

Caracterização morfoagronômica de acessos de mamoeiro do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Vinicius Ferreira Nobre¹
Sebastião de Oliveira e Silva²
Maurício dos Santos da Silva³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização morfoagronômica dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, por meio do estudo da diversidade genética e da análise multivariada. A caracterização foi feita em 92 acessos do germoplasma de mamoeiro, com 20 descritores, dos quais 9 eram quantitativos e, 11, qualitativos. Realizou-se uma análise descritiva dos caracteres quantitativos, dos quais se destacaram acessos com 20° Brix de sólidos solúveis e 5,5 kgf cm⁻² de firmeza do fruto. A análise multivariada dos 20 descritores resultou na formação de três grupos. Os acessos apresentaram diversidade moderada. Os acessos CMF006, CMF054, CMF056, CMF067, CMF072, CMF082, CMF115, CMF131, CMF188 e CMF204 destacaram-se quanto ao teor de sólidos solúveis, firmeza de fruto, fibrosidade da polpa, altura de planta e altura dos primeiros frutos. Distribuídos equitativamente nos grupos 'Formosa' e 'Solo', esses acessos são em sua maioria oriundos de cultivares brasileiras. Apesar da estreita base genética do mamoeiro, o estudo indicou a presença de uma diversidade moderada e de importante variabilidade genética em acessos de interesse agrônomo. Portanto, o BAG do mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura pode atender às demandas de melhoramento genético e dos produtores rurais.

Termos para indexação: *Carica papaya*, análise multivariada, conservação, diversidade, fruticultura, qualidade.

Morphoagronomic characterization of papaya accessions of the active germplasm bank of Embrapa Mandioca e Fruticultura

ABSTRACT

The objective of this work was to perform a morphoagronomic characterization of the papaya accessions of the active germplasm bank (AGB) of Embrapa Mandioca e Fruticultura, through the study of genetic diversity and multivariate analysis. Ninety-two papaya accessions were characterized in 92 accessions of the papaya germplasm, using 20 descriptors, from which 9 were related to quantitative traits, and 11 related to qualitative ones. A descriptive analysis of the quantitative traits was performed, from which accessions with 20 °Brix soluble solids and 5.5 kgf cm⁻² fruit firmness stood out. The multivariate analysis of the 20 descriptors resulted in the formation of three groups. The accessions showed moderate diversity. The accessions CMF006, CMF054, CMF056, CMF067, CMF072, CMF082, CMF115, CMF131, CMF188, and CMF204 stood out for

¹ Mestre em Recursos Genéticos Vegetais pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, professor de Biologia no Estado da Bahia, Salvador, BA. E-mail: viniciusferreira.tec@bol.com.br.

² Doutor em Melhoramento Genético de Plantas pela Escola de Agricultura Luís de Queiroz/ Universidade de São Paulo, professor visitante na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. E-mail: ssilva3000@gmail.com.

³ Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, técnico do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia, Cruz das Almas, BA. E-mail: mauricio.engagro@gmail.com.

Ideias centrais

- Importância da conservação do mamoeiro em Bancos de Germoplasma de Instituições de Pesquisa e Ensino brasileiras.
- Diversidade genética do mamoeiro conservado pela Embrapa.
- Estudos de análise multivariada como instrumento eficiente para a caracterização de acessos de mamoeiro.
- Estudos de qualidade de frutos na fruticultura do Nordeste como fator de agregação de valor para o produtor rural.

Recebido em
17/08/2020

Aprovado em
13/10/2020

Publicado em
27/04/2021



This article is published in Open Access under the Creative Commons Attribution licence, which allows use, distribution, and reproduction in any medium, without restrictions, as long as the original work is correctly cited.

soluble solids, fruit firmness, pulp fibrosity, plant height, and height of the first fruits. Equally distributed in the 'Formosa' and 'Solo' groups, these most accessions originated from Brazilian cultivars. Despite the narrow genetic basis of papaya, the study showed a moderate diversity and an important genetic variability in accessions of agronomic interest. Therefore, the papaya ABG of Embrapa Mandioca e Fruticultura can meet the demands for genetic improvement and the expectations of farmers.

Index terms: *Carica papaya*, multivariate analysis, conservation, diversity, fruit farming, quality.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertence à família Caricaceae, que apresenta seis gêneros: *Jacaratia*, *Vasconcelea*, *Horovitzia*, *Jarrila*, *Cilycomorpha* e *Carica*, distribuídos em 35 espécies (Joly, 1993). O mamoeiro é uma planta tropical originária das Américas (Van Droogenbroek et al., 2002). Essa espécie é uma planta perene, arbórea, que vive naturalmente por cerca de cinco a dez anos e cresce como árvore monocaule, com uma coroa de folhas grandes palmadas emergindo do tronco. É diploide ($2n = 18$ cromossomos) e apresenta três sexos: masculino, feminino e hermafrodita, e os frutos deste último são mais valorizados comercialmente (Ocampo et al., 2006).

De acordo com dados da FAO (2018), o Brasil é o segundo maior produtor de mamão do mundo (atrás somente da Índia), com uma produção de 1,5 milhão de toneladas por ano. Na produção nacional, destacam-se o extremo sul da Bahia e a região do norte do Espírito Santo. A Bahia é o maior estado produtor, com produtividade de 65,6 toneladas por hectare, e se distingue na produção nacional pela alta tecnologia empregada em seu cultivo (Pádua, 2019).

Apesar da importância econômica e nutricional dessa cultura, ela tem-se tornado vulnerável a fatores ambientais e sanitários, em razão da restrição de sua base genética, pela utilização predominante de acessos dos grupos Solo e Formosa e, também, por problemas relacionados a pragas, tratamentos culturais inadequados e danos causados durante a coleta e o transporte (Zaman et al., 2006). Esses problemas elevam o custo da produção, afetando a eficiência na produtividade, portanto, estudos sobre divergência genética poderiam propiciar a melhor utilização da base genética do mamoeiro, além de detectar acessos com caracteres de alto valor econômico (Damasceno Junior et al., 2015).

Alguns caracteres de interesse do mamoeiro são mais valorizados no mercado e podem ser selecionados em programas de melhoramento genético, tais como: baixo peso do fruto, alto teor de sólidos solúveis totais, boa firmeza do fruto, elevado número de frutos comerciais e elevada quantidade de flores hermafroditas (Ferreira et al., 2016). O estudo desses descritores é importante para que as instituições de pesquisa possam disponibilizar material selecionado, na forma de mudas ou sementes de interesse agrônomo, para os pequenos e médios produtores rurais. Assim, o agricultor poderia adquirir ou receber uma planta de alto valor comercial em razão da alta qualidade de seus frutos. Os bancos ativos de germoplasma (BAG) adquirem variedades de plantas consolidadas no mercado, já amplamente testadas e adaptadas ao território brasileiro. Essas ações de conservação em BAGs são necessárias, para que o agricultor obtenha o retorno financeiro a partir das pesquisas de instituições consolidadas em sua região.

No esforço de conservação da variabilidade genética do mamoeiro, o BAG da Embrapa Mandioca e Fruticultura detém 219 acessos, distribuídos nos seguintes materiais: genótipos das cultivares 'Solo' e 'Formosa' (da espécie *Carica papaya* L.), híbridos como o 'Caliman' e o 'Tainung', bem como espécies dos gêneros *Jacaratia* e *Vasconcelea* (Reis et al., 2015). Entre os estudos que podem caracterizar um BAG são usados métodos de análise multivariada. A análise de agrupamento, que é um tipo de análise multivariada, costuma ser usada para a avaliação da divergência genética entre acessos, a fim de se obterem genitores de interesse para cruzamentos (Streck et al., 2017).

Uma pesquisa realizada por Valadares et al. (2018) avaliou acessos de meloeiro de cinco estados por meio da análise multivariada pelos seguintes métodos: Tocher e análise de agrupamento. Sanches et al. (2019) realizaram a caracterização morfológica e bioquímica dos acessos de biribazeiro, uma fruta comestível encontrada na Amazônia, por meio de análise multivariada de agrupamento.

O presente estudo buscou caracterizar, por descritores quantitativos e qualitativos, acessos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do BAG da Embrapa Mandioca e Fruticultura, a partir de dados de diversidade genética, com o uso do método de análise multivariada por agrupamento, para indicar possíveis acessos que se destacam pelas características de valor comercial e agrônomo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os genótipos para o plantio foram selecionados de linhagens locais dos grupos ‘Solo’ e ‘Formosa’, cultivares primitivas, híbridos e cultivares modernas. Entre as cultivares do grupo ‘Solo’, foram utilizadas: ‘Aliança’, ‘Baixinho de Santa Amália’, ‘Golden’, ‘Sunrise Solo’, ‘Kapoho Solo’ e ‘Waimanalo’, além de híbridos, linhagens melhoradas e germoplasma obsoleto. Entre as cultivares do grupo ‘Formosa’, foram utilizados: o híbrido Tainung n.º 1, Tainung n.º 2 e o híbrido Calimosa; além de linhagens melhoradas e germoplasma obsoleto.

Para a caracterização morfoagronômica, foram utilizados 92 acessos de mamoeiro da espécie *C. papaya*, dos grupos ‘Solo’ e ‘Formosa’, do BAG de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, BA.

Foram utilizados os acessos, com seus respectivos registros: CMF002, CMF003, CMF004, CMF005, CMF006, CMF008, CMF011, CMF012, CMF014, CMF015, CMF017, CMF018, CMF020, CMF021, CMF023, CMF024, CMF027, CMF028, CMF030, CMF031, CMF033, CMF035, CMF036, CMF037, CMF038, CMF041, CMF044, CMF046, CMF050, CMF051, CMF054, CMF056, CMF058, CMF060, CMF065, CMF067, CMF069, CMF072, CMF075, CMF076, CMF077, CMF078, CMF079, CMF082, CMF087, CMF088, CMF090, CMF092, CMF094, CMF099, CMF102, CMF108, CMF114, CMF115, CMF116, CMF120, CMF121, CMF123, CMF129, CMF130, CMF131, CMF133, CMF135, CMF139, CMF142, CMF145, CMF146, CMF152, CMF154, CMF164, CMF165, CMF166, CMF172, CMF175, CMF176, CMF177, CMF180, CMF183, CMF185, CMF186, CMF187, CMF188, CMF204, CMF207, CMF210, CMF211, CMF219, CMF220, CMF223, CMF232, CMF233, CMF234.

Foram utilizados 20 descritores morfológicos e físico-químicos, dos quais 9 quantitativos e 11 qualitativos multicategóricos. A escolha dos descritores foi baseada no catálogo de descritores mínimos para mamoeiro, com as devidas adaptações, do International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1988; Dantas et al., 2000). Foram coletados, no germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura, frutos de mamoeiro (*C. papaya*) dos grupos ‘Solo’ e ‘Formosa’, de plantas hermafroditas ou fêmeas. Essa coleta ocorreu aos 12 meses após o plantio dos frutos, no estágio 4 de maturação, no período de verão, entre os meses de novembro de 2015 e março de 2016. A análise foi feita com uso de 3 a 5 frutos de cada acesso, e somente os dados médios destes foram utilizados.

Os vinte descritores avaliados distribuem-se em descritores vegetativos conforme a seguir: altura da planta aos 12 meses (AP¹²); diâmetro do caule aos 12 meses (DC¹²); coloração do caule (CC); altura de inserção dos primeiros frutos (AIF); densidade de flores por inflorescência (DFI); densidade de inflorescências no caule (DIC); tipo de hermafroditismo na planta (TH); número de frutos por planta (NF); e uniformidade de distribuição dos primeiros frutos (UDF). Os descritores de frutos foram os seguintes: formato da cavidade central (FCC); comprimento da cavidade central (CCF); coloração da polpa (COP); fibrosidade da polpa (FP); e tecido placentar da polpa (TP). Os descritores físico-químicos foram os seguintes: firmeza do fruto (FF); e teor de sólidos solúveis totais (SST). Os descritores das sementes foram: coloração da semente (CS); formato da semente (FS); massa de sementes frescas por fruto (MS); massa de 100 sementes frescas do fruto (MCS).

As análises dos dados morfológicos do mamoeiro foram feitas para os seguintes parâmetros: altura de planta (AP, m); diâmetro do caule (DC, cm); AIF (m); CC, DFI, DIC, TH e NF foram realizadas em campo, com o auxílio de uma trena e por meio de observação visual. A análise física dos frutos para os descritores FCC, CCF(cm), COP, FP e TP foi realizada no Laboratório de Campo Experimental da Embrapa, com o auxílio de régua e um paquímetro digital. Para a análise dos

descritores FS, PS, PSS, as sementes foram retiradas dos frutos, avaliadas visualmente e pesadas (g) em balança de precisão calibrada. Na análise físico-química dos frutos, foram realizados os testes de FF e SST. Para o FF (em kgf cm^{-2}), realizou-se uma perfuração na região central do fruto e observou-se o ponteiro do penetrômetro. Para o teste de SST ($^{\circ}\text{Brix}$), inseriram-se 2 mL (ap. 2 gotas) de polpa de mamão homogeneizada no prisma do refratrômetro analógico portátil e realizou-se a leitura do valor.

Os dados dos 92 acessos referentes a valores médios de 9 descritores quantitativos foram obtidos. Esses dados foram submetidos à estatística descritiva, e os valores mínimo, máximo, média, desvio-padrão e coeficiente de variação foram calculados. Em seguida, foi feito o teste de normalidade de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965). Em nova análise, os dados dos descritores qualitativos foram submetidos ao nível de entropia dos caracteres (H) proposto por Renyi (1961).

Em seguida, os descritores quantitativos e qualitativos foram analisados simultaneamente, por meio do algoritmo de Gower (1971). O número de grupos foi definido com base no índice pseudot² do Pacote Nbcluster (Charrad et al., 2015). As análises foram tratadas com auxílio do programa estatístico R (R Core Team, 2016) e do programa Genes (Cruz, 2013). Os dendrogramas foram elaborados pelo programa Statistica, por meio do método de agrupamento UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic averages), em que os grupos foram formados por pares de médias, com base na distância genética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos dados de valores médios para os nove descritores quantitativos destacaram-se o teor de sólidos solúveis totais (SST) do acesso CMF204 com 20,01 $^{\circ}\text{Brix}$ e do CMF006, com valor de 18,5 $^{\circ}\text{Brix}$ (Tabela 1). Alguns autores apontam que o valor a partir de 12 $^{\circ}\text{Brix}$ é adequado para a exportação e indica boa qualidade de frutos, inclusive no aproveitamento destes para a produção de sucos e néctar (Quintal et al., 2012; Braga et al., 2020). Carvalho et al. (2020) relatam em estudo sobre híbridos de mamoeiro ‘Solo’ valores de 12,72 a 14,75 $^{\circ}\text{Brix}$. Nota-se que o acesso CMF204 e o CMF006 (18,5 $^{\circ}\text{Brix}$), ambos do grupo ‘Solo’, foram selecionados neste germoplasma, em razão de seus teores de sólidos solúveis acima dos padrões normais.

Os acessos CMF006, CMF056, ambos do grupo ‘Solo’, apresentaram 53 e 36 frutos, respectivamente, que representam os maiores valores quanto ao número de frutos por planta (NF). Este caractere, associado a outros, como número de frutos comerciais, está relacionado à produtividade da cultura, já que a produção de frutos por planta está ligada ao rendimento por área (Hafle et al., 2009).

Algumas das características de interesse agrônomo são plantas de baixo porte, que apresentam precocidade (Lucena, 2013). No presente estudo, destacaram-se os acessos CMF067 (‘Formosa’) e CMF072 (‘Solo’), com 1,43 e 1,35 m quanto à AP¹², e 1,15 e 0,99 m quanto à AIF, respectivamente. Os resultados do presente estudo corroboram os de Nascimento (2014), que encontrou quanto à altura da planta uma amplitude de 1,40 a 1,54 m.

Na análise de firmeza dos frutos (FF), os acessos CMF082 e CMF131, ambos do grupo ‘Solo’, apresentaram valores adequados com 3,10 kgf cm^{-2} e 2,95 kgf cm^{-2} , respectivamente.

O acesso CMF188 (‘Formosa’) apresentou o maior valor quanto à FF (5,5 kgf cm^{-2}), bem como elevado teor de SST (17 $^{\circ}\text{Brix}$), estas duas características de interesse agrônomo foram selecionadas nesse banco de germoplasma. A firmeza do fruto é de importância para o manejo e o transporte do mamão, até que este chegue ao consumidor final, conforme Oliveira (2017), que indicou que linhagens do BAG da Embrapa Mandioca e Fruticultura chegaram a tempo útil pós-colheita de 11 dias, em razão da elevada firmeza de fruto. De acordo com Mendonça & Vieites (2019), a firmeza de fruto associa-se à manutenção da integridade do fruto durante a colheita e o transporte.

Tabela 1. Valores médios dos nove descritores quantitativos de 25 acessos (destacados dos 92 acessos) do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2016.⁽¹⁾

Acesso	Descritores								
	AP ^{12m}	AP ^{12m}	AIF	CCF	MS	MCS	NF	FF	SST
CMF006	2,00	11,33	1,60	4,17	8,17	51,46	53,00	0,80	18,50
CMF014	1,63	8,90	1,15	6,09	7,73	88,18	3,00	--	--
CMF041	1,88	10,20	1,36	6,73	11,17	29,39	4,50	2,30	18,50
CMF054	2,52	13,73	1,99	3,84	11,80	64,91	27,33	3,90	15,00
CMF056	1,93	9,80	1,43	4,23	12,37	49,79	36,67	1,50	14,50
CMF065	2,05	10,93	1,54	4,93	7,90	65,02	17,67	2,90	14,80
CMF067	1,43	9,07	1,15	5,19	14,10	48,81	9,00	1,20	12,50
CMF072	1,35	7,67	0,99	4,05	12,43	60,30	7,33	--	--
CMF078	1,82	10,47	1,29	4,78	12,37	110,96	19,33	2,70	17,00
CMF079	1,82	11,77	1,67	4,39	7,67	65,29	45,00	1,70	17,00
CMF082	2,45	11,73	1,77	4,25	13,33	54,10	16,00	3,10	16,50
CMF087	2,10	11,87	1,49	5,00	11,20	62,48	19,67	1,90	16,00
CMF088	2,03	11,17	1,55	4,40	8,87	60,99	35,33	0,65	16,90
CMF090	2,43	11,90	1,80	4,27	11,83	111,27	15,33	1,40	16,50
CMF108	2,17	9,27	1,67	8,85	12,00	96,97	6,00	4,05	16,03
CMF115	2,45	11,17	1,76	8,24	11,03	128,31	7,00	1,7	16,5
CMF130	2,03	11,57	1,80	4,34	12,10	73,96	13,33	2,70	14,50
CMF131	2,13	11,73	1,92	5,96	10,37	60,19	27,33	2,95	14,31
CMF142	1,57	9,90	1,30	4,88	12,70	56,47	6,33	1,10	17,10
CMF145	1,58	8,97	1,37	3,95	11,57	99,70	15,00	--	--
CMF180	2,03	9,70	1,60	4,04	14,03	41,94	22,00	2,40	16,50
CMF187	1,88	10,00	1,43	8,52	12,30	154,93	15,67	5,40	17,00
CMF188	2,23	11,23	1,63	6,57	10,23	109,65	17,33	5,50	17,00
CMF204	2,43	11,47	1,90	5,09	10,20	89,63	18,00	3,19	20,01
CMF220	3,25	16,43	2,45	9,60	11,47	49,22	17,00	--	--

⁽¹⁾AP^{12m}, altura (m) de planta aos 12 meses; DC^{12m}, diâmetro (cm) do caule aos 12 meses; AIF, altura (m) de inserção dos primeiros frutos; CCF, comprimento (cm) da cavidade central do fruto; MS, massa (g) de sementes frescas por fruto; MCS, massa de 100 sementes frescas do fruto; NF, número de frutos; FF, firmeza (kgf cm⁻²) dos frutos; e SST, teor (°Brix) de sólidos solúveis totais. (–) Dados perdidos.

Na análise de estatística descritiva, verificou-se que a minoria dos descritores quantitativos seguiu uma distribuição normal (ns), pelo teste de Shapiro-Wilk (Tabela 2). Os descritores SST, com média de 14,89 °Brix, e DC^{12m}, com valor médio de 10,75 cm, apresentaram os menores valores de coeficiente de variação, com 13,32 e 15,48% respectivamente. Os descritores NF e FF, por não apresentarem distribuição normal no teste de Shapiro Wilk, obtiveram os maiores valores de CV, de 80,97 e 48,61%, respectivamente.

Luz et al. (2015) reportam número de frutos comerciais com CV de 20,73%, que é considerado alto. De acordo com Pinto et al. (2013), esta variável apresenta intensa variação fenotípica, por isso pode apresentar essa discrepância quanto ao coeficiente de variação. No estudo apresentado por Dantas et al. (2015), o caractere FF apresentou CV de 30%, que pode ser considerado alto conforme Costa et al. (2002).

Tabela 2. Estatística descritiva e teste de normalidade dos nove descritores quantitativos, utilizados na avaliação de 92 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2016.

⁽¹⁾ Descritor	MIN	MÁX	Média	S	CV(%)	W	Valor (%)
AP ^{12m}	1,27	3,25	2,03	0,33	16,16	0,97 ^{ns}	10,01
DC ^{12m}	7,33	16,43	10,75	1,66	15,48	0,98 ^{ns}	13,25
AIF	0,98	2,45	1,57	0,26	16,91	0,97 ^{ns}	13,03
CCF	2,54	9,60	5,51	1,59	28,85	0,95*	10,02
MS	6,40	19,30	11,85	2,43	20,49	0,97 ^{ns}	10,13
MCS	26,22	154,93	79,22	28,97	36,57	0,97*	9,17
NF	2,00	69,33	14,85	12,03	80,97	0,79*	10,63
FF	0,65	6,80	2,67	1,30	48,61	0,92*	9,53
SST	8,50	20,01	14,89	1,98	13,32	0,97*	14,24

⁽¹⁾Valores de: MÍN, mínimo; MÁX, máximo; S, desvio-padrão; e CV, coeficiente de variação. W, teste de Shapiro-Wilk: (*significativo a 5% de probabilidade; e ^{ns}não significativo. AP^{12m}, altura (m) de planta aos 12 meses; DC^{12m}, diâmetro (cm) do caule aos 12 meses; AIF, altura (m) de inserção dos primeiros frutos; CCF, comprimento (cm) da cavidade central do fruto (CCF); MS, massa (g) de sementes frescas por fruto; MCS, massa (100 g) de sementes frescas do fruto; NF, número de frutos; FF, firmeza (kgf cm⁻²) dos frutos; e SST, teor (°Brix) de sólidos solúveis totais.

Realizou-se a análise dos descritores quantitativos quanto à diversidade genética segundo a contribuição relativa de Singh (1981). De modo geral, os descritores quantitativos apresentaram contribuição relativa de modo equitativo, em que a frequência variou de 9,17% quanto à MS, a 14,24% quanto ao valor de SST (Tabela 2). Estes resultados corroboram os Oliveira et al. (2012), que obtiveram valores similares quanto à diversidade dos descritores do mamoeiro.

Na análise qualitativa dos dados foi realizado o teste de entropia (H), a partir dos 11 descritores qualitativos selecionados. Os menores valores de entropia (H) foram apresentados pelos caracteres UDF (0,59) e FP (0,66); para FP, a frequência da classe 1 (fibrosidade ausente) foi de 75% (Tabela 3). A característica FP tem relação com o SST, e o resultado indicou que os frutos que apresentaram menos fibras, corresponderam provavelmente a frutos com maior valor de sólidos solúveis (Mouco, 2004).

Os maiores valores de H corresponderam aos seguintes parâmetros: H=1,43, COP, cuja classe 3 foi predominante (frequência de 42% referente à cor alaranjada); e H = 1,35, CS, em que predominou a classe 3 (frequência de 34,09%, referente à cor cinza). A quantidade de classes ($x \geq 3$) apresentadas pela maioria dos descritores contribuiu para o maior valor de entropia, bem como representou homogeneidade na frequência dessas classes. Segundo Ledo et al. (2011), um valor alto de entropia corresponde a um maior número de classes fenotípicas, bem como a um balanço homogêneo na frequência dessas classes.

Em seguida, a análise multivariada por agrupamento foi realizada com os 92 acessos do germoplasma, tendo-se considerado os 20 descritores – 9 quantitativos e 11 qualitativos – com o auxílio do programa estatístico R. Desse modo, ocorreu a formação de três grupos, a partir da distância genética apresentada pelo algoritmo de Gower (Figura 1).

Tabela 3. Avaliação de 11 descritores qualitativos, categorias fenotípicas (classes), frequência percentual e nível de entropia de Renyi, utilizados na avaliação dos 92 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2016.

Descritor qualitativo ⁽¹⁾	Classe	Frequência	Nível de entropia (H)
		(%)	
CC	1	5,68	0,91
	2	18,18	
	3	69,32	
	4	6,82	
FCC	2	28,41	1,34
	3	15,91	
	4	36,36	
COP	5	19,32	1,43
	1	11,36	
	2	6,82	
	3	42,05	
	4	22,73	
FP	5	17,05	0,66
	1	75,00	
	2	21,59	
TP	3	3,41	1,12
	1	1,14	
	2	22,73	
	3	42,05	
CS	4	34,09	1,35
	2	26,14	
	5	14,77	
FS	4	25,00	0,67
	1	38,64	
UDF	2	61,36	0,59
	1	27,27	
TH	2	72,73	0,99
	1	71,05	
	2	9,21	
	3	9,21	
	4	3,95	
DIC	5	6,58	0,77
	1	68,00	
	2	26,67	
DFI	3	5,33	0,79
	1	69,33	
	2	22,67	
	3	8,00	

⁽¹⁾CC, coloração do caule; FCC, formato da cavidade central; COP, coloração da polpa; FP, fibrosidade da polpa; TP, tecido placentário da polpa; CS, coloração da semente; FS, formato da semente; UDF, uniformidade de distribuição dos frutos; TH, tipo de hermafroditismo na planta; DIC, densidade de inflorescências no caule; e DFI, densidade de flores por inflorescência. (*A classe 1 do CS não obteve indivíduos, por isso não consta nesta relação.

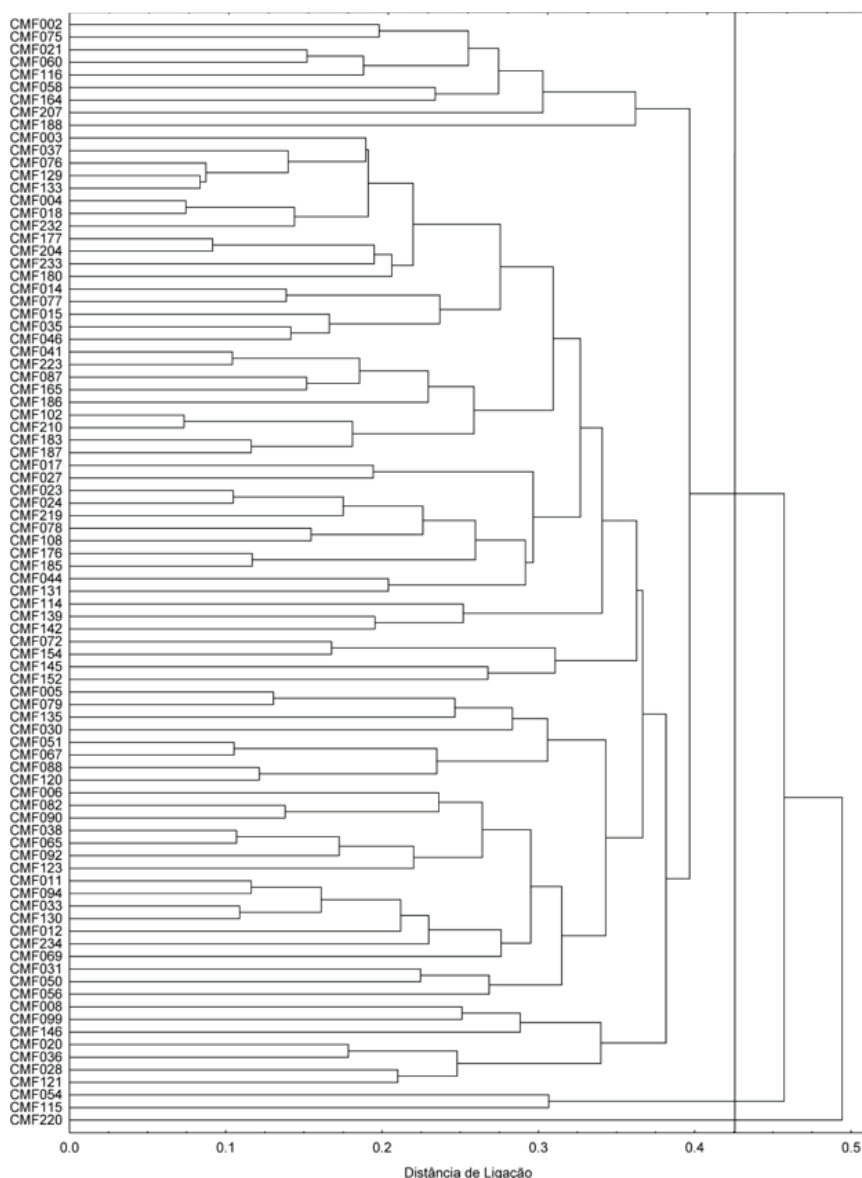


Figura 1. Dendrograma dos 92 acessos do Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro, da Embrapa Mandioca e Fruticultura, com base em 20 descritores – 9 quantitativos e 11 qualitativos –, formado pela análise de agrupamento (UPGMA) a partir do algoritmo de Gower. Utilizou-se para o ponto de corte o pseudo t^2 do pacote Ncluster do Programa R. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2016

O primeiro grupo foi formado pelos 85 acessos, abaixo mencionados:

CMF002, CMF075, CMF021, CMF060, CMF116, CMF058, CMF164, CMF207, CMF188, CMF003, CMF037, CMF076, CMF129, CMF133, CMF004, CMF018, CMF232, CMF177, CMF204, CMF233, CMF180, CMF014, CMF077, CMF015, CMF035, CMF046, CMF041, CMF223, CMF087, CMF165, CMF186, CMF102, CMF210, CMF183, CMF187, CMF017, CMF027, CMF023, CMF024, CMF219, CMF078, CMF108, CMF176, CMF185, CMF044, CMF131, CMF114, CMF139, CMF142, CMF072, CMF154, CMF145, CMF152, CMF005, CMF079, CMF135, CMF030, CMF051, CMF067, CMF088, CMF120, CMF006, CMF082, CMF090, CMF038, CMF065, CMF092, CMF123, CMF011, CMF094, CMF033, CMF130, CMF012, CMF234, CMF069, CMF031, CMF050, CMF056, CMF008, CMF099, CMF146, CMF020, CMF036, CMF028, CMF121.

No segundo grupo, juntaram-se os acessos CMF054 e CMF115 e, no terceiro grupo, classificou-se um único acesso, o CMF220.

O primeiro grupo apresentou o maior número de acessos ($n=85$) com menor distância genética entre si ($0,1 \leq d < 0,4$), isto indicou um maior parentesco. Essa maior homogeneidade pode ser explicada pela estreita base genética no mamoeiro conservado no BAG, oriundo das cultivares ‘Solo’ e ‘Formosa’, que não foram disjuntas em grupos distintos. Os resultados obtidos no presente trabalho assemelham-se à caracterização de Leal (2014) para acessos de bananeira do BAG da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em que este autor verificou a formação de quatro grupos na análise multivariada (Gower), o que indica a existência de estreita base genética dessa espécie. O mesmo padrão foi verificado em alguns estudos com análise de coqueiro e umbu-cajazeira, em que se verificou a formação de poucos grupos divergentes (Santana, 2010; Azevedo, 2014). No grupo 2, distribuíram-se dois acessos mais divergentes – o CMF115 e o CMF054 –, ambos do grupo Formosa, com distância genética de ap. 0,44, que apresentaram altos valores quanto à altura de planta ($AP > 2,40\text{m}$) e altura de inserção dos primeiros frutos ($AIF > 1,7\text{ m}$), resultados que divergem da maioria dos acessos que foram selecionados por apresentarem um baixo porte.

O acesso CMF115 apresentou acentuada divergência genética porque apresentou o maior valor quanto à massa de 100 sementes frescas do fruto ($MCS=128,11\text{ g}$). Essa característica está bastante associada ao potencial de produção de sementes e à consequente propagação da cultura. Uma avaliação de Nagao & Furutani (1986) para o mamoeiro do grupo ‘Solo’ indicou que a densidade da semente está relacionada à capacidade de sua germinação, em razão do desenvolvimento do embrião, bem como ao vigor da planta. O acesso mais divergente foi o CMF220 (‘Formosa’), com $d > 0,5$, que se classificou em grupo unitário. Esse acesso apresentou valores indesejáveis quanto à altura de planta e à altura de inserção dos primeiros frutos ($AP > 3\text{ m}$ e $AIF > 2,50$), além de ter apresentado um tipo de hermafroditismo com poucas flores hermafroditas perfeitas e muitas flores pentândricas ou carpeloides, ou seja, caracteres que indicam anomalias florais indesejadas porque se relacionam a uma menor produtividade (Ramos et al., 2011).

Elaborou-se uma relação dos acessos que se destacaram nos seus respectivos grupos quanto aos caracteres de interesse agrônomo, para utilização em programas de melhoramento genético (Tabela 4). Observou-se que o número de acessos do grupo ‘Formosa’ ($n=6$) foi praticamente semelhante ao do grupo ‘Solo’ ($n=4$), além de a maioria desses acessos ser originária do Brasil. O grupo ‘Solo’ se destacou quanto ao teor de SST e FF (acessos CMF006, CMF082 e CMF131). O mesmo grupo também se destacou quanto ao NF (CMF006 e CMF56). Os acessos do grupo ‘Formosa’ (CMF054 e CMF115) se destacaram pelo elevado valor quanto à MS e FF (acesso CMF188). Quanto à AP e AIF, destacaram-se acessos do grupo ‘Solo’ (CMF072) e do ‘Formosa’ (CMF067).

Tabela 4. Informações sobre Origem de 10 Acessos em destaque no BAG de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura. CNPMF, 2016.

Acessos	Grupo	Origem
CMF006	Solo	Havaí Taiwan
CMF054	Formosa	Havaí
CMF056	Solo	Brasil
CMF067	Formosa	Brasil
CMF072	Formosa	-
CMF082	Solo	África do Sul
CMF115	Formosa	África do Sul
CMF131	Solo	-
CMF188	Formosa	Brasil
CMF204	Formosa	Brasil

A partir dos resultados obtidos, verificou-se a importância dos bancos de germoplasma brasileiros para a conservação da variabilidade genética e da diversidade dos genótipos do mamoeiro, já que vários dos acessos promissores na presente pesquisa são oriundos do Brasil. Nesse contexto, o Banco Ativo de Germoplasma de mamoeiro da Embrapa Mandioca e Fruticultura tem sua parcela de contribuição para o incremento da produtividade dessa cultura, no Estado da Bahia e na região do Nordeste, pois apresenta uma significativa diversidade das cultivares ‘Solo’ e ‘Formosa’ (Chan, 2009) que se encontram disponíveis para a pesquisa e à disposição dos agricultores, na forma de sementes, mudas e outros meios vegetativos.

CONCLUSÃO

A análise multivariada contribuiu para o estudo da diversidade dos acessos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Observou-se entre eles divergência genética moderada, em razão da semelhança fenotípica entre os acessos que indicou acentuado parentesco dos grupos ‘Solo’ e ‘Formosa’, além de alguns acessos serem oriundos de cultivares consolidadas no mercado da fruticultura. Poucos acessos são originários de variedades locais, que tendem a conservar a variabilidade genética.

Destacaram-se os acessos CMF006, CMF054, CMF056, CMF067, CMF072, CMF115, CMF118, CMF131 e CMF204, quanto ao teor de sólidos solúveis, firmeza de frutos, precocidade da planta, ausência de fibras e peso de sementes. Apesar da situação atual de restrições da base genética do mamoeiro quanto à variabilidade, este germoplasma oferece recursos genéticos que apresentaram uma significativa diversidade. Por isso, recomenda-se a utilização dos acessos avaliados que se destacaram em futuros programas de melhoramento genético. Essas pesquisas requerem a sustentabilidade no uso dos recursos genéticos e demandam insumos acessíveis, bem como valorizam a preservação da biodiversidade. Desse modo, destaca-se o germoplasma como um instrumento que contribui para agregação de valores que beneficiam diretamente o agricultor, o silvicultor e o conservacionista.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio institucional da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e da Embrapa Mandioca e Fruticultura; à toda equipe de funcionários da Embrapa Mandioca e Fruticultura, principalmente a Sr^a Maria Celeste Marques Rebouças, supervisora do Laboratório, e a Leonardo Silva, que auxiliaram diretamente neste trabalho; aos professores do mestrado da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em especial aos professores Ana Cristina Vello Loyola Dantas e Jorge Loyola Dantas, pelo apoio institucional; ao pesquisador Carlos Alberto Ledo; ao corpo técnico de funcionários desta Unidade de Ensino Superior, com destaque às senhoras Yumi de Oliveira Fujiki e Meire. Aos estudantes da Residência Universitária, pelo apoio operacional.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, C.D. de O. **Diversidade genética de populações de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) via marcadores SSR**. 2014. 46p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- BRAGA, H.F. Mamão: aspectos econômicos, biológicos e potencialidades no processamento para obtenção do néctar. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, p.140-154, 2020. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2020A12.
- CARVALHO, E. de M.L.; REIS, R.C.; BORGES, V.P.; LEDO, C.A. da S.; ARAÚJO, E. da S.; DANTAS, J.L.L. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, p.121-130, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p121>.
- CHAN, Y.K. Breeding papaya (*Carica papaya* L.). In: JAIN, S.M.; PRIYADARSHAN, P.M. (Ed.). **Breeding plantation tree crops: tropical species**. New York: Springer Science, 2009. p.121-159. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_4.

- CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. **NbClust**: Determining a best number of clusters in a data set. 2015. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/NbClust/NbClust.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- COSTA, N.H. de A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.243-249, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300003>.
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.
- DAMASCENO JUNIOR, P.C.; PEREIRA, T.N.S.; SILVA, F.F. da; REIS, M.V.M.; PEREIRA, M.G. Diversidade genética em duas espécies de Caricáceas e suas relações genéticas com *Carica papaya* L. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.733-739, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150060>.
- DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S.; VILAS BOAS, S.A. Avaliação agronômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.138-148, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-022/14>.
- DANTAS, J.L.L.; PINTO, R.M. de S.; LIMA, J.F. de; FERREIRA, F.R. **Catálogo de germoplasma de mamão (*Carica papaya* L.)**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 40p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documento, 94).
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **Faostat**: Cultivos. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>>. Acesso em: 29 jul. 2019.
- FERREIRA, J.P.; SCHMILDT, E.R.; SCHMILDT, O.; CATTANEO, L.F.; ALEXANDRE, R.S.; CRUZ, C.D. Comparison of methods for classification of the coefficient of variation in papaya. **Revista Ceres**, v.63, p.138-144, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020004>.
- GOWER, J.C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v.27, p.857-871, 1971. DOI: <https://doi.org/10.2307/2528823>.
- HAFLE, O.M.; RAMOS, J.D.; LIMA, L.C. de O.; FERREIRA, E.A.; MELO, P.C. de. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.763-770, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300020>.
- IBPGR. International Board for Plant Genetic Resources. **Descriptors for papaya**. Rome, 1988. 34p.
- JOLY, A.B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 11.ed. São Paulo: Nacional, 1993. 777p. (Biblioteca Universitária, 3. Ciências Puras, 4).
- LEAL, V.D. de J. **Seleção de descritores morfoagronômico e análise de dissimilaridade genética em acessos de bananeira (*Musa spp.*)**. 2014. 89p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- LEDO, C.A. da S.; ALVES, A.A.C.; SILVEIRA, T.C. da; OLIVEIRA, M.M. de; SANTOS, A.S.; TAVARES FILHO, L.F. de Q. **Caracterização morfológica da coleção de espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae - Magnoliophyta) da Embrapa Mandioca e Fruticultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 21p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 53).
- LUCENA, R.S. **Caracterização agronômica de novas linhagens e híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 2013. 114p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- LUZ, L.N. da; PEREIRA, M.G.; BARROS, F.R.; BARROS, G. de B.; FERREGUETTI, G.A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no Semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p.159-171, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-069/14>.
- MENDONÇA, V.Z.; VIEITES, R.L. Physical-chemical properties of exotic and native Brazilian fruits. **Revista Acta Agronômica**, v.68, p.175-181, 2019. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v68n3.55934>.
- MOUCO, M.A. do C. (Ed.). **Cultivo da mangueira**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/152968/1/CultivodaMangueiraSistemadeproducao.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- NAGAO, M.A.; FURUTANI, S.C. Improving germination of papaya seed by density separation, potassium nitrate, and gibberellic acid. **HortScience**, v.21, p.1439-1440, 1986.
- NASCIMENTO, A.L. **Melhoramento genético do mamoeiro**: novos híbridos para o Norte do Espírito Santo. 2014. 91p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/8235/1/tese7375_35%20-%20%20Disserta%20c%20a7%20-%20ADRIEL%20LIMA%20NASCIMENTO.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.
- OCAMPO, J.; d'EECKENBRUGGE, G.C.; BRUYÈRE S.; BELLAIRE, L. de L. de; OLLITRAULT, P. Organization of morphological and genetic diversity of Caribbean and Venezuelan papaya germplasm. **Fruits**, v.61, p.25-37, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2006003>.
- OLIVEIRA E.J. de; DIAS, N.L.P.; DANTAS, J.L.L. Selection of morpho-agronomic descriptors for characterization of papaya cultivars. **Euphytica**, v.185, p.253-265, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0565-0>.

- OLIVEIRA, T.V. **Caracterização pós-colheita e uso de revestimento à base de fécula de mandioca em frutos de mamoeiro da linhagem CNPMF-L78**. 2017. 52p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/pgrecevegetais/images/phocadownload/Thiago_Viana_Oliveira.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.
- PÁDUA, T.R.P. de (Ed.). **Plano estratégico para a cultura do mamoeiro: 2017-2021**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. 32p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 228).
- PINTO, F. de O.; RAMOS, H.C.C.; CARDOSO, D.L.; LUZ, L.N. da; PEREIRA, M.G. Desenvolvimento de genótipos de mamoeiro tolerantes à mancha fisiológica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, p.1101-1115, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400022>.
- QUINTAL, S.S.R.; VIANA, A.P.; GONÇALVES, L.S.A.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do. Divergência genética entre acessos de mamoeiro por meio de variáveis morfoagronômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.131-142, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p131>.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. version 3.5.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<https://www.r-project.org>>. Acesso em: 10 out. 2015.
- RAMOS, H.C.C.; PEREIRA, M.G.; SILVA, F.F. da; VIANA, A.P.; FERREGUETTI, G.A. Seasonal and genetic influences on sex expression in a backcrossed segregating papaya population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p.97-105, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000200001>.
- REIS, R.C.; VIANA, E. de S.; JESUS, J.L. de; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.210-217, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300004>.
- RENYI, A. On measures of entropy and information. In: BERKELEY SYMPOSIUM ON MATHEMATICS, STATISTICS AND PROBABILITY, 4., 1960, Berkeley. **Proceedings**. Berkeley: University of California Press, 1961. p.547-561. Editor: Jerzy Neyman.
- SANCHES, A.G.; OLIVEIRA, A.R.G. de; CORDEIRO, C.A.M. Physical-chemical and biochemical characterization in biribazeiro fruits through multivariate analysis. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.12, p.69-77, 2019. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/5404/0>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- SANTANA, I.B.B. **Divergência genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise multivariada utilizando marcadores morfoagronômicos e moleculares**. 2010. 85p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965. DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, v.41, p.237-245, 1981.
- STRECK, E.A.; AGUIAR, G.A.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de; FACCHINELLO, P.H.K.; OLIVEIRA, A.C. de. Variabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado via análise multivariada. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, p.101-109, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170011>.
- VALADARES, R.N.; MELO, R.A.; SARINHO, I.V.F.; OLIVEIRA, N.S.; ROCHA, F.A.T.; SILVA, J.W.; MENEZES, D. Genetic diversity in accessions of melon belonging to *momordica* group. **Horticultura Brasileira**, v.36, p.253-258, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180218>.
- VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOETGHEBEUR, P.; ROMELJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v.105, p.289-297, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0983-4>.
- ZAMAN, W.; BISWAS, S.K.; HELALI, M.O.H.; IBRAHIM, M.; HASSAN, P. Physico-chemical composition of four papaya varieties grown at Rajshahi. **Journal of Bio-Science**, v.14, p.83-86, 2006. DOI: <https://doi.org/10.3329/jbs.v14i0.448>.