. E. **Genetic resources of cassava and wild relatives**. Rome: IBPGR, 1983. 56p.

HAHN , S.K.; HOWLAND A.K.; TERRY E.R. Correlated resistance of cassava to mosaic and bacterial blight diseases. **Euphytica**, v.29, p.305-311, 1980.

HERSHEY, C. H.; AMAYA, A. Genética, estrutura floral e técnicas de hibridación de la yuca. In: DOMÍNGUEZ, C. E. (Ed.). **Yuca: investigación, producción y utilización**. Cali: Pnud / Cali, 1982. p. 113-126.

HERSHEY, C. H. Cassava breeding-CIAT headgunters. In: HOWELER, R. H., KAWANO, K. (Ed.) **Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia**, 1988,

Bangkok. **Proceedings...** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=p&o=24&i=P>>.

Acesso em: 20 de julho de 2011.

JENNINGS, D. L. *Manihot melanobasis* Muell. Agr – a useful parent for cassava breeding. **Euphytica**, Dordrecht, v. 8, p. 157-162, 1959.

KAWANO, K; AMAYA, P; RIOS, M. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. **Crop Science**, Madison, v.17, p.373-6, 1978.

KAWANO, K.; UMEMURA, Y.; Field assessment and inheritance of cassava resistance to superelongation disease. **Crop Science**, Madison, 23: 201 – 5, 1983.

NASSAR, N. M. A. Cytogenetics and evolution of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Genetic and Molecular Biology**, U.S.A, v. 23, n. 4, p. 1003-1014, 2000

NORMANHA, E. S. Cassava breeding work at the São Paulo State. Agronomic Institute, Campinas, Brasil, **Trabalho do I. Encontro de Engenheiros Agrônomos do Estado de São Paulo**. 1970. p. 40-47.

MARIOT, M.P.; BARBIERI, R.L. Divergência genética entre acessos de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek e *M. aquifolium* Mart.) com base em caracteres morfológicos e fisiológicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v. 12, n. 3, 2010.

MARTINS, P.S. Biodiversity and agriculture: patterns of domestication of brazilian native plants species. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.66, p.219-226, 1994.

MARTIN, F.W. Cytogenetic and plant breeding of cassava. **Plant Breeding Abstracts**. Cambridge, v. 46. p. 909-912, 1976.

MARTIN, F.W. Introduction. In: PHILLIP, T. P. **Cassava utilization and potential markets**. Ottawa, Canadá: IDRC, 1974. p. 1-3.

OLIVEIRA, M, M. **Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de manihot (euphorbiaceae - magnoliophyta)**. Cruz das Almas- Bahia, 2011, 34-35p.(Dissertação) Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal de Recôncavo, 2011.

POULTER, N. Préface. In: EGBE, T.A.; BRAUMAN, A.; GRIFFON, D.; TRECHE, S. Transformation alimentaire du manioc. Paris: Orstom Éditions, 1995. p. 9-13. (Collection Colloques et Séminaires). **Composición química de seis variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz) en distintas etapas do desarrollo**. Agricultura Técnica en México, México, v.10, n.1, p.316-321, 1989.

REICHEL- DOLMANTOFF, G. **Colombia**. London: Thames and Hudson, 1965.

RENVOIZE, B. S. The area of origin of *Manihot esculenta* Crantz as a crop plant: a review of the evidence. **Economic Botany**, New York, v. 26, p. 352-360. 1972.

RITSCHER, P. S.; LOPES, C. A .; HUAMÁN, Z.; FERREIRA, M. E.; FRANÇA, F. H.; MENÊZES, J. E.; TEIXEIRA, D. M. C.; TORRES, A .C.; CHARCHAR, J. M.; THOMAZELLI, L. **Organização do Banco Ativo de Germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas**. Disponível em

<<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/catalogo/livrorg/batatadoce.pdf>>. Acesso em: 28 julho, 2011.

RONDÓN, J. M. L. **Influência do armazenamento de manivas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na produção de raízes e ramas**. Lavras: ESAL, Minas Gerais, 1984, 90p. (Tese mestrado área em fitotecnia).

ROGERS, D.J.; APPAN, S.G.; *Manihot* and Manihotoides (*Euphorbiaceae*). **Flora Neotropica Monograph**, v.13, p. 1-272, 1973.

ROGERS, D.J.; FLEMING, H.S. A monograph of *Manihot esculenta* with an explanation of the taximetrics methods used. **Economic Botany**, New York, v.27, n. p.1-113. 1973.

SALES FILHO, J. B. de. **Caracterização de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pela morfologia e padrões isozimáticos**. Viçosa- Minas Gerais, jul. 1991, 118p. (Tese de Doutorado UFV, Fitotecnia).

SECOND, G.O.; ALLEM. A. C.; EMPERAIRE, L.; INGRAM, C.; COLOMBO, C.; MENDES, R. A.; CARVALHO, L. J. C. B. Molecular markers (AFLP) based *Manihot* and cassava genetic struture analysis and numerical taxonomy in progress: implications for their dynamic conservation and genetic mapping. **African Journal of Root and Tuber Crops**, v. 2, p. 140-147, 1997

SCAPIM, C.A.; PIRES, I.E.; CRUZ, C.D.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do.; BRACCINI, A. de L.; OLIVEIRA, V.R. Avaliação da diversidade genética em *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, por meio da análise multivariada. **Revista Ceres**, Viçosa- MG, v. 46, n. 266, p. 347-256, 1999.

SCHMIDT, C. B. Amandioca; contribuição para o conhecimento para o conecimento de sua origem. **Boletim de agricultura**, São Paulo, 52: 128,1951.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L.S.; GOMES, J.C. **Exigências edáficas da cultura da mandioca**. In: SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G.(ed.) Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca. Cruz das Almas – BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 170 – 214, 2006.

TEIXEIRA, F. F.; ANDRADE, R. V. DE; OLIVEIRA, A. C. DE; FERREIRA, A. DA S.; SANTOS, M. X. DOS. Diversidade no germoplasma de milho coletado

na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete lagoas v. 1, n. 3, p. 59-67, 2002.

VALLE, T. L. Utilização de espécies selvagens no melhoramento de mandioca: passado, presente e futuro. In: HERSHEY, C. H(ed.). **Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina**. Cali, Colombia, CIAT. 1991. p. 163-176.

VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; RAMOS, M.T.B.; MÜHLEN, G.S.; VILLELA, O.V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, v. 63, n.2, p.221-226, 2004.

ZIEHNTNER L. **Estudo sobre algumas variedades de mandioca brasileiras**. Sociedad Nacional de Agricultura, Impresa Inbleza- Camerino 61, Rio de Janeiro. 1919.

CAPÍTULO I

SELEÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS EM ACESSOS DE
MANDIOCA POR MEIO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS

SELEÇÃO DE DESCRITORES MORFOLÓGICOS EM ACESSOS DE MANDIOCA POR MEIO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Autora: Sandra Domingos João Afonso

Orientador: Ricardo Franco Cunha Moreira

Co-orientador: Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi a seleção de descritores morfológicos na cultura da mandioca por meio de técnicas multivariadas e otimizar o uso desta técnica a fim de fornecer informações úteis e confiáveis para o programa de melhoramento genético e conservação da espécie.

A caracterização fenotípica foi realizada em 200 genótipos, utilizando 35 descritores. Esses genótipos são provenientes da Embrapa Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas – BA. Foram usados 16 variáveis quantitativas e 19 qualitativas. A seleção dos descritores foi realizada por meio de análise de componentes principais (quantitativo) e por entropia (multi-categorias). A eficiência de eliminação foi analisada por um estudo comparativo entre os componentes formados, levando em consideração todos os 35 descritores. Os descritores comprimento e diâmetro da raiz, número de raízes por planta, peso de raiz por planta, teor de amido e HCN na raiz, distância entre cicatrizes foliares, número de hastes a partir da maniva mãe, altura da primeira ramificação, comprimento do lóbulo médio e do pecíolo, cor da película da raiz, cor da casca da raiz sem película, forma da raiz, cor do caule, hábito de ramificação, cor dos ramos terminais, forma do lóbulo, cor do pecíolo são importantes na caracterização de germoplasma da mandioca. Conclui-se que o descarte de 57% dos descritores não causou perda de informação, porém, minimiza custos e dinamiza o manejo de coleções de germoplasma da mandioca.

Palavras-chave: Variabilidade, características morfoagronômica, descarte de descritores

SELECTION OF DESCRIPTORS A MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS CONSIDERED IN ACCESS OF CASSAVA BY MEANS OF MULTIVARIATE TECHNIQUES

Author: Sandra Domingos Joao Afonso

Advisor: Ricardo Franco Moreira Cunha

Co-advisor: Sebastião de Oliveira e Silva

Co-advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT: The objective of this work was the selection of morphological descriptors in cassava crop by multivariate techniques and optimizes the use of this technique in order to provide reliable, useful information for the program of genetic improvement and conservation of the species. The phenotypical characterization was performed in 200 genotypes, using 35 descriptors. These genotypes are coming from Embrapa Cassava and Tropical Fruits, located in the municipality of Cruz das Almas - BA. Were used 19 qualitative and 16 quantitative variables. The selection of descriptors was performed by means of principal components analysis (quantitative) and entropy (multi-categories). The efficiency of elimination was analyzed by a comparative study between the components formed, taking into account all the 35 descriptors. the descriptors length and root diameter, number of roots per plant, root weight per plant, starch content and HCN in the root, distance between leaf scars, number of stems from the manioc cuttings mother, height of the first branch, length of the middle lobe and the petiole, color of the film from root, color of the root bark without film, form of root, stem color, branching habit, color, shape of the terminal branches of the lobe, color of the petiole are important in the characterization of germplasm of cassava. It is concluded that the disposal of 57% of descriptors caused no loss of information, however, minimizes costs and streamlines the management of collections of germplasm of cassava.

Keywords: Variability, characteristics morphoagronomic, discarding descriptors.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das mais importantes culturas amiláceas, sendo cultivada na maioria dos países tropicais.

É a principal fonte alimentar para mais de 700 milhões de pessoas no mundo, sendo a quarta fonte mais importante de carboidratos nos trópicos, ocupando a sexta posição quando considerada a produção global, embora, suplantada apenas pelo arroz, cana-de-açúcar e milho, especialmente em países em desenvolvimento (CIAT, 1993).

A demanda pela caracterização de germoplasma no Brasil tende a crescer nos próximos anos, especialmente em decorrência da Lei de Proteção de Cultivares. Além da caracterização de cultivares *per se*, os programas de melhoramento que adotarem o uso de descritores serão beneficiados com informações adicionais sobre o nível de diversidade e constituição genética do germoplasma existente (Costa, 2010).

Daher (1993) realça que, o aumento do número de descritores pode resultar na presença de traços redundantes, por estarem quase sempre associados a vários caracteres. Assim, a definição de um conjunto mínimo de descritores reduz a necessidade de coleta de dados sem ocasionar redução da confiabilidade dos resultados (Pereira et al., 1992).

No descarte de caracteres redundantes, a análise de componentes principais tem sido indicada para otimizar a identificação de descritores com melhor capacidade para adesões exigentes. A eficácia da análise de componentes principais foi verificada por comparação entre os grupos formados por todos os descritores e os selecionados usando vários métodos de agrupamento (Cury, 1993; Dias et al., 1997; Araújo et al., 2002).

Baseado no princípio de que a importância ou variância dos componentes principais decresce do primeiro para o último, tem-se que os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma fração muito pequena da variância total. Assim, a variável que domina (maior coeficiente) o componente de menor auto-valor, deve ser a menos importante para explicar a variância total e portanto passível de descarte (Pereira, 1989).

A utilização das técnicas de análise de agrupamento se apresenta como uma **solução para agrupar** e/ou descrever um grupo de indivíduos. Tendo em vista que elas consideram, simultaneamente, todo o conjunto de descritores avaliados.

Deve salientar que o uso de técnicas multivariadas é um dos fatores, que tem impulsionado os estudos sobre diversidade genética entre genótipos (Ledo et al., 2009). As análises multivariadas são ferramentas úteis para a identificação de descritores com maior conteúdo informativo para caracterização de germoplasma e melhoramento genético, uma vez que fornece informações para eliminar características que contribuem pouco para variação total (Cruz et al., 2004).

O presente estudo teve como objetivo realizar a seleção de descritores morfológicos na cultura da mandioca por meio de técnicas multivariadas e otimizar o uso desta técnica a fim de fornecer informações úteis e confiáveis para o programa de melhoramento genético e conservação da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram caracterizados, por meio de 35 descritores morfológicos e agronômicos, 200 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura, (Fukuda et al., 1997). Os 16 descritores quantitativos utilizados na caracterização foram: comprimento da raiz (cm) (CRR); diâmetro da raiz (cm) (DRR); número de raízes por planta (NRP); peso das raízes por planta (kg) (RRW); teor de amido da raiz (%) (TAS); teor de HCN na raiz (HCN); distância entre cicatrizes foliares (cm) (DCF); número de hastes a partir da maniva mãe (NHN); altura da primeira ramificação (m) (ARH), altura da planta (APP); peso das hastes e cepas por plantas (RCW); número de lóbulos (NLN); comprimento do lóbulo médio (cm) (CLL); largura do lóbulo médio (cm) (LLW); comprimento do pecíolo (cm) (CPL) e peso da folhagem (kg pl^{-1}) (FWF). Os 19 descritores qualitativos utilizados na caracterização foram: superfície da película da raiz (SPR); cor da película da raiz (CPC); destaque da película da raiz (DPR); cor da casca da raiz sem película (cor do córtex) (CCC); cor da polpa (CPP); forma da raiz (FRR); pedúnculo da raiz (PRP); presença de cintas na raiz (PCC); facilidade de desprendimento da raiz (FDE); proeminência das cicatrizes foliares (PCF); cor do caule (CCCs); hábito de ramificação (HRB); cor dos ramos terminais (CRT); cor da folha adulta (CFA); cor do broto terminal (CBT); pubescência das folhas jovens (PFJ); forma do lóbulo (FLS); sinuosidade do lóbulo (SSL) e cor do pecíolo (CDP);

Para a seleção dos descritores qualitativos foram calculadas as frequências percentuais de cada categoria e o nível de entropia dos caracteres por meio do coeficiente de entropia de Renyi (Renyi, 1961). Foram considerados como descritores descartados aquelas que apresentaram nível de entropia inferior a 0,75.

A seleção dos descritores quantitativos foi efetuada pela análise de componentes principais com o emprego da distância euclidiana média padronizada, uma vez que os acessos encontram-se estabelecidos sem obedecer a nenhum delineamento experimental (Cruz et al., 2004). Esta análise envolveu todos os caracteres e foi executada com base na média das medidas tomadas de cada descritor, a partir da matriz de correlação, utilizando-se o procedimento PRINCOMP do SAS, versão 9.0 (SAS Institute, 2003).

Foi realizada a identificação dos descritores redundantes, por dois procedimentos: 1) seleção direta, proposta por Jolliffe (1972, 1973), onde foram eliminados os caracteres que apresentaram maior coeficiente de ponderação em valor absoluto (autovetor), no componente principal de menor autovalor, partindo do último componente até aquele cujo autovalor não excedeu 0,70 usado no software SAS (SAS INSTITUTE, 2003); e 2) Seleção baseada no coeficiente de Singh (1981), por meio do programa computacional GENES (CRUZ, 2008). Porém, o descarte final foi realizado com base na informação obtida nos dois procedimentos, sendo indicado para descarte o descritor identificado simultaneamente nos dois procedimentos.

Os coeficientes de correlação de Pearson foram estimados entre todos os caracteres visando auxiliar na decisão quanto ao descarte de um determinado caráter redundante, usado no software SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar que na Tabela 1, estão apresentadas as estatísticas descritivas dos descritores quantitativos.

Tabela 1. Valores mínimo, máximo, médio, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade para as variáveis quantitativas. Cruz das Almas, 2013.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Médio	Desvio Padrão	CV	Teste de normalidade
CRR	16,50	38,30	27,59	3,64	13,19	0,99 ^{ns}
DRR	4,10	8,50	5,82	0,75	12,94	0,99 ^{ns}
NRP	3,30	22,00	9,63	3,09	32,14	0,96 ^{ns}
RRW	0,70	3,90	1,97	0,54	27,55	0,99 ^{ns}
TAS	25,90	37,90	32,72	1,82	5,57	0,96 ^{ns}
HCN	3,00	9,00	7,19	1,24	17,26	0,90 ^{ns}
DCF	5,20	22,00	9,93	2,08	20,98	0,90 ^{ns}
NHN	1,00	4,00	1,64	0,70	42,37	0,77 ^{ns}
ARH	0,30	1,80	0,82	0,25	30,34	0,96 ^{ns}
APP	1,50	3,30	2,47	0,29	11,62	0,99 ^{ns}
RCW	0,40	2,90	1,38	0,43	31,55	0,97 ^{ns}
NLN	1,00	9,00	6,26	1,09	17,34	0,66 ^{ns}
CLL	9,40	20,40	14,50	1,91	13,17	0,99 ^{ns}
LLW	2,10	6,10	4,24	0,79	18,70	0,99 ⁿ
CPL	8,30	35,50	22,56	5,58	24,65	0,98 ^{ns}
FWF	0,30	3,40	1,43	0,60	42,37	0,95 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Shapiro-Wilks a 5% de significância. Comprimento da raiz (cm) (CRR); Diâmetro da Raiz (cm) (DRR); Número de raízes por planta (NRP); Peso de raiz por planta (kg) (RRW); Teor de Amido da raiz (%) (TAS); Teor de HCN na raiz (HCN); Distância entre Cicatrizes foliar (cm) (DCF); Número de hastes a partir da maniva mãe (NHN); Altura da primeira ramificação (m) (ARH), Altura da planta (APP); Peso das hastes e cepas por plantas (RCW); Número Lóbulos (NLN); Comprimento do Lóbulo médio (cm) (CLL); Largura Lóbulo médio (cm) (LLW); Comprimento Pecíolo (cm) (CPL); Peso da Folhagem (kg/pl) (FWF).

A magnitude dos coeficientes de variação (CV) foi de 5, 57 % a 42,37%, de modo respectivo, para as variáveis relacionadas ao teor de amido da raiz, peso da folhagem e número de raízes por planta. Todavia, estes resultados, podem ser considerados médios, quando comparados com outros trabalhos

similares com a cultura de mandioca (Gomes, 2007; Ramos, 2007; Vieira et al., 2008).

As maiores variações dentre as variáveis quantitativas observadas foram o comprimento da raiz (16,50 a 38,30 cm), apresentando uma média de 27,59; teor de amido da raiz (25,90 a 37,90%), com média de 32,72; comprimento do pecíolo (8,30 a 35,50 cm), que apresentou uma média de 22,56.

As menores variações sucederam para as variáveis, peso da folhagem (0,30 a 1,80 kg), apresentando uma média de 0,82; peso das hastes e cepas por plantas (0,40 a 2,90), apresentando uma média de 1,38; peso de raiz por planta (0,70 a 3,90 kg), apresentando uma média de 1,97; As variáveis, peso da folhagem, peso das hastes e cepas por plantas e o peso de raiz por planta estão ligadas a arquitetura da planta, visto que, embora não existam relatos de qual seria o ideal, sabe-se que, o peso da folhagem, peso das hastes e cepas por plantas e o peso de raiz são importantes, pois facilitam a realização dos tratamentos culturais.

Observou-se ainda que, para o teste de normalidade, os resultados indicam que todas as variáveis têm distribuição normal, uma vez que as variáveis foram não significativas pelo teste de Shapiro-Wilks a 5% de significância.

As variáveis que apresentaram baixa entropia foram cor da folha adulta (0,17), proeminência das cicatrizes foliares (0,33), sinuosidade do lóbulo (0,34), cor da polpa (0,39), pubescência das folhas jovens (0,49), superfície da película da raiz (0,56), presença de cintas na raiz (0,62), facilidade de desprendimento da raiz (0,65), destaque da película da raiz (0,67), pedúnculo da raiz (0,69) (Tabela 2). Baixos valores para entropia estão associados a uma menor quantidade da categoria fenotípica para o descritor aplicado e a uma maior instabilidade na proporção entre frequência dos acessos nas diferentes categorias fenotípicas (Oliveira, 2011).

Tabela 2. Descritores qualitativos avaliados, categorias fenotípicas, frequência percentual e nível de entropia da coleção de acessos de mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas 2013.

Descritores Qualitativos	Categoria	Frequência (%)	Nível de entropia
Superfície da película da raiz	Lisa	24,50	0,56
	Rugosa	75,50	
Cor da película da raiz	Creme	24,00	0,95
	Marrom Claro	16,50	
	Marrom escuro	59,50	
Destaque da película da raiz	Fácil	39,50	0,67
	Difícil	60,50	
Cor da casca da raiz sem película	Branco	56,00	0,97
	Creme	33,00	
	Amarela	1,00	
	Rósea	10,00	
Cor da polpa	Branca	89,50	0,39
	Creme	8,50	
	Amarela	2,00	
Forma da Raiz	Cilíndrica	33,50	1,37
	Cônica	20,00	
	Cilíndrico-Cônica	24,00	
	Fusiforme	22,50	
Pedúnculo da raiz	Com Pedúnculo	44,50	0,69
	Sem Pedúnculo	55,50	
Presença de cintas na raiz	Com cintas	31,50	0,62
	Sem cintas	68,50	
Facilidade de desprendimento da raiz	Fácil	64,50	0,65
	Difícil	35,50	
Proeminência das cicatrizes foliares	Pouco proeminente	3,00	0,33
	Medianamente Prominente	92,00	
	Muito proeminente	5,00	
Cor do caule	Esverdeado	16,50	1,45
	Prateado	35,00	
	Marrom claro	31,50	
	Avermelhado	10,00	
	Prata alaranjado	7,00	

Tabela 2. Cont...

Descritores Qualitativos	Categoria	Frequência (%)	Nível de entropia
Hábito de ramificação	Indiviso	22,50	1,03
	Dicotômico	51,50	
	Tricotômico	26,00	
Cor dos ramos terminais	Verde	57,50	0,85
	Verde-amarela	36,50	
	Roxo	6,00	
Cor da folha adulta	Verde	96,50	0,17
	Verde-amarela	1,00	
	Roxo	2,50	
Cor do broto terminal	Verde	34,50	1,09
	Verde-roxo	38,50	
	Roxo	27,00	
Pubescência das folhas jovens	Sem pêlos	84,00	0,49
	Poucos Pêlos	14,50	
	Muitos pêlos	1,50	
Forma do lóbulo	Ovóide	3,50	1,03
	Elíptica	6,00	
	Lanceolada	70,00	
	Oblongo	1,00	
	Linear hostatilobalada	0,50	
	Linear pondurada	5,00	
	Ondulada	14,00	
	estritamente elítica		
Sinuosidade do lóbulo	Com sinuosidade	10,50	0,34
	Sem sinuosidade	89,50	
Cor do pecíolo	Verde	6,00	1,30
	Vermelho	34,50	
	Verde avermelhado	30,00	
	Vermelho esverdeado	28,50	
	Roxo	1,00	

Oliveira (2011) encontrou para acessos de Manihot baixa entropia para os descritores: sinuosidade do lóbulo foliar, floração, pólen e cor da folha desenvolvida. Deve-se ressaltar também que Vieira et al. (2007), caracterizando germoplasma de mandioca encontraram baixa entropia para os

descritores: hábito de crescimento do caule, floração, textura da epiderme da raiz e constrictões da raiz.

As variáveis que apresentaram maiores entropias foram cor do caule (1,45), forma da raiz (1,37), cor do pecíolo (1,30), cor do broto terminal (1,09), forma do lóbulo (1,03), hábito de ramificação (1,03), cor da casca da raiz sem película (0,97), cor da película da raiz (0,95), cor dos ramos terminais (0,85), uma vez que apresentaram elevado número de categoria e um maior equilíbrio na proporção entre a frequência dos acessos nas diferentes categorias fenotípicas (Tabela 2), o que revela variabilidade genética entre os acessos estudados. Vieira et al. (2007) encontraram para o germoplasma de mandioca as maiores entropias para os descritores cor externa do caule, cor do pecíolo, forma do lóbulo central e cor da folha apical. No estudo realizado em germoplasma de *Manihot* por Oliveira (2011), as maiores entropias foram encontradas para os descritores cor do pecíolo, forma do lóbulo central, cor externa do caule e número de lóbulos.

Dentre as variáveis de descritores avaliados, aquelas que mostraram correlação significativa e positiva foi o comprimento do pecíolo com comprimento do lóbulo médio $0,71^{**}$ e número de lóbulos (NLN) com comprimento do lóbulo médio $0,42^{**}$ (Tabela 3). Porém, isso demonstra que o incremento da seleção de descritores morfológicos está diretamente associada ao comprimento do pecíolo e ao comprimento do lóbulo médio. Embora o comprimento da raiz represente um importante componente no comprimento pecíolo, não foi possível observar correlação significativa entre diâmetro da raiz. Entretanto, observou-se correlação negativa entre diâmetro da raiz e número de raízes por planta $-0,22^{**}$; diâmetro da raiz e teor de amido da raiz $-0,19^{**}$; peso de raiz por planta e distância entre cicatrizes foliar $-0,22^{**}$; comprimento da raiz e altura da planta $-0,23^{**}$; número de hastes a partir da maniva mãe e comprimento pecíolo $-0,26^{**}$; altura da primeira ramificação e peso da folhagem $-0,21^{**}$.

Baseando-se no coeficiente de Singh (1981), a variável comprimento do pecíolo, apresentou-se como o caráter de maior importância dentre as dezesseis variáveis avaliadas, apresentou também a maior percentagem de

contribuição quanto à divergência genética (43,94%) sendo responsável pela maior percentagem de toda variabilidade dos dados (Tabela 4).

Ao se analisar as estimativas dos autovalores associados com os principais componentes e suas respectivas variações totais e acumuladas obtidas para os 16 caracteres morfológicos quantitativos, percebe-se que os dois primeiros componentes conseguiram explicar 32,56 % da variação total acumulada, pois foi concentrada até o 9^o componente principal, respondendo por 83,76 % de toda a variação disponível na coleção de descritores (Tabela 5). Pereira et al. (1992) realçam que, a distribuição da variância está associada com a natureza e número de caracteres usados na análise, e concentra-se nos primeiros componentes principais só quando são usados poucos descritores.

Ao avaliar o descarte preliminar, para os descritores quantitativos, com o uso das estimativas dos coeficientes de ponderação associados aos componentes principais de autovetores, verificou-se que o primeiro caráter indicado foi o comprimento do pecíolo, uma vez que apresentou o maior peso no módulo com o último componente principal (-0,55), seguido pelos caracteres comprimento do lóbulo médio, altura da planta, peso da folhagem, peso das hastes e cepas por plantas, número de lóbulos, largura do lóbulo médio, cujos maiores valores próprios do módulo ocorreu em componentes principais CP11 (RCW), CP12 (NLN) e CP13 (CLL), respectivamente (Tabela 6). Nesse procedimento, sete caracteres foram considerados redundantes, conforme a sequência de descarte: CPL, CLL, APP, FWF, RCW, NLN e LLW. É importante ressaltar que, esse procedimento pode ser considerado drástico, porque eliminou nove dos dezesseis caracteres morfológicos quantitativos utilizados como descritores de mandioca.

No descarte feito por seleção com Jolliffe (1972, 1973), foram indicados apenas sete caracteres, na seguinte ordem: CPL, CLL, APP, FWF, RCW, NLN e LLW (Tabela 7). Quando comparado ao anterior, verifica-se que esse procedimento parece mais adequado, porém houve indicação de descarte para a maioria dos caracteres empregados na seleção dos descritores. Com base na análise simultânea dos dois procedimentos, cinco caracteres foram coincidentes, porém, fizeram parte do descarte final os seguintes descritores: APP, FWF, RCW, NLN e LLW.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis quantitativas. Cruz das Almas, 2013.

	DRR	NRP	RRW	TAS	HCN	DCF	NHN	ARH	APP	RCW	NLN	CLL	LLW	CPL	FWF
CRR	-0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,39 ^{**}	0,21 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,23 ^{**}	-0,13 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
DRR		-0,22 ^{**}	0,30 ^{**}	-0,19 ^{**}	0,12 [*]	-0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,04 ^{ns}
NRP			0,47 ^{**}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,13 [*]	-0,04 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
RRW				0,02 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,22 ^{**}	-0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,19 ^{**}	-0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
TAS					0,02 ^{ns}	-0,18 ^{**}	0,04 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,15 [*]	0,14 [*]	0,08 ^{ns}
HCN						-0,04 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,14 [*]	-0,07 ^{ns}	0,15 [*]	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
DCF							0,18 [*]	0,27 ^{**}	0,46 ^{**}	0,13 [*]	-0,13 [*]	-0,09 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,26 ^{**}	0,09 ^{ns}
NHN								0,14 [*]	0,08 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}
ARH									0,46 ^{**}	0,11 ^{ns}	0,18 [*]	0,29 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,21 ^{**}	-0,21 ^{**}
APP										0,49 ^{**}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,36 ^{**}
RCW											0,15 [*]	0,21 ^{**}	0,19 ^{**}	0,29 ^{**}	0,51 ^{**}
NLN												0,42 ^{**}	0,31 ^{**}	0,51 ^{**}	-0,09 ^{ns}
CLL													0,55 ^{**}	0,71 ^{**}	-0,09 ^{ns}
LLW														0,52 ^{**}	-0,10 ^{ns}
CPL															0,04 ^{ns}

** e * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. ^{ns} não significativo a 5% de significativo. Variáveis quantitativas: Comprimento da raiz (cm) (CRR); Diâmetro da Raiz (cm) (DRR); Número de raízes por planta (NRP); Peso de raiz por planta (kg) (RRW); Teor de Amido da raiz (%) (TAS); Teor de HCN na raiz (HCN); Distância entre Cicatrizes foliar (cm) (DCF); Número de hastes a partir da maniva mãe (NHN); Altura da primeira ramificação (m) (ARH), Altura da planta (APP); Peso das hastes e cepas por plantas (Ramas + Cepas)(RCW);Número Lóbulos (NLN); Comprimento do Lóbulo médio (cm) (CLL); Largura Lóbulo médio (cm) (LLW);Comprimento Pecíolo (cm) (CPL); Peso da Folhagem (kg/pl) (FWF)

Tabela 4. Contribuição relativa dos caracteres para diversidade segundo Singh (1981). Cruz das Almas, 2013.

Descritores	S.j	S.j (%)
Comprimento da raiz	526905,44	18,79
Diâmetro da Raiz	22584,64	0,81
Número de raízes por planta	380733,99	13,58
Peso de raiz por planta	11765,91	0,42
Teor de Amido da raiz	132473,51	4,72
Teor de HCN na raiz	61231,00	2,18
Distância entre Cicatrizes foliar	172556,96	6,15
Número de hastes a partir da maniva mãe	19216,00	0,69
Altura da primeira ramificação	2477,75	0,09
Altura da planta	3274,31	0,12
Peso das hastes e cepas por plantas	7402,27	0,26
Número Lóbulos	46896,00	1,67
Comprimento do Lóbulo médio	145021,19	5,17
Largura Lóbulo médio	24985,75	0,89
Comprimento Pecíolo	1231979,75	43,94
Peso da Folhagem	14497,99	0,52

Portanto, essa decisão atenuou a drasticidade por seleção de Singh (1981) e minimizou possíveis erros no descarte, além de ter permitido a redução de 31,25% dos caracteres avaliados, ocasionando redução nos custos e no trabalho de avaliação e caracterização de germoplasma da mandioca.

Tabela 5. Estimativas dos autovetores associados aos componentes principais e suas variâncias total e acumulada, obtidas dos 16 caracteres avaliados em 200 acessos de mandioca. Cruz das Almas, 2013.

Componente Principal	Autovetores	Variância total (%)	Variância total acumulada (%)
1	2,84	17,72	17,72
2	2,37	14,84	32,56
3	1,60	9,99	42,55
4	1,45	9,06	51,61
5	1,37	8,56	60,17
6	1,11	6,93	67,10
7	0,96	6,00	73,10
8	0,91	5,72	78,81
9	0,79	4,94	83,76
10	0,64	3,99	87,74
11	0,55	3,46	91,20
12	0,41	2,57	93,77
13	0,32	1,98	95,75
14	0,26	1,64	97,38
15	0,23	1,43	98,82
16	0,19	1,18	100,00

Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de ponderação associados aos componentes principais de autovetores inferiores 0,70 e identificação dos caracteres com indicação para descarte, em cada componentes, pela seleção direta dos 200 acessos de mandioca. Cruz das Almas, 2013.

Descritores	Componentes principais ⁻¹						
	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16
CRR	-0,18	-0,21	-0,09	-0,10	0,07	0,29	0,15
DRR	0,37	0,05	0,08	-0,17	0,11	0,21	0,36
NRP	0,04	0,16	0,20	-0,05	0,01	0,39	0,27
RRW	0,19	0,01	0,00	0,18	0,03	-0,44	-0,46
TAS	0,10	0,13	0,01	-0,11	-0,07	-0,06	0,03
HCN	-0,04	-0,12	-0,06	0,08	0,04	-0,13	-0,06
DCF	0,38	0,32	0,31	-0,20	-0,29	-0,02	-0,19
NHN	0,21	-0,30	0,05	-0,02	0,13	0,01	0,07
ARH	-0,23	-0,21	-0,27	0,32	-0,43	0,05	0,16
APP	.	.	.	.	0,73	0,08	-0,16
RCW	.	.	-0,55	-0,48	-0,17	-0,16	0,06
NLN	.	0,73	0,02	0,11	0,03	-0,03	0,08
CLL	.	.	.	.	.	-0,48	0,35
LLW	0,62	0,06	-0,31	0,41	0,15	0,08	0,11
CPL	.	.	.	.	.	.	-0,55
FWF	.	.	.	0,52	-0,27	0,01	0,14

⁻¹ CP - componentes principais.

Comprimento da raiz (cm) (CRR); Diâmetro da Raiz (cm) (DRR); Número de raízes por planta (NRP); Peso de raiz por planta (kg) (RRW); Teor de Amido da raiz (%) (TAS); Teor de HCN na raiz (HCN); Distância entre Cicatrizes foliar (cm) (DCF); Número de hastes a partir da maniva mãe (NHN); Altura da primeira ramificação (m) (ARH), Altura da planta (APP); Peso das hastes e cepas por plantas (Ramas + Cepas)(RCW);Número Lóbulos (NLN); Comprimento do Lóbulo médio (cm) (CLL); Largura Lóbulo médio (cm) (LLW);Comprimento Pecíolo (cm) (CPL); Peso da Folhagem (kg/pl) (FWF).

Tabela 7. Variáveis pré-selecionadas e selecionadas baseadas nos procedimentos de Singh (1981) e Jolliffe (1972). Cruz das Almas, 2013.

Variáveis	Pré-selecionadas		Selecionadas
	Singh (1981)	Jolliffe (1972)	
CRR	Sel	Sel	Sel
DRR	Desc (7) ¹	Sel	Sel
NRP	Sel	Sel	Sel
RRW	Desc (4)	Sel	Sel
TAS	Desc (11)	Sel	Sel
HCN	Desc (10)	Sel	Sel
DCF	Sel	Sel	Sel
NHN	Desc (6)	Sel	Sel
ARH	Desc (1)	Sel	Sel
APP	Desc (2)	Desc (3)	Desc
RCW	Desc (3)	Desc (5)	Desc
NLN	Desc (9)	Desc (6)	Desc
CLL	Sel	Desc (2)	Sel
LLW	Desc (8)	Desc (7)	Desc
CPL	Sel	Desc (1)	Sel
FWF	Desc (5)	Desc (4)	Desc

¹ordem de descarte. Variáveis pré-selecionadas: Comprimento da raiz (cm) (CRR); Diâmetro da Raiz (cm) (DRR); Número de raízes por planta (NRP); Peso de raiz por planta (kg) (RRW); Teor de Amido da raiz (%) (TAS); Teor de HCN na raiz (HCN); Distância entre Cicatrizes foliar (cm) (DCF); Número de hastes a partir da maniva mãe (NHN); Altura da primeira ramificação (m) (ARH), Altura da planta (APP); Peso das hastes e cepas por plantas (Ramas + Cepas) (RCW);Número Lóbulos (NLN); Comprimento do Lóbulo médio (cm) (CLL); Largura Lóbulo médio (cm) (LLW);Comprimento Pecíolo (cm) (CPL); Peso da Folhagem (kg/pl) (FWF)

CONCLUSÕES

Os descritores comprimento e diâmetro da raiz, número de raízes por planta, peso de raiz por planta, teor de amido e HCN na raiz, distância entre cicatrizes foliares, número de hastes a partir da maniva mãe, altura da primeira ramificação, comprimento do lóbulo médio e do pecíolo, cor da película da raiz, cor da casca da raiz sem película, forma da raiz, cor do caule, hábito de ramificação, cor dos ramos terminais, forma do lóbulo, cor do pecíolo são importantes na caracterização de germoplasma da mandioca. O descarte de 57% dos descritores não causou perda de informação, porém, minimiza custos e dinamiza o manejo de coleções de germoplasma da mandioca.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Superior Politécnico do Kwanza Sul (Angola), e em especial o prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo, pelo apoio nas diversas tarefas desenvolvidas na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, D.G. de; CARVALHO, S.P.; ALVES, R.M. Divergência genética entre clones de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Willd ex Spreng Schum). **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.13-21, 2002.

CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Cassava report 1987-1989 – Cali,Colômbia**: CIAT, 1993. 621p. (Working document, 91).

COSTA, J. C. da. Utilização de marcadores ISSR na caracterização de cultivares. Recife, UFRPE. 2010.

CURY, R. **Dinâmica evolutiva e caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na agricultura autóctone do Sul do Estado de São Paulo**. 1993. 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, J.A.; CARNEIRO, P.C.S. Divergência genética. In: CRUZ, C.D.; REGAZZI, J.A.; CARNEIRO, P.C.S. (Ed.). **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v.1, p.377-413.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D. Seleção de caracteres morfológicos em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, p.247-259, 1993.

DIAS, L.A. dos S.; KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, G.C.T. Divergência genética multivariada na preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Agrotrópica**, v.9, p.29-40, 1997.

FUKUDA, W.M. G; SILVA, S. de. O. e; PORTO, M.C.M. **Caracterização e avaliação de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA- CNPMF, 1997.161p.(Catálogo).

GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization. **Crop Sci.** v. 46, p. 2278- 2292, 2006.

GOMES, C. N. **Caracterização morfo-agronômica e diversidade genética em mandioca *Manihot esculenta* Crantz.**, 2007. 72 p. (Dissertação) Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal de Lavras, 2007.

JOLLIFFE, I. T. Discarding variables in a principal component analysis. II: real data. *Journal of the Royal Statistical Society Series C - Applied Statistics*, v. 22, p. 21-31, 1973.

LEDO, A. S. Et at. Avaliação de genótipos de bananeira na região do baixo São Francisco, Sergipe. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 03, p 691-695,2008.

LEDO, C. A da S.; TAVARES FILHO, L.F.de Q.; OLIVEIRA, M. M de., SILVEIRA, T.C da, SANTOS, A. S.; ALVES, A. A. C.; GONÇALVES, L.S.A. Análise de agrupamento utilizando variáveis quantitativas e qualitativas para o estudo da diversidade genética em genótipos de mandioca silvestre. **XIII Congresso Brasileiro de Mandioca**. Botucatu, SP, 591-595, 2009.

NASSAR, N.M.A. Mandioca: Uma opção contra a fome estudos e lições do Brasil e do mundo. *Ciência Hoje*, v. 39, n.231, p. 31-34, 2006.

OLIVEIRA, M, M. **Diversidade genética em espécies silvestres e híbridos interespecíficos de *manihot* (euphorbiaceae - magnoliophyta)**. Cruz das Almas- Bahia, 2011, 34-35p.(Dissertação) Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal de Recôncavo, 2011.

PEREIRA, A.V; **Utilização de análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1989. 52p. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

PEREIRA, A.V.; VENCOSKY, R.; CRUZ, C.D. Selection of botanical and agronomical descriptors for the characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) germplasm. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.15, p.115-124, 1992.

ROGERS, D.J.; APPANS, S. G. ***Manihot and Manihotoides*** (Euphorbiaceae. Acomputer-assisted study. *Flora Neotropica*, monograph, n.13, 272p. Hafner Press, New York, 1973.

RAMOS, P. A. S. **Caracterização morfológica e produtiva de nove variedades de mandioca cultivadas no sudoeste da Bahia**. 2007. 60 p. (Dissertação) Mestrado em Fitotecnia. Univerdiade Federal de Viçosa, 2007.

RENYI, A. **On measures of entropy and information**. Fourth Berkeley Symposium, Berkley, 1960. p. 547-561.1961.

SALES FILHO, J. B. de. **Caracterização de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pela morfologia e padrões isozimáticos**. Viçosa- Minas Gerais, jul. 1991, 118p. (Tese de Doutorado UFV, Fitotecnia).

SAS INSTITUTE. SAS Technical Report. **SAS/STAT software: Changes and Enhancement**, Release 9.0, Cary NC: SAS Institute. 2003.

VALLS, J. F. M. Caracterização de recursos genéticos vegetais. In: NASS, L. L. (Org.) **Recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, v. 1, p. 283-305, 2007.

VAN SLOTEN, D. H. **The use of curators, breeders and other users of germplasm in characterization and evaluation of crop genetic resources**.

Rome: IBPGR/SEAN,1987. p. 3-8. Special Issue.

VIEIRA, E. A. et al. Comparação entre medidas de distância genealógica, morfológica e molecular em aveia em experimentos com e sem a aplicação de fungicida. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 51-60, 2005.

VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. de F.; SILVA, M. S.; FALEIRO, F. G. **Variabilidade genética do banco ativo de germoplasma de mandioca do cerrado acessada por meio de descritores morfológicos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 129).

CAPÍTULO II

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MANDIOCA
CONSIDERANDO DESCRITORES QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS
SIMULTANEAMENTE.**

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE MANDIOCA CONSIDERANDO DESCRITORES QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS SIMULTANEAMENTE.

Autora: Sandra Domingos João Afonso

Orientador: Ricardo Franco Cunha Moreira

Co-orientador: Sebastião de Oliveira e Silva

Co-orientador: Carlos Alberto da Silva Ledo

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar a variabilidade genética entre 20 acessos do Banco Ativo de Germoplama de mandioca (BAG - mandioca) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, por meio da análise de agrupamento com a utilização de dados quantitativos e qualitativos. Foram avaliados 20 descritores e 20 genótipos de mandioca selecionados a partir dos 200 genótipos. Os seguintes genótipos são: BGM 0206, BGM 0207, BGM 0209, BGM 0210, BGM 0211, BGM 0212, BGM 0213, BGM 0213, BGM 0214, BGM 0215, BGM 0216, BGM 0217, BGM 0218, BGM 0220, BGM 0222, BGM 0225, BGM 0226, BGM 0227, BGM 0228, BGM 0229. A diversidade genética observada entre os acessos selecionados no BAG, com relação aos descritores avaliados, propicia a obtenção de materiais superiores que podem ser utilizados no programa de melhoramento genético de mandioca visando à obtenção de cultivares resistentes a fatores bióticos e abióticos. O método de Gower foi eficiente na discriminação dos grupos considerando a análise conjunta dos descritores estudados. Pelo método proposto pelo pacote “NbClust” para os descritores quantitativos foram criados 2 grupos, porém, para os descritores qualitativos formou-se 3 grupos e para conjunta 2 grupos.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, variabilidade, agrupamento de genótipos

GENETIC DIVERSITY AMONG ACCESSIONS OF CASSAVA CONSIDERING QUANTITATIVE AND QUALITATIVE DESCRIPTORS SIMULTANEAEMENTE

Author: Sandra Domingos Joao Afonso

Advisor: Ricardo Franco Moreira Cunha

Co-advisor: Sebastião De Oliveira e Silva

Co-advisor: Carlos Alberto da Silva Ledo

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate and compare the genetic variability among 20 accessions of Active Germoplasm Bank of cassava (BAG - cassava) Embrapa Cassava and Tropical Fruits, by means of cluster analysis with the use of quantitative and qualitative data. Descriptors were evaluated 20 and 20 genotypes of cassava selected from the 200 genotypes. The following genotypes are: BGM BGM 0207, 0206 19 05, 0209, BGM BGM BGM 0210, 0211, 0212, BGM BGM BGM 0213, 0213, 0214, BGM BGM BGM 0215, 0216, 0217, BGM BGM BGM 0218, 0220, 0222, BGM BGM BGM 0225, 0226, 0227, BGM BGM BGM 0228, 0229. The genetic diversity observed among the accessions selected in the BAG, with relation to the descriptors evaluated, conducive to the achievement of superior materials that can be used in the program of genetic improvement of cassava aiming to obtain cultivars resistant to biotic and abiotic factors. The method of Gower was efficient in discrimination of groups whereas the joint analysis of descriptors studied. The method proposed by "NbClust" package for the quantitative descriptors were created 2 groups, however, for the qualitative descriptors formed 3 groups and joint for 2 groups.

Keywords : *Manihot esculenta* , variability, genotype grouping.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), além de constituir um alimento básico para milhões de pessoas, é também, amplamente utilizada no arraçoamento animal e como matéria prima para diversos produtos (Pereira, 1989).

As técnicas de análise multivariada é um dos fatores que têm impulsionado os estudos sobre diversidade genética entre genótipos, pois, possibilitam avaliar um conjunto de características, levando em consideração as correlações existentes que, por sua vez, permitem que inferências sobre o conjunto de variáveis sejam feitas em um nível de significância conhecido. Portanto, há procedimentos para estimar medidas de dissimilaridade com base em variáveis quantitativas (distâncias euclidianas ou de Mahalanobis), binárias (índice de Jaccard, Nei e Li etc.) e multicategóricas (Cole-Rodgers) conforme Cruz (2008). Observam-se nesse sentido, várias discrepâncias em relação aos agrupamentos e às inferências em relação à quantificação da variabilidade entre acessos de um banco de germoplasma. Com isso, Gower (1971) propôs uma técnica que permite a análise simultânea de dados quantitativos e qualitativos. Este método permite que valores da matriz de distância fiquem compreendidos entre 0 e 1, sendo necessário a padronização das variáveis quantitativas e qualitativas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a variabilidade genética entre 20 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mandioca (BAG - mandioca) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, por meio da análise de agrupamento com a utilização de dados quantitativos e qualitativos simultaneamente.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram caracterizadas por meio de 20 descritores morfológicos e agronômicos, 20 acessos de mandioca do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura, caracterizado pelo Fukuda et al. (1997). Dos 200 acessos do capítulo I foram selecionados 20 para a análise de agrupamento. Foram utilizadas 20 descritores, sendo 11 quantitativos e 9 qualitativos, selecionados com base nos procedimentos de Singh (1981) e Jolliffe (1972), respectivamente. Os 11 descritores quantitativos utilizados na caracterização foram: comprimento da raiz (cm) (CRR); diâmetro da raiz (cm) (DRR); número de raízes por planta (NRP); peso de raiz por planta (kg) (RRW); teor de amido da raiz (%) (TAS); teor de HCN na raiz (HCN); distância entre cicatrizes foliares (cm) (DCF); número de hastes a partir da maniva mãe (NHN); altura da primeira ramificação (m) (ARH), comprimento do lóbulo médio (cm) (CLL) e comprimento do pecíolo (cm) (CPL). Os 9 descritores qualitativos utilizados na caracterização foram: cor da película da raiz (CPC); cor da casca da raiz sem película (cor do córtex) (CCC); forma da raiz (FRR); cor do caule (CCCs); hábito de ramificação (HRB); cor dos ramos terminais (CRT); cor do broto terminal (CBT); forma do lóbulo (FLS) e cor do pecíolo (CDP). Os acessos de mandioca analisados foram: BGM 0206, BGM 0207, BGM 0209, BGM 0210, BGM 0211, BGM 0212, BGM 0213, BGM 0213, BGM 0214, BGM 0215, BGM 0216, BGM 0217, BGM 0218, BGM 0220, BGM 0222, BGM 0225, BGM 0226, BGM 0227, BGM 0228 e BGM 0229.

Para as variáveis quantitativas e qualitativas foi realizada uma análise individual. Nas variáveis quantitativas calculou-se a distância euclidiana média e para as variáveis qualitativas utilizou-se a distância de Cole-Rodgers (Cole-Rodgers et al., 1997). Para a análise simultânea das variáveis quantitativas e qualitativas utilizou-se o algoritmo de Gower (Gower, 1971), expresso por:

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p W_{ijk} S_{ijk}}{\sum_{k=1}^p W_{ijk}}$$

(1)

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

Os agrupamentos hierárquicos das análises individuais e simultâneas a partir das matrizes de distância genética foram obtidos pelo método UPGMA - *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (Sneath e Sokal 1973). A validação dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético de acordo com Sokal e Rohlf (1962). A significância dos coeficientes de correlação cofenético foi calculada pelo teste de Mantel com 1000 permutações (Mantel, 1967).

Para a obtenção das matrizes de distância genética das análises individuais e cálculo dos coeficientes de correlação cofenético foi utilizado o programa Genes (Cruz, 2008). A matriz de distância genética utilizando o algoritmo de Gower foi obtido pelo programa SAS (SAS Institute, 2006). O dendrograma foi obtido pelo programa Statistica 7.1 (Statsoft, 2005).

Com base no pacote "NbClust" pertencente ao programa computacional R (Charrad et al., 2013), foi utilizado como critério para formação dos grupos e determinação do ponto de corte, onde são determinados 13 índices para o número ideal de agrupamentos, esses índices são propostos pelo seguinte autores: : Frey e Van Groenewoud (1972), Duda e Hart (1973), Krzanowski e Lai (1988), Tibshirani et al. (2001), Milligan e Cooper (1985), Calinskie Harabasz (1974). A escolha do melhor agrupamento foi baseada na observação geral, levando em consideração o valor máximo, mínimo e a

diferença entre os índices. A escolha do ponto de corte foi de acordo com a proporção que o número de grupos se repita em maior quantidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos vinte descritores avaliados nos 20 acessos de mandioca, pode-se observar que com base na Distância Euclidiana Média, os acessos menos distantes foram BGM 0211 e BGM 0226 e aqueles que mais se distanciaram em relação aos demais foram BGM 0220 e BGM 0212 (Tabela 1).

Baseada na distância de Cole-Rodgers associada aos nove descritores qualitativos observa-se que os acessos de menor distância foram BGM 0214 e BGM 0215 e aqueles que mais se distanciaram em relação entre si foram BGM 0214 e BGM 0212, BGM 0222 e BGM 0211, BGM 0228 e BGM 0218 (Tabela 2).

Pode-se observar que os valores de dissimilaridade variaram de 0,23 a 0,67, sendo menor entre BGM 0211 e BGM 0230 e maior entre BGM 0218 e BGM 0212 (Tabela 3).

Com base nos 20 descritores, visando estudar o comportamento de 20 acessos de mandioca foi obtido dendrograma por meio do método hierarquico UPGMA (Figuras 1, 2 e 3), submetido a um ponto de corte baseado na análise de agrupamento sugerido pelo método proposto pelo pacote "NbClust" do programa computacional R (Charrad et al., 2013), onde utilizou-se 6 grupos formados conforme a Tabela 4. Entre os seis diferentes grupos formados nos 11 descritores quantitativos foi verificado que o número que apresentou maior proporção entre as seis propostas foi o de dois grupos. Já nos nove descritores qualitativos o grupo formado que apresentou maior número de proporção foram o três. Entretanto, na matriz conjunta o grupo que apresentaram maior número de proporção foi o dois (Tabela 4).

Tabela 4. Definição de números de grupos formados na análise de agrupamento utilizando o pacote NbClust do R (Charrad et al., 2013) em função das matrizes de dissimilaridade das análises individuais e conjunta. Cruz das Almas, 2013.

Índices	Individual		Conjunta
	Quantitativo	Qualitativo	
Frey	2	2	3
Pseudot2	2	3	2
KI	3	3	2
Gap	3	5	2
Tau	4	3	4
Ch	19	2	2

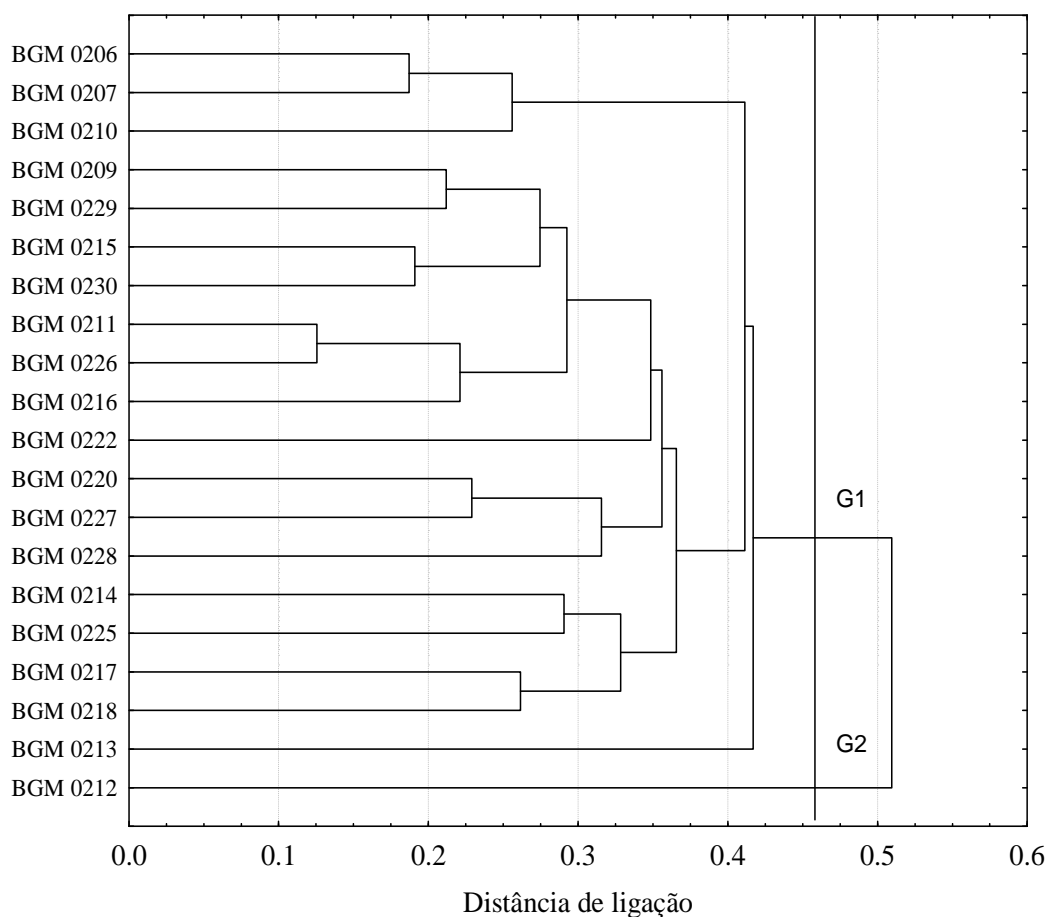


Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade baseado na distância euclidiana média e método de agrupamento UPGMA a partir de 11 descritores quantitativos de 20 acessos de mandioca. Cruz das Almas, 2013.

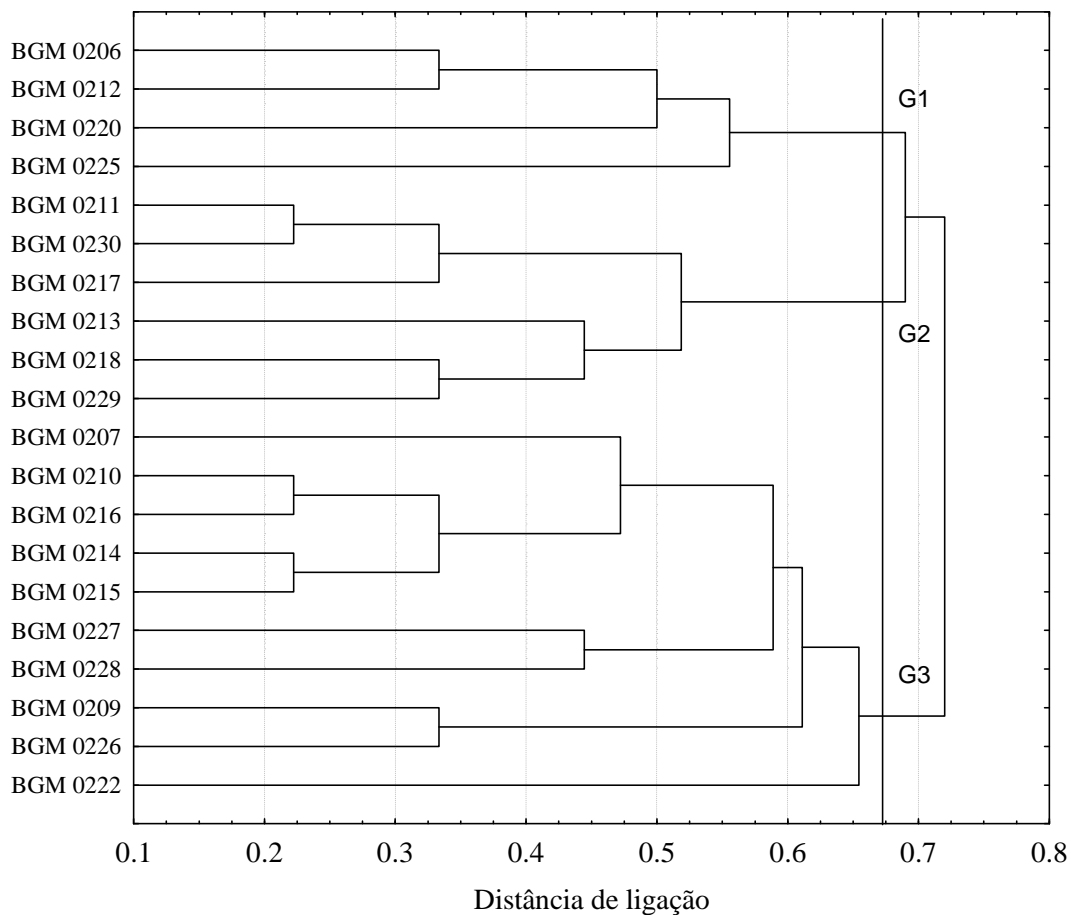


Figura 2. Dendrograma de dissimilaridade baseado na distância de Cole-Rodgers e método de agrupamento UPGMA a partir de 9 descritores qualitativos de 20 acessos de mandioca. Cruz das Almas, 2013.

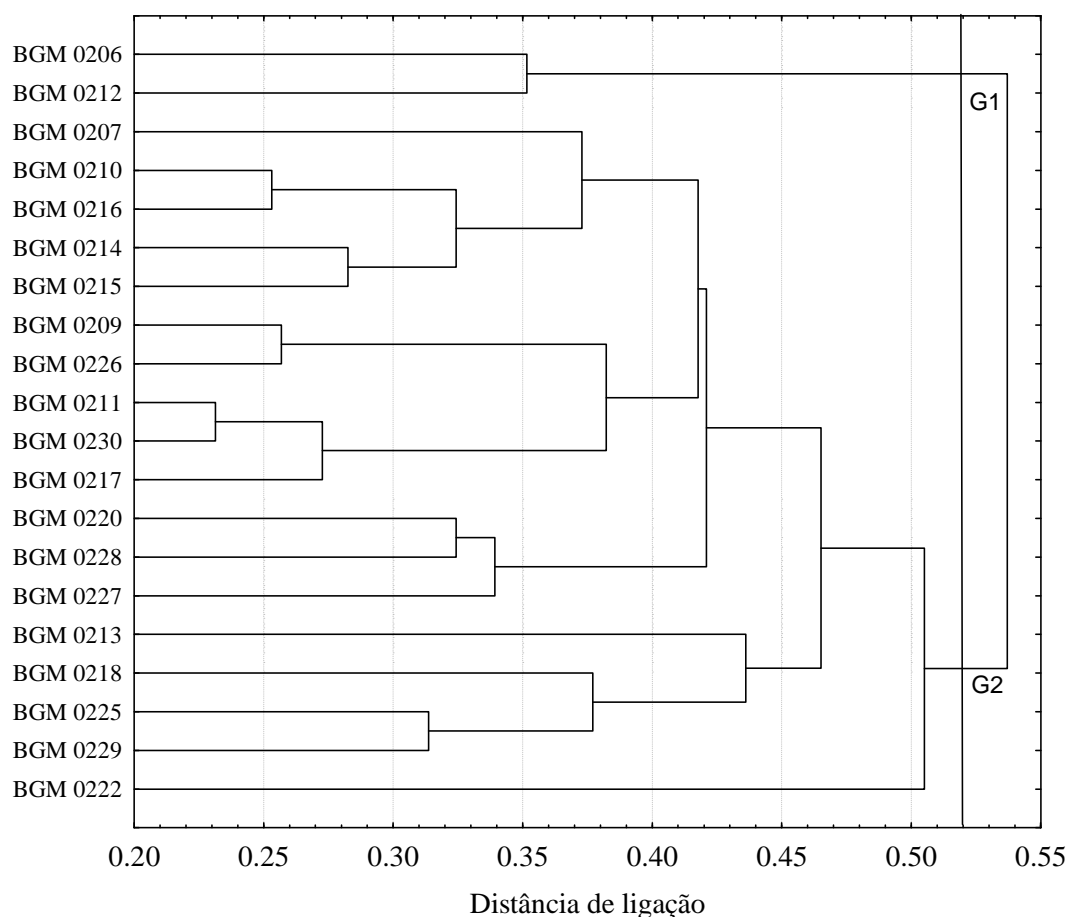


Figura 3. Dendrograma de dissimilaridade baseado na distância de Gower e método de agrupamento UPGMA a partir de 11 descritores quantitativos e 9 descritores qualitativos de 20 acessos de mandioca. Cruz das Almas, 2013.

Tavares Filho et al. (2009) avaliando a divergência genética entre 14 acessos de mandioca e 15 espécies silvestres de *Manihot*, determinaram um coeficiente de correlação cofenético de 0,80, e o agrupamento dos genótipos pelo método de UPGMA possibilitou a formação de três grupos de dissimilaridade, para as análises baseadas nos dados quantitativos e qualitativos simultaneamente.

Em outro estudo de divergência realizado com 14 espécies silvestres de *Manihot* revelou que a análise simultânea das variáveis quantitativas e qualitativas por meio do algoritmo de Gower apresentou o maior coeficiente de correlação cofenético entre a matriz de distância genética e a matriz de agrupamento. O ponto de corte, definido pela média da matriz de agrupamento,

promoveu a formação de cinco grupos, para as análises baseadas nos dados quantitativos e qualitativos simultaneamente (Ledo et al., 2009).

As análises individuais para as variáveis quantitativas e qualitativas apresentaram valores de correlação de 0,76 e 0,69 respectivamente. Já a análise simultânea das variáveis quantitativas e qualitativas pelo algoritmo de Gower apresentou o menor coeficiente de correlação cofenético entre a matriz de distância genética e a matriz de agrupamento, com valor de correlação de 0,71 (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficiente de correlação cofenético, número de grupos formados e acessos dentro de cada grupo em função das matrizes de dissimilaridade das análises individuais e conjunta. Cruz das Almas, 2013.

Matriz de dissimilaridade	Coeficiente de correlação cofenético	Número de grupos formados
Quantitativo	0,76**	2
Qualitativo	0,69**	3
Conjunta	0,71**	2

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste de t e de Mantel.

Bussab et al. (1990) argumenta que são aceitáveis valores de coeficiente de correlação cofenético a partir de 0,80 para as análises de agrupamento. Entretanto, Rohlf e Fisher (1968), salientam que para ser considerados como bons resultados os coeficientes devem apresentar valores superiores a 0,91. Logo se pode afirmar que o resultado obtido pelo coeficiente de correlação cofenético para as variáveis quantitativas e qualitativas avaliadas individuais e conjuntas não foram eficientes, baseando-se nessas citações.

Segundo justificam alguns autores que os coeficientes com valores compreendidos entre 0,60 e 0,80 são provenientes do pequeno número de variáveis utilizadas. Apesar do número de variáveis utilizada nesse trabalho para a caracterização dos acessos de mandioca foi de vinte descritores, deve-se ressaltar que existem também outros fatores que podem influenciar nos valores dos coeficientes como tipo e quantidade das variáveis e a qualidade dos dados obtidos (Bussab et al.,1990).

A avaliação da consistência da análise de agrupamento não é somente feita pelo coeficiente de correlação cofenética, existem outros métodos, como as medidas de distorção de Sokal e Rohlf, Guttman, Gower, Jardine, Hartigan, Anderson, Shepard e Sammon (Cormack, (1971); Barroso e Artes (2003)).

Observa-se que a matriz de distância genética conjunta apresentou valores de correlações altos e significativos com as matrizes de distância obtidas nas análises individuais, 0,60** e 0,86** para as variáveis quantitativas e qualitativas, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Correlação entre matrizes de dissimilaridade das análises individuais e conjunta a partir de 11 descritores quantitativos e 9 qualitativos de 20 acessos de mandioca. Cruz das Almas, 2013.

Matriz de dissimilaridade	Qualitativo	Conjunta
Quantitativo	0,18**	0,60**
Qualitativo		0,86**

** e * significativo a 1 %, pelo teste de Mantel com 10.000 permutações.

A distância proposta por Gower para estudar conjunto de variáveis qualitativas e quantitativas também foi utilizada por Rodríguez et al. (2005), que usaram 28 caracteres morfológicos e agronômicos em *Brassica napus L.* Nesse estudo, os autores determinaram à adequação do germoplasma estudado para o cultivo de verão e estimaram a divergência genética entre as populações locais.

A análise simultânea de caracteres permite que, além de variáveis agronômicas e morfológicas, sejam utilizadas variáveis provenientes de marcadores moleculares. Segundo Gonçalves et al. (2009), a escolha e o número de variáveis a serem usadas podem comprometer a eficiência da análise simultânea, principalmente no caso de se utilizar um grande número de variáveis binárias, provenientes de marcadores moleculares, na quantificação da diversidade genética em acessos de bancos de germoplasma. Dessa forma, também podem comprometer a eficiência da análise, pois algumas variáveis podem apresentar maior influência na divergência (Godoy et al. 2007).

Gonçalves et al. (2008), sugerem a utilização dos coeficientes de correlação por serem adimensionais para avaliar características utilizadas.

CONCLUSÕES

A divergência genética observada entre amostra de (20) acessos de mandioca selecionados no BAG da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas - BA, com relação aos descritores avaliados, identificou acessos diferentes entre si, possibilitando a seleção de genótipos para os programas de melhoramento genético e conservação da espécie visando à obtenção de cultivares resistentes a fatores bióticos e abióticos.

Pelo método proposto pelo pacote “NbClust” para os descritores quantitativos foram criados 2 grupos, porém, para os descritores qualitativos formou-se 3 grupos e para conjunta 2 grupos.

O método de Gower foi eficiente na discriminação dos grupos considerando a análise conjunta dos descritores estudados demonstrando, que a análise simultânea de dados qualitativos e quantitativos é viável e pode permitir uma maior eficiência no conhecimento da divergência genética entre acessos de bancos de germoplasma por considerar a influência resultante da interdependência entre as respectivas características.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise multivariada**. Lavras: UFLA, 2003. 151p.
- BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à Análise de Agrupamentos**. In: 9º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, São Paulo. Associação Brasileira de Estatística, 105p. 1990.
- CALINSKI T, HARABASZ J. (1974). "**A dendrite method for cluster analysis**." *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 3(1), 1-27p.
- CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. (2011) **NbClust: An examination of indices for determining the number of clusters. R package version 1.4**. Disponível em: <http://cran.r-project.org/web/packages/NbClust/index.html>
- COLE-RODGERS, P.; SMITH, D. W.; BOSLAND, P. W. **A novel statistical approach to analyze genetic resource evaluations using *Capsicum* as an example**. *Crop Science*, v. 37, p. 1000-1002. 1997.
- CORMACK, R. A review of classification. **Journal of the Royal Statistical Society** (Series A), v. 134, p.321 - 367, 1971.
- CRUZ, C. D. *Programa genes* (versão Windows): **aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2008.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; (1973). "**Pattern classification and scene analysis**". John Wiley and Sons, Inc., New York, USA. ISBN 0-471-22361-1.
- DUNN, J.; (1974). "**Well separated clusters and optimal fuzzy partitions**". *Journal Cybern*, pp. 95-104.
- FREY, T.; VAN GROENEWOUD, H.; (1972). "**A cluster analysis of the D-squared matrix of white spruce stands in Saskatchewan based on the maximum-minimum principle**". *Journal of Ecology*, 60(3), 873-886.
- FUKUDA, W.M. G; SILVA, S. de. O. e; PORTO, M.C.M. **Caracterização e avaliação de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA- CNPMF, 1997.161p.(Catálogo).

GODOY, R. C. B. *et al.* Diversidade genética entre acessos de maracujazeiro amarelo avaliada pelas características físico-químicas dos frutos. **Revista Ceres**, v. 54, n. 316, p. 541 - 547, 2007.

GONÇALVES, L. S. A. *et al.* Divergência genética em tomate estimada por marcadores RAPD em comparação com descritores multicategóricos. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 362 - 368. 2008.

GOWER, J. C. **A general coefficient of similarity and some of its properties.** *Biometrics*, Arlington, v. 27, n. 4, p. 857-874. 1971.

LEDO, C. A. S.; TAVARES FILHO, L. F. Q.; OLIVEIRA, M. M.; SILVEIRA, T. C.; SANTOS, A. S.; ALVES, A. A. C.; GONÇALVES, L. S. A. análise de agrupamento utilizando variáveis quantitativas e qualitativas para o estudo da diversidade genética em genótipos de mandioca silvestre. In: XIII Congresso Brasileiro de Mandioca, 2009. **Resumos...** Botucatu: SBM, 2009.

KrzanowskiWJ, LAI Y. T.; (1988). "**A Criterion for Determining the Number of Groups in a Data Set Using Sum-of-Squares Clustering**". *Biometrics*, 44(1), 23-34. doi:10.2307/2531893.

MANTEL, N. **The detection of disease clustering and generalized regression approach.** *Cancer Research*, Birmingham, v.27, n.2, p.209-220, 1967.

MILLIGAN, G.; COOPER, M.; (1985). "**An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set.**" *Psychometrika*, 50(2), 159-179.

PEREIRA, A.V; **Utilização de análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).** 1989. 1p. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

RODRÍGUEZ, V. M. *et al.* The nabicol: A horticultural crop in northwestern Spain. **Revista Euphytica, Wageningen**, v. 142, n. 3, p. 237 - 246, 2005.

ROHLF, F. J.; FISHER D. L. **Test for hierarchical structure in random data sets.** *Systematic Zoology*, v.17, p. 407 - 412. 1968.

SAS INSTITUTE. **SAS Technical Report.** SAS/STAT software: *Changes and Enhancement*, Release 9.1. 3, Cary NC: SAS Institute. 2006.

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. *Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification*. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573p.

SOKAL, R. R. and ROHLF, F. J. **The comparison of dendrograms by objective methods**. *Taxon*, v.11 p.33-40. 1962.

STATSOFT, Inc. *Statistica for Windows (data analysis software system)*, version 7.1. Statsoft, Tulsa, Oklahoma (USA), 2005.

TAVARES FILHO, L. F. Q.; LEDO, C. A. S.; ALVES, A. A. C.; SANTOS, A. S.; GONÇALVES, L. S. A. Diversidade genética entre cultivares de mandioca e espécies silvestres de *Manihot* mediante caracterização morfológica. In: XIII Congresso Brasileiro de Mandioca, 2009. **Resumos...** Botucatu: SBM, 2009.

TIBSHIRANI, R.; WALTHER, G.; HASTIE, T.; (2001). "**Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic**". *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 63(2), 411-423. doi:10.1111/1467-9868.00293. URL <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9868.00293>.

ANEXO

DESCRITORES

DESCRITORES DA RAIZ

Os descritores de raiz foram observados na época da colheita.

Superfície da película da raiz

1. Lisa- lis
2. Rugosa- rug

Cor da película da raiz

3. Creme – crem
4. Marrom claro- mcla
5. Marrom escuro – mesc

Destaque da película da raiz

1. Fácil – fac
2. Difícil – dif

Cor da casca da raiz sem película (cor do córtex)

1. Branca – bra
2. Creme – crem
3. Amarela – ama
4. rósea – rós
5. Roxo

Cor da polpa

1. Branca – bra
2. Creme – crem
3. Amarela – ama
4. rósea – rós
5. Roxo

Comprimento da raiz (cm)

Diâmetro da raiz (cm)

Número de raízes por planta

Média do número de raízes por planta na parcela

Forma da raiz

1. Cilíndrica – cilín
2. Cônica – cônica

3. Cilíndro – cônica- Cicôn
4. Fusiforme – fusif

Pedúnculo da raiz

1. Com pedúnculo – c/ped
2. Sem pedúnculo – s/ped

Presença de cintas na raiz

1. Com cintas – c/ cin
2. Sem cintas – s/ cin

Peso de raízes por planta (kg)

Média do peso das raízes por planta na parcela

Teor de amido da raiz (%)

Facilidade de desprendimento da raiz (destaque)

1. Fácil – fac
2. Difícil – dif

Teor de HCN na raiz

Método de Willians e Edwards 1980 (qualitativo)

DESCRITORES DO CAULE

Os descritores do caule foram observados a partir do terço médio da haste, em plantas com idade variando de 300 a 360 dias.

Distância entre cicatrizes foliares (cm)

Proeminência das cicatrizes foliares

1. Pouco proeminente – pou – pro
2. Medianamente proeminente – med – pro
3. Muito proeminente – mui- pro

Cor do caule

1. Marrom escuro-mesc
2. Esverdeado – esve
3. Prateado – prat
4. Marrom claro – mcla
5. A vermelhado – aver
6. Prata a laranjado – pala

7. A laranjado - alar

Hábito de ramificação

1. Indiviso
2. Dicotômico
3. Tricotômico
4. Tetracotômico

Número de hastes a partir da maniva mãe

Altura da primeira ramificação (m)

Altura da planta

Peso das hastes e cepas por planta (kg)

Cor dos ramos terminais

1. Verde - verde
2. Verde roxo – verd-rox
3. Roxo – roxo

DESCRITORES DA FOLHA

Os descritores das folhas, exceto peso de folhagem, foram tomados em plantas que atingiram o máximo de área foliar. O peso da folhagem foi tomado por ocasião da colheita.

Cor da folha adulta

1. Verde – verde
2. Verde – amarela – ver – ama
3. Roxa – roxa

Cor do broto terminal

1. Verde – verde
2. Verde – roxo – ver-rox
3. Roxo – roxo

Pubescência das folhas jovens

4. Sem pêlos – s/pêlo
5. Poucos pêlos – p/pêlo
6. Muitos pêlos – m/pêlo

Número de lóbulos

Forma do lóbulo

1. Ovóide – ováide
2. Elíptica – elíptica
3. Lanceolada – lanceolada
4. Oblongo – lanceolada – oblo- lance
5. Ponduranda – pondurada
6. Linear hostatilobalada – line – hosta
7. Linear pondurada – line – pondu
8. Linear piramidal – line – piram
9. Ondulada estreitamente elítica – ond – est-elí
10. Reta – reta

Comprimento do lóbulo médio (cm)

Largura do lóbulo médio (cm)

Sinuosidade do lóbulo

1. Com sinuosidade
2. Sem sinuosidade

Comprimento do pecíolo (cm)

Peso da Folhagem (kg)

Cor do pecíolo

1. Verde – verde
2. Vermelho – vermelho
3. Verde avermelhado – verd –ave
4. Vermelho esverdeado – verm –esv
5. Roxo - roxo