

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIENCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

ANÁLISES BIOMÉTRICAS DE CARACTERÍSTICAS
BROMATOLÓGICAS DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* KUNTH)
DE MAIOR TEOR DE ÓLEO PROVENIENTES DE MERCADOS
DE PORTO VELHO - RONDÔNIA.

BRAINER WILLIAM CRUZ DOS SANTOS

ITACOATIARA
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

BRAINER WILLIAM CRUZ DOS SANTOS

ANÁLISES BIOMÉTRICAS DE CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS
DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* KUNTH) DE MAIOR TEOR DE ÓLEO
PROVENIENTES DE MERCADOS DE PORTO VELHO - RONDÔNIA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciência e Tecnologia para
Recursos Amazônicos da Universidade
Federal do Amazonas, como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Desenvolvimento Científico e Tecnológico
em Recursos Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Medeiros Ferreira

Co-orientador: Dr. Rodrigo Barros Rocha

ITACOATIARA

2014

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor.

S237a Santos, Brainer William Cruz dos
Análises biométricas de características bromatológicas de pupunha (*Bactris gasipaes* KUNTH) de maior teor de óleo provenientes de mercados de Porto Velho - Rondônia / Brainer William Cruz dos Santos. 2014
55 f.: il. color; 29 cm.

Orientador: Fábio Medeiros Ferreira
Coorientador: Rodrigo Barros Rocha
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Pupunha. 2. Análise discriminante. 3. Variabilidade genética. 4. Melhoramento vegetal. I. Ferreira, Fábio Medeiros II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

BRAINER WILLIAM CRUZ DOS SANTOS

ANÁLISES BIOMÉTRICAS DE CARACTERÍSTICAS
BROMATOLÓGICAS DE PUPUNHA (*Bactris gasipaes* KUNTH)
DE MAIOR TEOR DE ÓLEO PROVENIENTES DE MERCADOS
DE PORTO VELHO - RONDÔNIA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovado em 31 de julho de 2014.

BANCA EXAMINADORA



Dr. Dr. Fábio Medeiros Ferreira, Presidente
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Charles Roland Clement, Membro
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Dr. André Luiz Atroch, Membro
Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária

*À minha amada esposa Jamila, ao meu filho
Isaac e aos meus pais Reinaldo e Eduviges
pela compreensão, incentivo
e por acreditarem em mim.*

...Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me conduzido ao final de mais uma longa jornada;

A toda a minha família, especialmente à minha amada esposa, pelo apoio incondicional, por sempre estar ao meu lado nos momentos de dúvida;

Ao programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da UFAM, aos docentes e funcionários, pela oportunidade e realização do curso de mestrado;

Ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia e à EMBRAPA-RO, por disponibilizarem as condições necessárias para a realização deste trabalho;

À CAPES, pela bolsa mestrado concedida;

Ao CNPQ e à FAPEAM pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa;

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Medeiros Ferreira, pela paciência, instrução e por todo apoio necessário para a conclusão desta dissertação;

Ao meu co-orientador Dr. Rodrigo Barros Rocha, pelo apoio nas várias etapas deste trabalho e pela colaboração com importantes sugestões;

A todos os amigos que sempre torceram por mim, em especial à Prof^a. Msc. Samantha Aquino.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

AGRADEÇO

O princípio da sabedoria está no temor
ao Senhor...

Bíblia, Salmos 111:10

RESUMO

A pupunheira é uma palmeira nativa do sudoeste da Amazônia apreciada na alimentação pelo seu palmito e pelos seus frutos que podem ser consumidos cozidos, *in natura* ou utilizados como ingrediente culinário. A variabilidade natural da composição física e química dos frutos subsidia seu uso diferenciado na alimentação humana, sendo que os frutos menos fibrosos e mais oleosos são especialmente apreciados para o consumo. O objetivo deste estudo foi obter informações que possam subsidiar o programa de melhoramento genético da Embrapa/Rondônia, em relação a caracterização das matrizes pré-selecionadas e as associações existentes entre variáveis químicas e físicas de pupunha. Para isso, foram realizadas as seguintes análises biométricas: caracterização das matrizes pré-selecionadas, a partir de caracteres físicos e químicos de pupunha; avaliação da variabilidade das matrizes pelo método dos componentes principais; estudo da relação entre os caracteres avaliados; e avaliação da adequação da composição de três categorias de pupunhas (microcarpa, mesocarpa e macrocarpa) pelo método multivariado de análise discriminante proposto por Anderson. O primeiro componente principal explicou 63,7% da variação total dos dados, sendo que os caracteres físicos apresentaram, em módulo, os maiores pesos, confirmando que o tamanho do fruto é altamente discriminante para as categorias mencionadas. O teor de óleo apresentou coeficiente de correlação $r_{OL,HC}=-0,99$ com o teor de carboidratos e $r_{OL,POLP}=-0,75$ com a porcentagem de polpa, confirmando a tendência de que frutos de menor tamanho são ricos em óleo, enquanto os frutos de maior tamanho são ricos em amido. A análise discriminante classificou adequadamente a maioria das matrizes nas três categorias estudadas com base em critérios bromatológicos, com uma taxa de erro aparente de 10,8%. A classificação corrigida por meio das funções de Anderson pode ser usada para incluir novas matrizes em uma das três categorias.

Palavras chave: Pupunha, análise discriminante, variabilidade genética, melhoramento vegetal.

ABSTRACTS

Biometric analysis of bromatologic characteristics pejobaye (*Bactris gasipaes* KUNTH) of higher oil content from markets Porto Velho - Rondônia.

The peach palm is a palm tree native to southwestern Amazonia enjoyed feeding by palm heart and the fruit can be consumed cooked or used as a culinary ingredient. The natural variability of physical and chemical composition of the fruits subsidizes its distinct use in human food, and the less fibrous and more oily fruits are especially prized for consumption. The objective of this study was to obtain information that can subsidize the breeding program of Embrapa / Rondônia in respect of characterization of pre-selected matrices and the relationship between chemical and physical variables. For this, the following biometric analyzes were performed: characterization of pre-selected matrices from physical and chemical characters of peach palm; evaluate the variability of matrices using principal components; study of the relationship among traits; and evaluation of the adequacy of the composition of three types of peach palm (micro, meso and macrocarpa) by multivariate discriminant analysis method proposed by Anderson. The first principal component explained 63.7% of the total variation in the data, and the physical traits showed in module, the larger weights, confirming that the size of the fruit is highly discriminating for the above categories. Oil contents presented correlation coefficients $r_{OL,HC} = -0.99$ with the carbohydrate content and $r_{OL,POLP} = -0.75$ with pulp percentage, confirming the trend that smaller fruits are rich in oil, while the larger size fruits are rich in starch. Discriminant analysis classified the most appropriate matrices studied in three classes based on bromatologic characters with an apparent error rate of 10.8%. Classification corrected through the Anderson functions can be used to add new matrices one of three categories.

Keywords: Pejobaye, discriminant analysis, genetic variability, plant breeding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das fenofases da pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i>) ao longo do ano e sua relação com as estações chuvosa e menos chuvosa na região de Manaus, Amazonas, Brasil	16
Figura 2 – Distribuição aproximada de três tipos de <i>Bactris gasipaes</i> var. <i>chichagui</i> (selvagem) nos Neotrópicos	17
Figura 3 - Distribuição aproximada de raças de <i>Bactris gasipaes</i> var. <i>gasipaes</i> : 1. Rama, 2. Utilis (incluindo as raças Guatuso e Tuira), 3. Cauca, 4. Tembê, 5. Juruá, 6. Pará, 7. Pampa hermosa, 8. Tigre, 9. Pastaza, 10. Inirida, 11. Putumayo (incluindo a raça Solimões), 12. Vaupés (Fonte: CLEMENT <i>et al.</i> , 2010)	18
Figura 4 - Histograma de frequências das massas frescas (g) de pupunhas coletadas no mercado de Porto Velho, Rondônia distribuídas em nove classes	36
Figura 5 – Dispersão gráfica das oitenta e três matrizes de pupunha em relação aos três primeiros componentes principais estabelecidos pela combinação linear de doze características bromatológicas	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas de posição e dispersão de caracteres físicos e químicos de frutos férteis de pupunheiras provenientes do mercado de Porto velho, Rondônia	35
Tabela 2 - Estimativas de autovalores obtidos da matriz de correlação entre os caracteres físicos e químicos de pupunhas coletadas no mercado de Porto Velho, Rondônia	39
Tabela 3 - Estimativas de correlação fenotípica (Pearson) entre características físicas e químicas de frutos de pupunheira oriundos do mercado de Porto Velho, Rondônia	43
Tabela 4 - Valor discriminante e classificação das matrizes de pupunha, nas categorias microcarpa (1), mesocarpa (2) e macrocarpa (3), a partir de funções discriminantes estabelecidas pela combinação linear de sete caracteres bromatológicos	45
Tabela 5 – Classificação correta e incorreta de três categorias de pupunha a partir da análise discriminante de Anderson, considerando sete caracteres bromatológicos	48
Tabela 6 – Estimativa das funções discriminantes das matrizes de pupunha com sua respectiva classificação segundo a metodologia de Anderson (1958) considerando a redução da taxa de erro aparente	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Morfologia e ecologia	15
2.2 Raças e distribuição geográfica	16
2.3 Potencial da pupunha	19
2.4 Variabilidade genética em pupunha	21
2.5 O melhoramento genético	22
2.6 Estudo de diversidade genética por componentes principais	25
2.7 Estudo de relação de caracteres	26
3 OBJETIVOS	28
3.1 Geral	28
3.2 Específicos	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Coleta de dados	29
4.2 Caracterização física e química	29
4.3 Análise dos dados	31
4.4 Análise dos componentes principais	31
4.5 Estimativa de correlações de Pearson	32
4.6 Funções discriminantes	32

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Descrição dos dados	35
5.2 Variabilidade	39
5.3 Estimativas de correlação	42
5.4 Análise discriminante	44
6 CONCLUSÕES	51
7 REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia dispõe de uma diversidade de palmeiras com potencial produtivo de alimentos e de óleo vegetal. Palmeiras como o açaí (*Euterpe oleracea*), dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), caiaué (*Elaeis oleífera* H.B.K.) e a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunt) têm se destacado em estudos que visam à otimização da produção de frutos. O dendê e o caiaué são plantas com grande potencial produtivo de óleo, enquanto o açaizeiro destaca-se na produção de palmito e de frutos consumidos na forma de sucos (CLEMENT *et al.*, 2005).

Alguns estudos destacam o potencial da pupunheira como produtora de palmito (BOVI, 1997; FARIAS NETO, 1999; YUYAMA, 2005), como fruteira e como oleaginosa (CLEMENT *et al.*, 2005; SANTOS & CLEMENT, 2002). Nos estados da Amazônia Legal, esta palmeira é conhecida principalmente pelo seu fruto, a pupunha, que é um componente importante na alimentação das populações extrativistas e ribeirinhas. Para essas pessoas, a pupunha tem grande importância por ser um alimento com alto valor nutritivo e por contribuir na renda de pequenos agricultores.

Devido à ampla variabilidade dos frutos, também é possível explorar outras formas de uso deste recurso como a produção de farinha (amido) usada como ingrediente culinário, de óleo vegetal e de ração para animais (CLEMENT & MORA URPI, 1987). Porém, a inexistência de variedades melhoradas tem dificultado o aumento do consumo de pupunha.

Alguns estudos têm identificado diferenças genéticas para caracteres físicos e químicos entre genótipos de pupunheiras (CARVALHO *et al.*, 2013; FERREIRA & PENA, 2003; YUYAMA *et al.*, 2003), indicando a possibilidade de sucesso na seleção de matrizes com características de interesse de produtores e consumidores. Além disso, é de grande importância

caracterizar materiais genéticos com potencial econômico e que produzam frutos de qualidade comprovada para mercado consumidor (CARVALHO *et al.*, 2009).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, por intermédio do Centro de Pesquisas Agroflorestais, localizado em Porto Velho - RO, iniciou em 2008, um programa para o desenvolvimento tecnológico do cultivo da pupunheira, em que se destacam as ações de melhoramento genético, com o intuito de se obter bons genótipos para a produção de frutos destinados ao consumo e, ou, com bons teores de óleo.

Uma pesquisa realizada por pesquisadores do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), num mercado do município de Manaus, revelou que a maioria das pessoas que aprecia a pupunha prefere frutos de tamanho médio e oleosos (CLEMENT & SANTOS, 2002). As preferências dos consumidores é um fator a ser considerado no desenvolvimento de variedades, mas reunir todas as características desejáveis pode ser uma tarefa complexa visto que alguns caracteres preferidos correlacionam-se negativamente.

Algumas pupunheiras têm sido investigadas como potenciais produtoras de óleo vegetal. O óleo extraído do mesocarpo da pupunha assemelha-se ao óleo extraído do mesocarpo do caiaué (*Elaeis oleifera* H.B.K.), que tem sido usado para melhorar a qualidade do óleo de dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.). Todavia, características da pupunheira como a sazonalidade, alta taxa de crescimento das plantas, que dificulta a colheita dos frutos, e a necessidade de uso de solventes para extração de óleo do mesocarpo têm limitado o seu cultivo oleaginoso (CLEMENT *et al.*, 2005).

Assim, a proposta deste trabalho foi obter informações que possam subsidiar o programa de melhoramento genético da EMBRAPA-RO, em relação a caracterização das matrizes pré-selecionadas e as associações existentes entre variáveis químicas e físicas de pupunha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Morfologia e ecologia

Segundo Henderson (2000), o gênero *Bactris* possui 73 espécies reconhecidas. Apesar de muitas serem usadas, ocasionalmente, como frutos comestíveis, nenhuma delas atinge a importância da pupunheira. Esta palmeira, que se desenvolve formando touceiras, pode atingir até 20 m de altura (CLEMENT *et al.*, 2009). O sistema radicular é fasciculado, estendendo-se até 7 m do estipe e 2 m de profundidade (CLEMENT, 2000). O diâmetro do caule varia de 15 a 30 cm e o comprimento dos entrenós de 2 a 30 cm. Os entrenós possuem numerosos espinhos rígidos e pretos, podendo existir variedades sem espinhos. O ápice do estipe exibe uma coroa de 15 a 25 folhas pinadas, com os folíolos inseridos em diferentes ângulos. As folhas tenras não expandidas, localizadas no centro da coroa, formam o palmito, um importante produto econômico (CLEMENT *et al.*, 2009).

A inflorescência é monóica, ou seja, flores masculinas e femininas se desenvolvem na mesma ráquila. A pupunheira é alógama (polinização cruzada), com possibilidade de se autopolinizar. Deste modo, pode-se considerar um sistema de reprodução mista, com predominância de fecundação cruzada (CLEMENT *et al.*, 2009).

Os frutos são drupas de formatos que variam entre globoso, ovóide ou elipsóide, com base mais ou menos plana, pesando entre 10 e 250 g. Quando maduros possuem epicarpo fibroso que pode ser de cor vermelha, laranja ou amarela. O mesocarpo varia de amiláceo a oleoso, com um endocarpo envolvendo um endosperma fibroso e oleoso (CLEMENT, 2000).

Na região de Manaus, no estado do Amazonas (Brasil), a pupunheira floresce em pleno período de estiagem, entre os meses de agosto a outubro, podendo prolongar até novembro. Durante a floração, a pupunheira é visitada por milhares de gorgulhos e outros besouros polinizadores. A frutificação ocorre durante o período de chuvas de dezembro a março, podendo

prolongar até agosto nos anos de chuvas abundantes (FERREIRA, 2005; CYMERYS & CLEMENT, 2005).

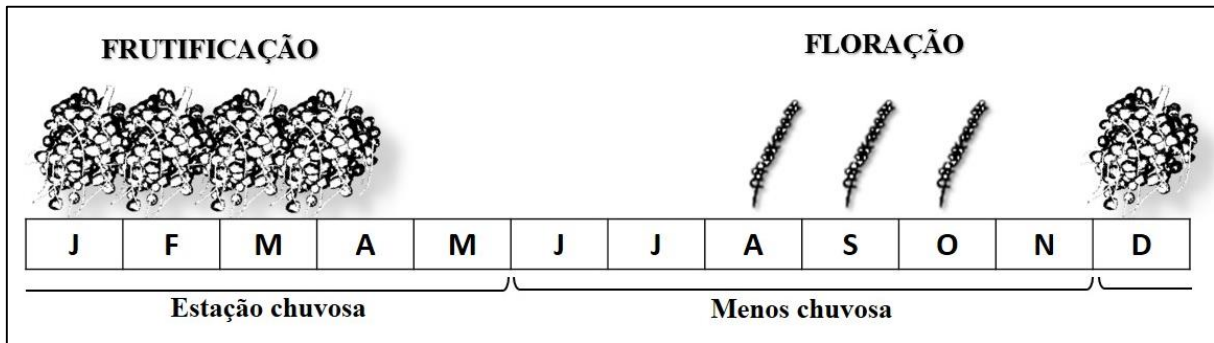


Figura 1 – Distribuição das fenofases da pupunheira (*Bactris gasipaes*) ao longo do ano e sua relação com as estações chuvosa e menos chuvosa na região de Manaus, Amazonas, Brasil.

Fonte: Adaptado de (CYMERYS & CLEMENT, 2005 e FERREIRA, 2005).

2.2 Raças e distribuição geográfica

A pupunheira apresenta ampla diversidade genética em suas populações silvestres e cultivadas que possibilitou a distinção das populações em duas variedades, *B. gasipaes* var. *chichagui* e *B. gasipaes* var. *gasipaes* (HENDERSON, 2000). A primeira é composta pelas populações silvestres com frutos muito pequenos (0,5 a 10 g), enquanto a segunda é composta pelas populações domesticadas de pupunheiras com frutos grandes (10 a 250 g).

A variedade *chichagui* está dividida em três tipos, baseando-se em caracteres morfológicos dos frutos: o *tipo 1*, composta por frutos muito pequenos; o *tipo 2*, composta por frutos muito pequenos, porém, com maior diâmetro em relação ao tipo 1; e o *tipo 3*, composta por frutos pequenos, com dimensões e peso maiores que os anteriores (HENDERSON, 2000) (Figura 2). A massa do fruto é um caráter importante para a discriminação da variedade cultivada em três categorias: *microcarpa*, *mesocarpa* e *macrocarpa* (CLEMENT *et al.*, 2009). Os membros da categoria *microcarpa*, são considerados raças primitivas com frutos pequenos

pesando de 10 a 20 g. Os membros da categoria mesocarpa são frutos médios variando de 20 a 70 g. Por sua vez, macrocarpa é uma categoria composta por plantas cujos frutos são maiores que 70 g (Tabela 1).

A pupunheira, silvestre e domesticada, está amplamente distribuída na América Latina, desde Honduras até a Bolívia, estendendo até o leste do Pará, no Brasil (Figuras 2 e 3), mostrando que esta palmeira possui grande adaptabilidade a diferentes condições ecológicas (GRAEFE *et al.*, 2013). As populações de *Bactris gasipaes* var. *gasipaes* estão classificadas em 15 raças, quando considerados os caracteres morfométricos. Quando considera-se a análise molecular, o número de raças diminui para 12, sendo que as raças Guatuso e Tuíra foram incluídas na raça Utilis, e a raça Solimões incluída na raça Putumayo (RODRIGUES *et al.*, 2004; CLEMENT *et al.*, 2010) (Figura 3).

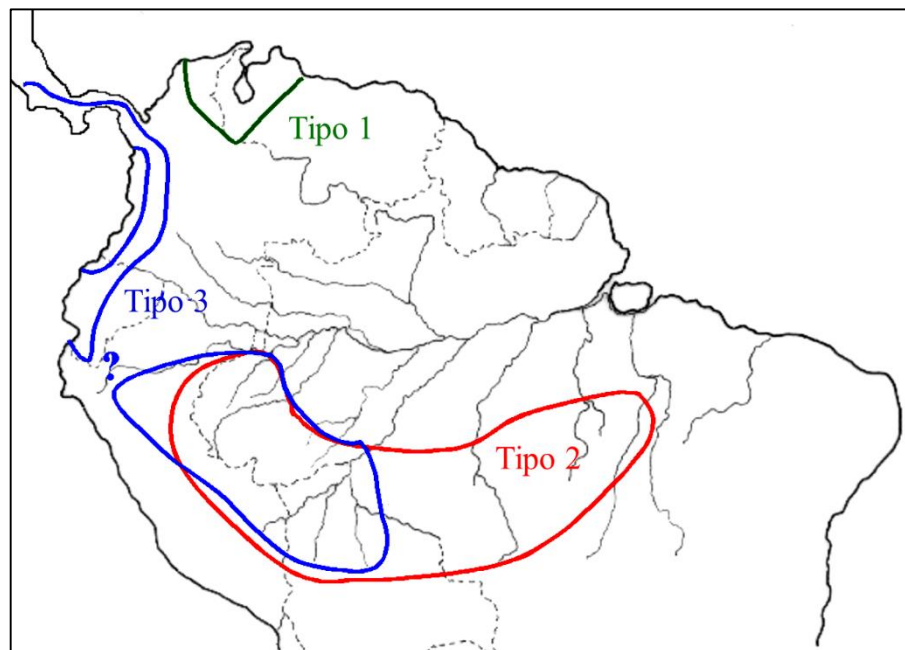


Figura 2 – Distribuição aproximada de três tipos de *Bactris gasipaes* var. *chichagui* (selvagem) nos Neotrópicos. Fonte: Adaptado de CLEMENT *et al.* (2010).

Segundo Mora Urpi *et al.* (1997), existem três raças distribuídas ao longo dos rios Solimões e Amazonas: as raças Pará, Solimões e Putumayo. A raça Pará (microcarpa) está distribuída desde o litoral norte de Pará e o Estado do Amapá, no leste, até o baixo rio Solimões e rio Negro, no oeste, incluindo todos os tributários entre estes pontos, com ênfase no rio Madeira (Figura 3). Os frutos desta raça são pequenos, com alto teor de óleo e são bastante fibrosos. A raça Solimões (mesocarpa) está distribuída desde a cidade de Coari até próximo a cidade de Fonte Boa, ao longo do rio Solimões (Figura 3). Seus frutos são de tamanho mediano e possuem quantidades medianas de óleo e amido. A raça Putumayo (macrocarpa) está distribuída desde os arredores da cidade de Fonte Boa até Iquitos, Peru e Colômbia (Figura 3). Desse modo, a pupunheira da Amazônia Ocidental apresenta frutos maiores e contém maior teor de carboidrato, enquanto aquela da Amazônia Oriental apresenta frutos menores e com maior teor de óleo.

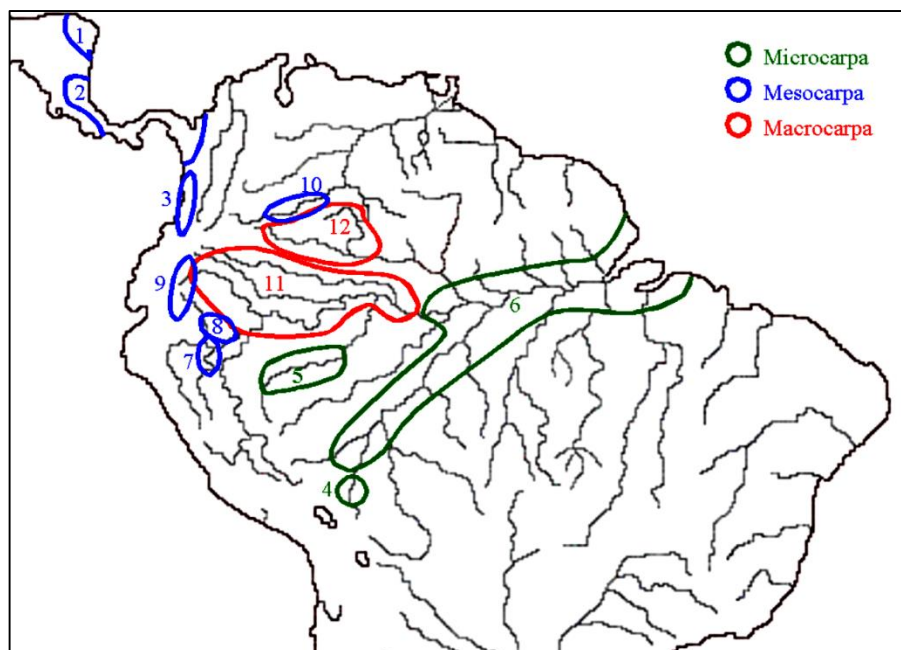


Figura 3 – Distribuição aproximada de raças de *Bactris gasipaes* var. *gasipaes*: 1. Rama, 2. Utillis (incluindo as raças Guatuso e Tuira), 3. Cauca, 4. Tembê, 5. Juruá, 6. Pará, 7. Pampa hermosa, 8. Tigre, 9. Pastaza, 10. Inirida, 11. Putumayo (incluindo a raça Solimões), 12. Vaupés (Fonte: CLEMENT *et al.*, 2010).

2.3 Potencial da pupunheira

Praticamente tudo da pupunheira pode ser aproveitado, mas os reais produtos explorados no mercado são o palmito e o fruto. O fruto é popularmente consumido na Amazônia e quase desconhecido no resto do Brasil. Quanto à produção de palmito, a pupunheira se destaca sobre as palmeiras do gênero *Euterpe* por causa de algumas vantagens adicionais, como alta taxa de crescimento, perfilhamento, rusticidade e alta sobrevivência no campo (BOVI, 1997). Inicialmente, os antigos habitantes dos Neotrópicos utilizavam desde as raízes até os frutos da pupunheira, principalmente sua madeira, preferida para a fabricação de artefatos de caça, pesca e construção (PATIÑO, 1989).

Os ameríndios, a princípio não comiam a pupunha porque, geralmente, eram pequenos e com polpa fibrosa. O fruto era preferencialmente usado na produção de bebidas fermentadas, pois o líquido podia ser coado (PATIÑO, 1989). Clement *et al.* (2009) mencionaram que pupunhas de var. *chichagui* do tipo 1 são consumidos na forma de suco no estado do Acre, enquanto em Rondônia, os frutos desta mesma categoria são cozidos e consumidos como a pupunha cultivada.

Segundo Clement & Mora Urpí (1987) Os frutos podem ser consumidos após o cozimento, sendo esta, a forma tradicional de consumo de pupunha pelas populações que vivem na Amazônia; pode ser usado para produzida farinha de pupunha, usada como ingrediente na culinária (KERR *et al.*, 1997); usado para produção de ração animal; e para a produção de óleo vegetal. Além do fruto, o palmito é um item bastante valorizado, com mercado crescente no Brasil. Cada uso do fruto depende de sua composição química.

O fruto é consumido tradicionalmente de uma única forma: depois de separados do cacho, os frutos são cozidos em água e sal e consumidos (CLEMENT, 2000). Numa entrevista

na feira de Manaus, a maioria de 30 compradores entrevistados preferia frutos médios, oleosos e vermelhos (CLEMENT & SANTOS 2002).

A farinha de pupunha é uma forma de evitar a saturação do mercado de frutos *in natura* e diversificar a demanda para o fruto (CLEMENT, 2000). Ela pode ser utilizada na fabricação de diversos produtos de panificação, como bolos, bolachas, tortas, biscoitos e pães (CARVALHO *et al.*, 2013 e KERR *et al.*, 1997).

Muitas palmeiras usadas como alimento oferecem um potencial oleaginoso. Algumas delas possuem quantidades importantes de óleo na polpa rico em ácido oléico (monoinsaturado) e/ou palmítico (saturado). As raças primitivas de pupunha são ricas em óleo e já foi visualizada como alternativa ao óleo de dendê, pois já foram encontrados alguns acessos com mesmo percentual de óleo na polpa (CLEMENT *et al.*, 2005). O óleo extraído da polpa da pupunha é considerado um bom óleo para o consumo humano, pois é rico nos dois tipos de ácidos graxos (YUYAMA *et al.* 2003). Esse óleo se assemelha ao óleo da polpa do fruto do caiaué, que é mais fluido à temperatura ambiente, por possuir maior proporção de ácidos graxos insaturados (CLEMENT *et al.*, 2005; CUNHA *et al.* 2009).

Amostras aleatórias das populações de Fonte Boa, Coari (ambos da raça Solimões) e de Benjamin Constant (raça Putumayo), ao longo do rio Solimões, foram analisadas por Clement *et al.* (1998). A população de Coari apresentou mais óleo e menos carboidratos em relação às populações de Fonte Boa e Benjamin Constant. O teor de óleo para Benjamin Constant, foi de $10,1 \pm 6,6$ %, variando entre 3,2 e 24,9; Fonte Boa, $8,8 \pm 6,1$ %, variando entre 0,3 e 18,1 %; Coari, $21 \pm 11,6$ %, variando entre 9,1 e 35,4 %. Quanto ao ácido graxo, apenas a população de apresentou menor proporção de ácido palmítico em relação ao ácido oléico.

2.4 Variabilidade genética em pupunha

A pupunheira apresenta grande variabilidade fenotípica, mais visivelmente em frutos, podendo uma mesma planta apresentar cachos que diferem no tamanho e sabor dos frutos (YUYAMA, 2005). Seus frutos variam em formato, tamanho, cor da casca (exocarpo) e da polpa (mesocarpo), composição química, textura e sabor (CLEMENT *et al.* 2009). Em geral, pupunheiras da Amazônia Ocidental apresentam frutos maiores e com maior conteúdo de carboidratos, enquanto que as pupunheiras da Amazônia Oriental apresentam frutos menores e com maior conteúdo de óleo (YUYAMA, 2005).

A variabilidade genética é indispensável para o sucesso do melhoramento genético e, no caso da pupunha, ela subsidia o uso diferenciado dos frutos na alimentação. Porém, no Brasil, mais precisamente na Amazônia brasileira, onde a pupunha é bastante conhecida, a variabilidade desse fruto torna-se um fator limitante para o aumento da demanda deste recurso nos mercados (CLEMENT *et al.* 2004).

Grande parte das pessoas que apreciam a pupunha preferem os frutos maiores, de cor vermelha e mais oleosos (CLEMENT & SANTOS 2002). No entanto, o consumidor não dispõe de frutos com as características desejadas, pois o produtor, geralmente, utiliza no plantio sementes não selecionadas, por não haver no mercado um produto de qualidade comprovada (CLEMENT *et al.* 2004).

Para van LEEUWEN, (2006), é importante o desenvolvimento de novas cultivares que associem produtividade à qualidade dos frutos para incentivar maior consumo dos frutos da pupunheira. De maneira geral, a produção de variedades oleosas e “secas” (rica em amido) e de grande produtividade poderia satisfazer produtores e consumidores de pupunha-fruto (van LEEUWEN, 2006).

2.5 O Melhoramento genético

O melhoramento de plantas vem sendo realizada desde os primórdios da agricultura. É difícil encontrar na biodiversidade um componente que possa ser usado diretamente sem a necessidade de adaptação a um processo produtivo. Nesse sentido, o melhoramento genético destaca-se por transformar um componente da biodiversidade num produto de valor econômico no mercado (CLEMENT *et al.*, 2001).

Uma das dificuldades que envolve o melhoramento de plantas perenes é o ciclo reprodutivo longo, que forçam o desenvolvimento de métodos de seleção precisos que gerem resultados em um tempo relativamente curto (RESENDE *et al.* 2001). No Brasil, plantas perenes como as palmeiras são importantes na agricultura e economia pela produção de palmito, frutos, óleo e madeira.

Segundo Cruz (2005), o melhoramento genético consiste num processo que visa aumentar a frequência de genótipos desejáveis numa população, ou estabelecer uma combinação genética favorável. Por isso, é vital para o melhoramento selecionar matrizes com bons atributos para o cruzamento de genótipos superiores, visando o desenvolvimento de novas cultivares (BORÉM & MIRANDA, 2013). Existem vários métodos de seleção que auxiliam o melhorista na escolha de boas matrizes baseados na predição de ganhos em caracteres de interesse para o mercado.

A cultura da pupunheira é atualmente uma das opções econômicas mais rentáveis aos pequenos, médios e grandes produtores. Apesar de o cultivo para palmito ser o principal motivo para o plantio em larga escala, o fruto é mais utilizado pelos habitantes da Amazônia (RESENDE *et al.* 2001). Algumas propostas sobre estratégias de melhoramento de cultivares de pupunheiras tem sido discutidas. Mora Urpí *et al.* 1997 apresentaram um ideótipo (“tipo ideal” de uma espécie em questão) da pupunha para a produção de frutos. Quanto a composição

da polpa, os autores recomendam baixa humidade da polpa (< 50 %); alto teor de proteínas (maior que 14 % da matéria seca); alto teor de carboidratos (maior que 60 % de amido); baixo teor de fibras (menor que 10 % da matéria seca); alto teor de caroteno (20-70 mg/100 g) do peso fresco; possuir sabor aceitável para os gostos da região.

No Brasil, o INPA, no final da década de 1970, planejou o melhoramento da pupunheira para o fruto visando o consumo humano, o preparo de ração para animais, o preparo de farinha e de amido e a extração de óleo. Para isso, foi prevista a criação e manutenção de um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) representando a variabilidade da espécie. No entanto, esta estratégia demandava muito tempo e continuidade de recursos e não foi executada a contento. Na década de 1980 o INPA recebeu recursos da Financiadora de Estudos e Pesquisa (FINEP) para iniciar um projeto de melhoramento de pupunheira para palmito e de fruto para o consumo humano e industrialização. Mas, no final desta década, o Brasil enfrentou dificuldades econômicas que levaram ao abandono do projeto (CLEMENT *et al.*, 2009).

A inexistência de variedades melhoradas de pupunheiras levou o INPA a reconsiderar sua estratégia para o melhoramento visando a produção de frutos. A nova estratégia baseia-se na seleção recorrente de matrizes com características superiores em áreas de produtores, seguida pela instalação de ensaios comparando as progênies dessas matrizes (CLEMENT *et al.*, 2009).

Quanto à produção de palmito, o INPA iniciou, em 1991, um programa de melhoramento com pupunheiras oriundas do Peru para produção de palmito, baseando-se na seleção de materiais com crescimento rápido, mais de quatro perfilhos perfeitos, alta frequência de palmitos com comprimento maior de 45 cm, plantas individuais sem espinhos no estipe e nos pecíolos/ráquis das folhas (KALIL FILHO *et al.*, 2010). Em seguida, estudos moleculares geraram informações importantes para orientar cruzamentos controlados entre progênies dentro

de cada população, de modo a favorecer a formação de grupos heteróticos que promovam maiores ganhos genéticos.

O Instituto Agronômico de Campinas (IAC) começou a formar um BAG com a introdução de acessos de pupunheiras provenientes do Peru, Costa Rica e da Amazônia Brasileira, na década de 1973 e em 1990 com pupunheiras sem espinhos, marcando início dos estudos para produção de palmito (CLEMENT *et al.*, 2009).

O desenvolvimento de pesquisas somando-se a adaptabilidade e precocidade da pupunheira foram importantes para o sucesso da produção industrial de palmito na atualidade, garantindo a redução de 71% da extração de palmito de palmeiras nativas entre os anos de 1990 e 2005 (CLEMENT *et al.*, 2009). Atualmente, o IAC realiza melhoramento participativo, por meio da seleção massal estratificada em propriedades e empresas produtores de palmito conveniados.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) também dispõe de recursos genéticos de pupunha das populações peruanas (raças Pampa Hermosa, Putumayo) e da Amazônia Brasileira (raça Putumayo). Diversas unidades da Embrapa iniciaram projetos de melhoramento para produção de palmito em diferentes épocas. Em 2004, os programas pontuais de melhoramento estabelecidos anteriormente em diferentes unidades da Embrapa foram unificados em um único programa. A iniciativa resultou na instalação de uma Rede de Melhoramento Genético de Pupunha, agora envolvendo todos os estados da Amazônia, o Espírito Santo e o Paraná (CLEMENT *et al.*, 2009; KALIL FILHO *et al.* 2010).

No que se refere à produção de frutos, em 2005 a Embrapa Amazônia Oriental iniciou um programa de melhoramento genético da pupunheira para a produção de frutos de qualidade. O programa adquiriu acessos promissores no nordeste do Pará e ao longo do rio Madeira, baseado na seleção de cachos com frutos médios (raça Pará), coloração avermelhada (pela

presença de altos níveis de beta-caroteno), com pouca umidade na polpa e bom rendimento de polpa (CLEMENT *et al.* 2009).

A manutenção das atividades de pesquisa ao longo dos anos necessários para o melhoramento de uma palmeira, como a pupunha, é um dos principais desafios a serem vencidos no desenvolvimento de um produto. Nos últimos anos, a Embrapa Rondônia, considerando as potencialidades da pupunheira e sua ampla variabilidade genética de seus frutos, tem buscado desenvolver componentes tecnológicos capazes de agregar valor comercial, focando no aumento da qualidade dos frutos para o mercado. Inicialmente propôs-se selecionar e caracterizar matrizes disponíveis nos mercados do município de Porto Velho cujos frutos possuíam bons atributos para alimentação.

2.6. Estudo de diversidade genética por componentes principais

O estudo de diversidade genética é importante para o programa de melhoramento genético pois permite a escolha dos genitores adequados à obtenção de populações de ampla base genética, sobre a qual se fará a seleção. Para isso, é necessária combinar ampla variação genética com alta média para o caráter de interesse (CRUZ *et al.* 2011).

Nos casos em que o pesquisador dispõe de um número elevado de variáveis, recorre-se a análise de componentes principais (ACP) que, em síntese, reescreve as coordenadas das amostras em outro sistema mais conveniente para a análise de dados. O uso dos componentes principais em estudos de divergência genética dependerá da possibilidade de resumir o conjunto original de variáveis em poucos componentes que são independentes entre si e explicam o máximo de informação em termos de variação originalmente disponível (CRUZ *et al.* 2012).

A técnica de componentes principais também tem a vantagem de avaliar a importância de cada variável estudada sobre a diferenciação dos genótipos, sendo possível o seu descarte

em estudos futuros (CRUZ & CARNEIRO, 2003). A importância desta avaliação consiste na possibilidade de descarte dos caracteres que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado, afim de evitar desperdício de tempo, esforço e de recurso na experimentação. Técnicas de estatística multivariada têm a capacidade de estudar características como um conjunto sinérgico, oferecendo um método adequado a ser aplicado em estudos de populações de pupunheiras.

Na espécie *Bactris gasipaes*, verifica-se o emprego da análise de componentes principais para caracterizá-las morfológicamente em três raças com 15 descritores morfológicos (IRIART MARTEL, *et al.*, 2003). Sudré *et al.* (2006), utilizaram métodos de agrupamento, projeção das distâncias no plano e análise discriminante de Anderson com base em variáveis multicategóricas para avaliar a divergência entre acessos de pimenta (*Capsicum spp.*). E, também, Fonseca *et al.* (2004), estabeleceram funções discriminantes de Anderson (1958), permitindo a classificação de um novo genótipo em uma das três populações em questão, a serem utilizadas em programas de melhoramento, eliminando a subjetividade do processo de agrupamento.

2.7 Estudo de relação de caracteres

A correlação simples é um parâmetro estatístico que mede o grau de associação entre duas variáveis. Segundo Ramalho *et al.* (2012) duas variáveis estão correlacionadas quando a variação em uma é acompanhada pela variação simultânea em outra. A correlação fenotípica pode ser medida diretamente a partir de dois caracteres em determinada população. Essa correlação resulta de fatores de origem genética e ambientais, mas apenas a correlação genética exibe uma associação de natureza herdável e, em geral, é devida a pleiotropia.

A pleiotropia é definida como sendo o fenômeno pelo qual um gene controla dois ou mais caracteres, sendo seu efeito de grande importância para o melhoramento genético, pois pode ser útil ou prejudicial (RAMALHO *et al.* 2012). Assim, se dois caracteres apresentam correlação genética favorável, é possível obter ganho para um deles por meio da seleção indireta do outro (CRUZ *et al.*, 2012).

Clement *et al.* (1988) estimaram os coeficientes de correlação simples entre componentes da composição centesimal de 11 plantas de progênies de pupunha. Os autores observaram a correlação altamente negativa entre o teor de óleo e o teor de carboidrato (-0,91), comprovando que as raças primitivas são ricas em óleo, enquanto as raças avançadas são ricas em amido. Outra correlação importante foi observada entre a matéria seca e o teor de óleo (0,72) que sugere que pupunhas com altos teores de óleo tendem a possuir baixos níveis de umidade na polpa, favorecendo a extração de óleo.

Nota-se que o conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente deseja-se selecionar determinado caráter como baixa herdabilidade ou mesmo problemas de medição e identificação (CRUZ *et al.*, 2012). As fases iniciais de um programa de melhoramento de plantas perenes requerem o conhecimento de tais relações, e a seleção das plantas deve considerar um conjunto de variáveis agronômicas e economicamente importantes (FERREIRA *et al.*, 2007). Desse modo, estimar as correlações entre caracteres é fundamental para subsidiar estratégias de seleção indireta de um caráter para obter ganho em outro de importância econômica (CRUZ *et al.*, 2012).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Identificar e caracterizar a partir de técnicas multivariadas matrizes de pupunha provenientes dos mercados de Porto Velho, Rondônia que disponham de atributos superiores para programa de melhoramento genético visando a produção de frutos para consumo humano.

3.2 Específicos

- ✓ Caracterizar as matrizes selecionadas nos mercados de Porto Velho, a partir de caracteres físicos e químicos de pupunha;
- ✓ Avaliar a variabilidade das matrizes selecionadas;
- ✓ Analisar a relação entre os caracteres avaliados;
- ✓ Estabelecer funções discriminantes para os tipos de pupunha (microcarpa, mesocarpa e macrocarpa) com base nos caracteres químicos e físicos dos frutos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta de dados

Neste trabalho, foram utilizados dados obtidos do Centro de Pesquisas Agroflorestais de Rondônia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPAFRO/EMBRAPA), referentes a 85 matrizes de pupunha. A seleção das matrizes promissoras ocorreu nos mercados da região de Porto Velho, Rondônia, no período de 2008 a 2009, visando à identificação de frutos de tamanho médio, com alto teor de óleo e baixo teor de fibra. A seleção ocorreu sobre um universo de 850 matrizes, indicando uma intensidade de seleção de 10%. As mudas produzidas a partir das sementes das matrizes foram utilizadas para instalação de testes de progênies visando acessar o mérito agrícola das plantas e selecionar as árvores de maior potencial para produção de frutos.

As matrizes selecionadas foram levadas ao Laboratório de Solos e Análise de Plantas, no CPAFRO/EMBRAPA, onde foram realizadas as medidas físicas e químicas dos frutos conforme os métodos analíticos da AOAC (1992). Como as matrizes foram consideradas tratamentos de efeito fixo, as inferências sobre elas só podem ser atribuídas às matrizes estudadas, não podendo ser extrapoladas à população. Seguidamente, as matrizes foram denominadas qualitativamente de 1, 2, 3, ... e 85.

4.2 Caracterização física e química

As matrizes foram caracterizadas conforme atributos físicos e químicos dos frutos. A determinação dos caracteres ocorreu em triplicata, descartando-se o valor mais distante. Para os atributos físicos, foram usados 40 a 50 frutos de cada matriz para determinar os seguintes caracteres: comprimento, diâmetro e a massa fresca dos frutos; massa das sementes; espessura

da polpa; percentual de polpa e a matéria seca, valor obtido após secagem de amostras da polpa em estufa, à temperatura de 65°C, até obter peso constante, expressa em percentual.

Após secagem, as amostras de polpa foram trituradas para a determinação da composição do material seco (MS). O teor de óleo (OL) ou teor de extrato etéreo foi determinado em 1,0 g de amostra acondicionada em papel filtro de 12,5 cm de diâmetro e colocada em balões coletores de extrator Soxhlet para a fervura em éter de petróleo por 5 horas. Os balões coletores contendo o extrato etéreo foram secos em estufa a 105°C por 2 horas, resfriados em dessecador e pesados posteriormente. O teor de extrato etéreo foi estimado pela diferença entre o peso do balão antes e depois da extração. Para a determinação do teor de fibras bruta (FIB) foram utilizadas amostras de 1,0 g de material seco desengordurado submetidas a digestões ácida e básica.

O teor de proteína bruta (PB) das amostras foi determinado indiretamente multiplicando-se pelo fator de conversão universal (6,25) o valor do nitrogênio (N) total, o qual será determinado pelo método micro-Kjeldahl. Nesse caso, o N foi transformado em sulfato de amônio por digestão da amostra com ácido sulfúrico fervente. O ácido digerido foi resfriado, diluído com água destilada e neutralizado com hidróxido de sódio. A amônia desprendida e destilada em solução de ácido bórico foi titulada com ácido clorídrico padronizado.

O teor de cinzas (CIN) foi determinado a partir de amostras de 1,0 g do material seco após queima em forno tipo mufla, a temperatura de 550°C por 3 horas. Por diferença entre o peso da amostra antes e depois de levada ao forno, foi estimado o teor de cinzas com base na MS. O teor de carboidrato (HC), basicamente amido, foi estimado indiretamente de acordo com a expressão descrita por Sniffen *et al.* (1992):

$$HC = 100 - (OL + FIB + PROT + CIN)$$

4.3 Análise dos dados

Os frutos partenocárpicos foram desconsiderados do conjunto de dados, restando 83 matrizes (cachos) a serem avaliadas. Foram estimadas medidas de posição e de variação dos caracteres mensurados. Considerando a forte correlação entre a massa dos frutos e os teores de óleo e de amido, os dados foram organizados em um histograma de frequência das massas dos frutos frescos em g, em nove intervalos (< 10g, 10 a 20g, 20 a 30g, 30 a 40g, 40 a 50g, 50 a 60g, 60 a 70g, 70 a 80g e 80g <) para determinar a proporção de frutos microcarpa, mesocarpa e macrocarpa presentes na amostra.

4.4 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais serviu para detectar a variabilidade dos materiais genéticos considerando a classificação em microcarpa, mesocarpa e macrocarpa.

Inicialmente, a matriz de dados originais foi padronizada para minimizar os efeitos das diferentes escalas de mensuração. Os escores dos componentes principais foram utilizados para representar a dispersão gráfica dos genótipos estudados em três eixos cartesianos, representando mais de 80% da variação total.

A identificação de caracteres de menor importância baseou-se na seleção dos últimos autovetores associados a autovalores da matriz de correlação inferiores a 0,7 (em valor absoluto). Por sua vez, foram consideradas como caracteres de maior importância aqueles com maiores pesos nos primeiros autovetores quando o autovalor explica no mínimo 80% da variação.

4.5 Estimativa de correlações de Pearson

Para quantificar grau de associação entre as características avaliadas foram estimados os coeficientes de correlação (Pearson) fenotípica utilizando a expressão:

$$r_{xy} = \frac{COV_{(x,y)}}{\sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2}}$$

em que,

r_{xy} é o coeficiente de correlação simples entre as características x e y;

$COV_{(x,y)}$ é a covariância entre as características x e y;

σ_x^2 é a variância fenotípica da característica x;

σ_y^2 é a variância fenotípica da característica y.

As estimativas de correlação foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

4.6 Funções discriminantes

Para avaliar a capacidade de discriminação das características foi aplicada a análise discriminante pelo método de Anderson (1958) considerando-se as informações de matrizes previamente classificadas em seus morfotipos (microcarpa, mesocarpa e macrocarpa) com base na classificação da massa dos frutos. A partir do conjunto de dados, foram geradas funções, que consistem em combinações lineares dos caracteres avaliados, com o objetivo de promover melhor discriminação entre as matrizes. Para estabelecer as funções discriminantes de Anderson, foram consideradas as populações π_1 , π_2 e π_3 (microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, respectivamente). Considerando a homogeneidade das matrizes de covariâncias, as funções discriminantes foram obtidas de acordo com a expressão:

$$D_j(\tilde{x}) = \ln(p_j) + \left(\tilde{x} - \frac{1}{2}\mu_j \right)' \Sigma^{-1} \mu_j$$

em que,

$D_j(\tilde{x})$ - escore de classificação da j -ésima população;

Σ^{-1} - inversa da matriz de variâncias e covariâncias entre os caracteres avaliados em π_1 , π_2 e π_3 ;

$\tilde{x}$ - vetor de variáveis representativas dos caracteres envolvidos na análise;

μ_j - vetor de médias dos caracteres avaliadas em π_1 , π_2 e π_3 ;

p_j - probabilidade *a priori*, de os indivíduos pertencerem a população π_1 , π_2 e π_3 ($p_1=58\%$, $p_2=32\%$ e $p_3=10\%$, respectivamente).

De forma genérica, neste estudo foi utilizado a seguinte expressão:

$$D_j(\tilde{x}) = c_j + \alpha_{j1}x_1 + \alpha_{j2}x_2 + \dots + \alpha_{jv}x_v$$

em que,

$c_j = \ln(p_j) - \frac{1}{2}\mu_j^T \Sigma^{-1} \mu_j$: constante associada à função discriminante;

α_{jk} : coeficiente de ponderação do k -ésimo caráter avaliado ($k=1, 2, \dots, 12$) na j -ésima função discriminante;

x_k : valor representativo do escore do k -ésimo caráter da observação que se deseja classificar em uma das populações π_1 , π_2 e π_3 .

A classificação do material genético com vetor de média $\tilde{x}_i$ em uma determinada população (π_1 , π_2 e π_3) foi considerada pelo maior valor de $D_j(\tilde{x}_i)$ entre os elementos do conjunto $\{D_1(\tilde{x}_i), D_2(\tilde{x}_i), D_3(\tilde{x}_i)\}$. A eficiência das funções discriminantes em classificar as categorias corretamente foi calculada pela taxa de erro aparente (TEA), conforme a expressão:

$$TEA = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n m_j$$

em que,

m_j : número de observações erradas na população π_j ;

N : número total de classificações.

Foi realizado o teste de multicolinearidade para identificação e descarte de variáveis muito correlacionadas, cuja utilização poderia comprometer os resultados da análise discriminante.

Todas as análises foram realizadas utilizando o aplicativo computacional em genética e estatística denominado “Programa GENES” (CRUZ, 2006).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição dos dados

As dimensões comprimento e diâmetro dos frutos férteis (36,0 e 33,3 mm.fruto⁻¹, respectivamente) e a massa fresca (28,2 g.fruto⁻¹) se encaixam na descrição de frutos de pupunheira cultivada feita por Mora Urpí *et al.* (1997) (Tabela 1). A amplitude do comprimento dos frutos variou de 20,5 a 62,2 mm, o diâmetro de 18,4 a 63,1 mm e a massa dos frutos, de 3,8 a 113,9 g. Variação menor foi observada por Carvalho *et al.* (2013) em pupunhas coletadas no Estado do Pará: 29,7 a 52,3 mm de comprimento, 24,2 a 49,1 mm de diâmetro e 16,1 a 39,2 g de massa dos frutos.

Tabela 1 – Medidas de posição e dispersão de caracteres físicos e químicos de frutos férteis de pupunheiras provenientes do mercado de Porto velho, Rondônia.

Caracteres	Média ± DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
Comprimento do fruto (mm)	36,07 ± 10,33	20.46	62.17	28.624
Diâmetro do fruto (mm)	33,26 ± 9,85	18.43	63.1	29.6223
Espessura da polpa (mm)	8,65 ± 3,74	3.32	18.68	43.2755
Massa do fruto (g)	28,17 ± 25,01	3.8	113.9	88.7826
Massa da semente (g)	2,77 ± 1,24	1.03	7.29	44.5712
Polpa (%)	85,14 ± 7,53	64.3	96.6	8.844
Matéria seca (%)	54,66 ± 7,98	35.34	71.2	14.6041
Óleo (%)*	30,20 ± 16,29	4	65.4	53.9293
Fibras (%)*	3,96 ± 1,41	1.86	9.48	35.4731
Cinzas (%)*	1,52 ± 0,48	0.67	3.17	31.7216
Proteínas (%)*	6,08 ± 1,35	3.98	9.84	22.2329
Carboidratos (%)*	58,24 ± 17,83	13.75	87.3	30.6113

* - Teores estimados a partir da matéria seca; DP - desvio padrão; CV - coeficiente de variação.

Os frutos de pupunheiras coletadas nas feiras livres de Belém, no Estado do Pará, avaliadas por Ferreira & Pena (2003) apresentaram menor tamanho que as pupunhas deste estudo (31 mm.fruto⁻¹ de comprimento) mas a massa dos frutos foi semelhante, 30,6 g. fruto⁻¹. Em 2010, Cornelius e colaboradores relataram frutos bem maiores na Amazônia Peruana (raça

Pampa Hermosa) com dimensões de 46 e 39 mm.fruto⁻¹ para comprimento e diâmetro, respectivamente, pesando 42,1 g.fruto⁻¹.

Características físicas da pupunha apresentam grande potencial para quantificar a divergência genética entre matrizes (CARVALHO *et al.*, 2013). Clement *et al.* (2009) afirmaram que o tamanho dos frutos é discriminante com as categorias denominadas microcarpa (10 a 20g), mesocarpa (20 a 70g) e macrocarpa (maiores que 70g). Os autores supõem, ainda, que o tamanho (e, ou massa) é reflexo do grau de domesticação da planta. Assim, pôde-se classificar os materiais avaliados dentro das categorias microcarpa (43 matrizes), mesocarpa (32 matrizes) e macrocarpa (8 matrizes) (Figura 4).

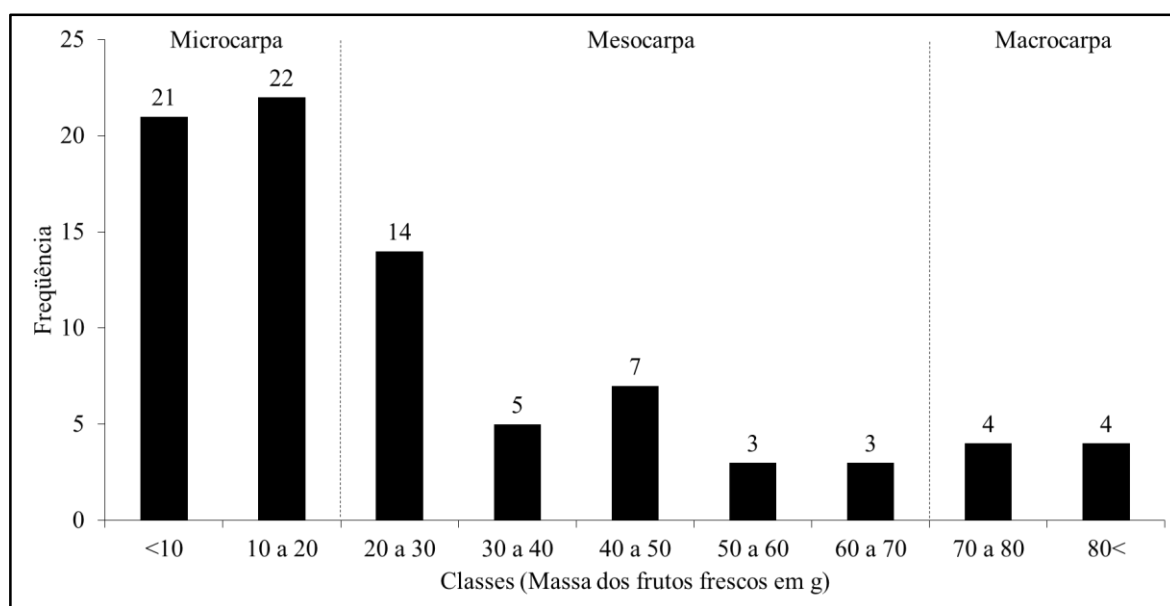


Figura 4 – Histograma de frequências das massas frescas (g) de pupunhas coletadas no mercado de Porto Velho, Rondônia distribuídas em nove classes.

O maior coeficiente de variação observado foi da massa dos frutos (88,8%), comprovando o grau de variação deste caráter e sua importância na discriminação dos frutos (Tabela 1). Entende-se que na região de Porto Velho, além das populações nativas também existem materiais introduzidos de outras regiões da Amazônia (Brasil e exterior), caracterizando uma mistura de materiais de diferentes procedências. Mesmo assim, o

histograma de frequência da massa fresca dos frutos férteis indicou maior número de frutos pesando até 20g, pertencentes à categoria microcarpa.

A média da espessura da polpa foi 8,7 mm, variando de 3,3 a 18,7 mm. Este caráter está relacionado com o diâmetro do fruto, pois pupunhas com espessura de polpa elevadas evidentemente vem de frutos com maior diâmetro. A massa das sementes variou de 1,0 a 7,3 g e a média foi de 2,8 g.semente⁻¹ (Tabela 1). A importância deste caráter está associada a maior precocidade de germinação e de desenvolvimento de plântulas (KALIL FILHO & STURION, 2003).

A percentagem de polpa variou de 64,3% a 96,6%, com média de 85,1% por fruto (Tabela 1). Clement (2006) observou populações no Estado do Acre com média de polpa de 60 a 80%, enquanto Clement *et al.* (1998), observando amostras de três populações de pupunha ao longo do Rio Solimões no Estado do Amazonas, relataram porcentagens de polpa superiores a 90%, sendo que o maior foi observado na população de Benjamin Constant, da raça “macrocarpa”.

Os valores de matéria seca também foram apresentados em porcentagem. A média observada neste estudo foi de 54,6% de matéria seca na polpa dos frutos (Tabela 1). Clement *et al.* (1998) observaram valores similares nas populações de Benjamin Constant e Coari, ao longo do Rio Solimões (51,5 e 57,3%, respectivamente). Yuyama *et al.* (2003) ao avaliar a composição química dos mesocarpos de híbridos das raças Pampa Hermosa e Pará, também observaram valores médios de matéria seca inferiores aos deste estudo (média geral, 47%). Carvalho *et al.* (2013) encontrou valores mínimo e máximo de umidade que correspondem a 34,6 e 56,1% de matéria seca.

A composição centesimal do mesocarpo dos frutos foi determinada a partir de amostras da matéria seca. O teor de óleo apresentou variabilidade expressiva nos frutos, de 4,0 a 65,4%, com média de 30,2%. Clement *et al.* (1998) encontraram matrizes com média de 21% de óleo

no mesocarpo em populações de Coari. No Estado do Pará, Carvalho *et al.* (2013) apresentam teores de óleo próximos aos deste estudo, mas com menor amplitude, de 8,25 a 40,83% de óleo. Segundo Clement & Santos (2002) a maioria dos apreciadores de pupunha preferem frutos com teores de óleo de médio a alto. Esta informação é relevante no processo de obtenção de cultivares cujos frutos agradem o paladar do consumidor.

A média do teor de fibras da matéria seca foi de quase 4% (Tabela 1), variando de 1,9 a 9,5%. Os teores de fibra encontrados por Clement *et al.* (1998) ao longo do rio Solimões variaram de 7,6% a 37,2%. Recentemente, Carvalho *et al.* (2013) observaram variação de 0,87 a 3,4% de fibras da matéria seca de pupunhas no Pará. O teor de cinzas da matéria seca apresentou média de 1,5% (Tabela 1), variando de 0,7 a 3,2%. Clement *et al.* (1998) apresentaram valores semelhantes ao deste estudo, cerca de 1,4%. Yuyama *et al.* (2003) encontraram valores ainda menores, 0,6%. Já Carvalho *et al.* (2013) apresentaram variação de 1,08 a 2,54%. Segundo Larcher (2006), o teor de cinzas pode ser determinado pela oferta de nutrientes do local. A avaliação desta característica pode indicar deficiência nutricional ou adubação incorreta em plantas cultivadas.

Em relação aos teores de proteínas, foi observada média de 6,0% (Tabela 1), variando de 4,0 a 9,8%. Clement *et al.* (1998) apresentou teores que variaram de 3 a 13%. Já Yuyama *et al.* (2003) apresentam valores que variam de 1,8 a 2,7%. Carvalho *et al.* (2013) apresentaram teores proteicos semelhantes aos deste estudo, variando de 4,2 a 6,8%. O teor de carboidratos (amido) apresentou média de 58,2% (Tabela 1), com amplitude de 13,8 a 87,3%. Comparativamente, os teores de amido observados por Clement *et al.* (1998) variam de 37 a 83%. As discordâncias observadas na comparação dos resultados deste com os de outros estudos podem ser atribuídas ao fato de os autores citados terem trabalhado com populações provenientes de regiões geográficas distintas e, portanto, este tipo de variação é esperado.

5.2 Variabilidade

Segundo Mora-Urpí *et al.* (1997) e Clement *et al.* (2009), a variabilidade em frutos de pupunheira pode ocorrer em características de importância econômica, tais como o tamanho e formato do fruto, cor do exocarpo e do mesocarpo, composição química, textura, sabor e aroma. Essa variabilidade é fundamental para o sucesso do melhoramento genético para qualquer caráter de interesse (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Na análise de componentes principais, verifica-se que foram necessários três componentes CP1, CP2 e CP3, para explicar o mínimo de 87,94% das variâncias dos caracteres (Tabela 2). Esse resultado é considerado muito bom, visto que, segundo Cruz *et al.* (2012), variações totais acima de 80% com os dois ou três componentes principais possibilitam a análise de genótipos, neste caso matrizes, utilizando gráficos de dispersão.

Tabela 2 – Estimativas de autovalores obtidos da matriz de correlação entre os caracteres físicos e químicos de pupunhas coletadas no mercado de Porto Velho, Rondônia.

Componentes da variância	Componentes principais		
	1	2	3
Autovalor	7.640	1.866	1.047
Varição (%)	63.664	15.550	8.727
Varição Acumulada (%)	63.664	79.214	87.941
Caracteres	Correlação com os componentes principais		
	1	2	3
Comprimento do fruto	-0.343	0.047	0.179
Diâmetro do fruto	-0.346	0.001	0.256
Espessura da polpa	-0.348	0.011	0.151
Massa do fruto	-0.333	0.047	0.309
Massa da semente	-0.270	0.082	0.484
Polpa	-0.328	-0.061	-0.111
Matéria seca	0.212	-0.523	0.189
Óleo	0.303	-0.065	0.441
Fibra	0.262	0.400	0.077
Cinza	-0.028	0.648	-0.144
Proteína	0.217	0.356	0.314
Carboidratos	-0.312	-0.016	-0.428

Iriarte Martel *et al.* (2003) aplicaram análise de componentes principais em 15 descritores morfológicos de pupunheiras. Eles verificaram que os componentes 1 e 2 explicaram apenas 59,2% da variância original dos descritores. Mesmo assim, a dispersão no plano bidimensional possibilitou a discriminação de plantas provenientes de 16 populações em três raças, Pará, Solimões e Putumayo.

Neste estudo, a dispersão gráfica possibilitou a formação subjetiva de quatro grupos. Os grupos I, III e IV, formados por pupunhas classificadas anteriormente nas categorias microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, respectivamente (Figura 5). O grupo II é formado por alguns representantes das categorias micro e mesocarpa, e foram bastante similares, indicando dificuldade de inferir dissimilaridade entre essas categorias pela dispersão gráfica dos componentes principais e a necessidade de estabelecer funções discriminantes sobre este grupo.

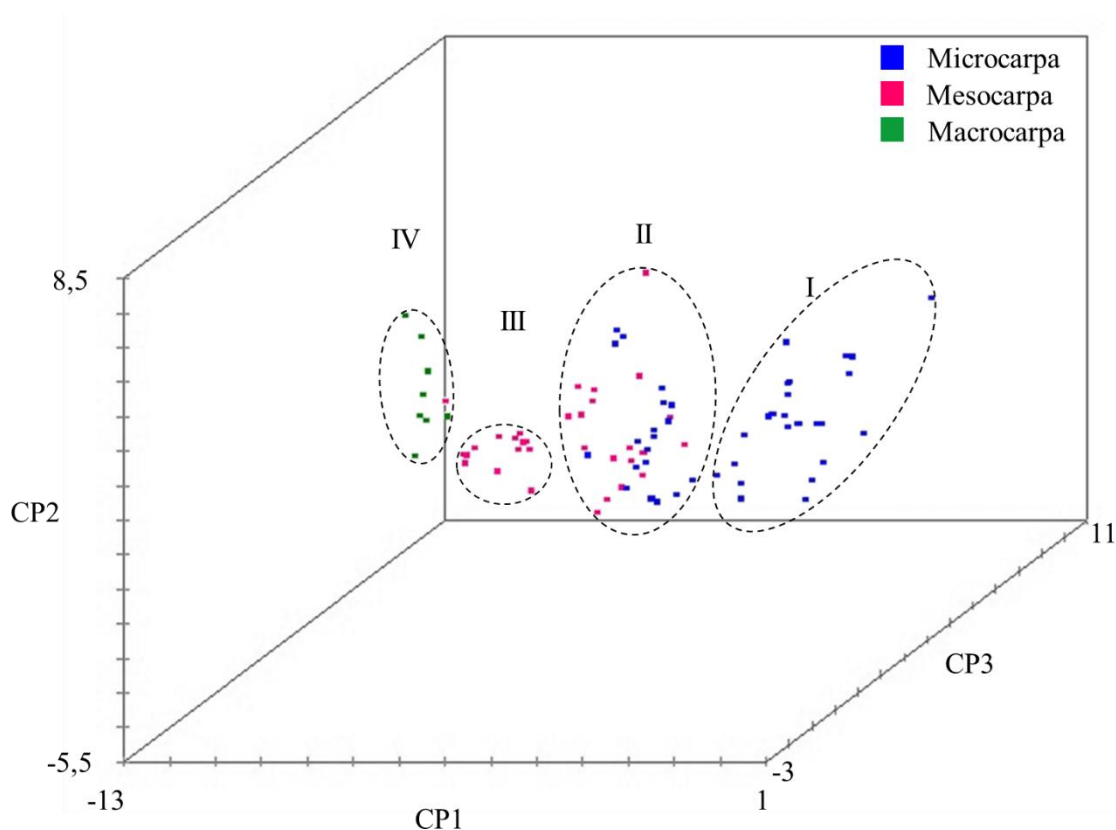


Figura 5 - Dispersão gráfica das oitenta e três matrizes de pupunha em relação aos três primeiros componentes principais estabelecidos pela combinação linear de doze características bromatológicas.

Uma das vantagens da técnica de componentes principais, é a possibilidade de avaliar a importância de cada caráter estudado sobre a variação total disponível num determinado grupo avaliado. Tal interesse consiste em descartar caracteres de menor importância para a discriminação do material de estudo, resultando em menores prejuízos em tempo e custos na experimentação (CRUZ *et al.*, 2012).

O primeiro componente principal explicou 63,66% da variabilidade total dos dados e os caracteres físicos tiveram os maiores pesos (negativo) na sua constituição (Tabela 2). Em ordem decrescente, “espessura da polpa”, “diâmetro e comprimento do fruto”, “massa do fruto fresco”, “porcentagem de polpa”, “massa da semente” e “matéria seca” (Tabela 2). Ou seja, como entre os valores mais altos obtidos (positivos e, ou negativos) estão os caracteres físicos dos frutos, o primeiro componente principal explicou e diferenciou as matrizes avaliadas em função destes caracteres. Este resultado confirma a sugestão de Clement *et al.* (2009) de que o tamanho dos frutos é altamente discriminante para as categorias micro, meso e macrocarpa. Entre os caracteres químicos, os caracteres teor de óleo e teor de carboidratos obtiveram os maiores valores.

Observa-se que no segundo componente principal, a composição centesimal da matéria seca dos frutos obtiveram os maiores pesos (Tabela 2). O segundo componente principal explicou 15,6% da variabilidade dos dados e os valores mais altos (positivos e/ou negativos) foram obtidos com as variáveis “teor de cinzas”, “matéria seca” e “teor de fibras”. Por sua vez, o terceiro componente principal explicou apenas 8,7% da variação dos dados, em que a “massa da semente” e os “teores de óleo e de carboidratos” foram os caracteres de maior peso.

Por meio dos resultados, é possível observar que o tamanho dos frutos, a porcentagem de polpa, e os teores de óleo e de carboidratos são de maior importância na distinção dos materiais, podendo-se concentrar maiores esforços na avaliação das mesmas.

5.3 Estimativas de correlação

O estudo de correlação é de grande importância para o melhoramento genético, pois permite o estabelecimento da viabilidade de realizar a seleção através de caracteres facilmente mensuráveis quando este possuir correlação com outro(s), principalmente se o caráter de interesse apresentar problemas de identificação, mensuração ou, ainda, herdabilidade baixa.

As estimativas dos coeficientes de correlação linear entre os caracteres comprimento (CF), diâmetro (DF) e massa do fruto (MF), massa da semente (SEM), espessura da polpa (ESP) e porcentagem de polpa (POLP) apresentaram magnitudes elevadas, superiores a 0,71 (Tabela 3). Deste grupo, apenas a correlação entre porcentagem de polpa e a massa da semente foi inferior ($r=0,51$).

O coeficiente de determinação (r^2) é uma medida associada ao coeficiente de correlação linear amostral, que explica a variação de um caráter que é explicada pela correlação com outro caráter (FERREIRA, 2009). Neste estudo, considerando o tamanho amostral $n=2$, a maioria dos coeficientes de correlação entre os caracteres físicos são relevantes, pois apresentam coeficiente de determinação $r^2>50\%$.

Quanto à composição da polpa, os caracteres teor de óleo e teor de carboidratos apresentaram coeficiente de correlação de magnitude muito elevada ($r=-0,99$), conforme a tabela 3. Considerando o coeficiente de determinação ($r^2=0,98$), pode-se afirmar que grande parte da variação do teor de óleo pode ser explicada pela correlação com o teor de carboidrato, e vice-versa. Este resultado adicionado à correlação negativa entre o teor de óleo e a porcentagem de polpa ($r=-0,75$) confirmam que raças primitivas são mais ricas em óleo, enquanto as raças mais avançadas, com frutos de maior tamanho, são mais ricas em amido, conforme Clement *et al.* (1988) e Leterme *et al.*, (2005). Óleo e carboidratos são os principais componentes da polpa dos frutos de pupunha, visto que, juntos representam aproximadamente 90% da matéria seca (LETERME *et al.*, 2005).

Tabela 3 - Estimativas de correlação fenotípica (Pearson) entre características físicas e químicas de frutos de pupunheira oriundos do mercado de Porto Velho, Rondônia.

Caráter	CF	DF	ESP	MF	SEM	POLP	MS	OL	FIB	CIN	PROT
DF	0,94**										
ESP	0,97**	0,96**									
MF	0,93**	0,97**	0,95**								
SEM	0,76**	0,80**	0,70**	0,82**							
POLP	0,86**	0,84**	0,90**	0,77**	0,51**						
MS	-0,55**	-0,51**	-0,52**	-0,51**	-0,44**	-0,49**					
OL	-0,71**	-0,67**	-0,71**	-0,64**	-0,46**	-0,75**	0,63**				
FIB	-0,61**	-0,67**	-0,66**	-0,59**	-0,44**	-0,70**	0,07 ^{ns}	0,56**			
CIN	0,09 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,63**	-0,13 ^{ns}	0,35**		
PROT	-0,46**	-0,50**	-0,50**	-0,43**	-0,29**	-0,59**	0,06 ^{ns}	0,50**	0,67**	0,21 ^{ns}	
HC	0,73**	0,70**	0,74**	0,66**	0,47**	0,78**	-0,57**	-0,99**	-0,65**	0,05 ^{ns}	-0,60**

** (P<0,01), pelo teste t; ^{ns} Correlação não significativa; CF: comprimento do fruto; DF: diâmetro do fruto; ESP: espessura da polpa; MF: massa fresca do fruto; SEM: massa da semente; POLP: porcentagem de polpa; MS: matéria seca da polpa; OL: teor de óleo da polpa; FIB: teor de fibra da polpa; CIN: teor de cinza da polpa; PROT: teor de proteína da polpa e HC: teor de carboidrato da polpa.

Verificou-se que a correlação simples estimada entre o teor de carboidratos e as características matéria seca, teor de fibra e teor de proteína foi mediana e negativa, variando entre -0,56 e -0,66 (Tabela 3). Segundo Clement *et al.* (2009), a maneira mais fácil de induzir a planta a produzir frutos de maior tamanho é via acumulação de amido. Deste modo, o aumento do teor de amido no mesocarpo foi consequência da seleção para frutos maiores.

A correlação simples estimada entre o teor de óleo e os caracteres matéria seca, teor de fibra e teor de proteína foram moderadas e positivas, cujos coeficientes variaram entre 0,52 e 0,62 (Tabela 3). Verifica-se que em caso de seleção indireta para uma destas características pode favorecer o aumento do teor de óleo nos frutos. A correlação estimada entre o teor de óleo e a matéria seca (0,62) sugere que pupunhas com altos teores de óleo podem conter baixos níveis de água, cujo fator é importante para a extração de óleo vegetal (CLEMENT *et al.*, 1988).

5.4 Análise discriminante

A análise discriminante visa estabelecer funções que permitam discriminar um conjunto de genótipos distribuídos previamente em grupos conhecidos (CRUZ & CARNEIRO, 2003). Neste estudo, procurou-se verificar a adequação da formação de três categorias de pupunhas, considerando os 12 caracteres avaliados. Para tanto, foi admitida a probabilidade *a priori* de 52, 38 e 10% de uma observação pertencer, respectivamente, às populações π_1 (microcarpa), π_2 (mesocarpa) e π_3 (macrocarpa).

A análise discriminante de Anderson (1958) permitiu a obtenção de três funções utilizando-se os dados das categorias π_1 , π_2 e π_3 , conforme descrito:

$$D_1(\tilde{x}) = -596,352 - 0,206.MF + 8,159.POLP + 5,636.MS - 0,270.OL + 17,969.FIB + 36,934.CIN + 12,725.PROT$$

$$D_2(\tilde{x}) = -607,725 - 0,218.MF + 8,350.POLP + 5,572.MS - 0,242.OL + 17,565.FIB + 36,347.CIN + 12,782.PROT$$

$$D_3(\tilde{x}) = -585,968 - 0,071.MF + 8,031.POLP + 5,529.MS - 0,254.OL + 17,930.FIB + 36,174.CIN + 12,569.PROT$$

Observa-se que cada função discriminante é uma combinação linear de 7 caracteres: massa do fruto fresco (MF), porcentagem de polpa (POLP), matéria seca (MS), teores de óleo (OL), fibra (FIB), cinza (CIN) e proteína (PROT). Os caracteres comprimento (CF) e diâmetro (DF) do fruto, espessura de polpa (ESP) e teor de carboidrato (HC), não foram utilizadas nesta etapa do trabalho, por apresentarem forte correlação com outros caracteres já consideradas, contribuindo para a existência de multicolinearidade forte, comprometendo assim os resultados da análise, conforme Fonseca (1999).

Pelo critério de classificação de Anderson (1958), classifica-se o *i*-ésimo genótipo com vetor de média X_i na categoria π_j ($j = 1, 2$ ou 3) se, e somente se, $D_j(\tilde{x}_i)$ for o maior entre os elementos do conjunto $\{D_1(\tilde{x}_i), D_2(\tilde{x}_i), D_3(\tilde{x}_i)\}$. Assim, um determinado genótipo foi

classificado como mais adequadamente enquadrado na categoria 1, no caso de a função $D_1(\tilde{x})$ apresentar o maior valor entre as três funções obtidas, e assim sucessivamente.

Verificou-se que o método de discriminação de Anderson (1958) agrupou adequadamente a maioria das matrizes conforme a classificação prévia, exceto nove matrizes que foram realocadas em categorias (grupos) diferentes (Tabela 4). A exemplo da matriz 5, os valores discriminantes para os grupos $D_1(\tilde{x}_i)$, $D_2(\tilde{x}_i)$, $D_3(\tilde{x}_i)$ (microcarpa, mesocarpa e macrocarpa, respectivamente) foram de 586,226; 586,432; e 580,377, respectivamente. Dentre estes valores, o maior é aquele correspondente ao grupo 2, mesocarpa.

A mesma sentença ocorreu com as matrizes 29, 41, 48 e 73 classificadas anteriormente no grupo microcarpa, baseando-se apenas no caráter massa do fruto, foi realocado para o grupo mesocarpa, considerando-se a combinação linear dos 7 caracteres avaliados, mencionados anteriormente. As matrizes 6 e 40, anteriormente classificadas como mesocarpa foram realocadas para o microcarpa; e as matrizes 18 e 49, antes classificadas como macrocarpa foram realocadas para o grupo mesocarpa (Tabela 4).

Tabela 4 – Valor discriminante e classificação das matrizes de pupunha, nas categorias microcarpa (1), mesocarpa (2) e macrocarpa (3), a partir de funções discriminantes estabelecidas pela combinação linear de sete caracteres bromatológicos.

Matrizes	Classificação original	$D_1(\tilde{x})$	$D_2(\tilde{x})$	$D_3(\tilde{x})$	Classificação obtida
5*	1	586,226	586,432	580,377	2
8	1	570,477	570,117	564,194	1
11	1	569,053	567,427	563,220	1
13	1	644,445	643,538	636,923	1
17	1	579,988	579,342	573,684	1
19	1	703,487	701,806	695,621	1
20	1	603,403	601,449	597,270	1
22	1	590,367	589,993	585,249	1
23	1	588,892	587,094	581,797	1
24	1	566,760	564,353	560,165	1
28	1	624,548	623,693	618,147	1
29*	1	558,372	558,626	552,569	2
32	1	568,050	567,491	561,415	1
38	1	581,492	580,539	575,522	1
39	1	553,787	551,469	547,750	1

Tabela 4 – Continuação...

41*	1	637,025	637,147	630,021	2
42	1	607,067	606,448	600,852	1
44	1	540,884	538,073	535,331	1
45	1	616,841	616,264	610,099	1
47	1	644,832	644,413	638,505	1
48*	1	609,409	610,080	603,191	2
51	1	583,297	579,981	576,997	1
53	1	653,635	652,717	647,646	1
54	1	580,804	578,040	573,729	1
55	1	547,636	545,226	541,550	1
56	1	598,461	596,358	592,231	1
60	1	586,483	584,210	579,971	1
64	1	579,785	579,061	574,343	1
68	1	627,396	626,574	620,552	1
69	1	664,921	662,845	658,340	1
71	1	592,135	590,343	585,690	1
72	1	598,532	596,735	591,578	1
73*	1	655,497	656,266	648,554	2
74	1	566,213	564,978	559,943	1
75	1	588,087	586,674	581,199	1
76	1	624,978	620,786	619,041	1
77	1	632,044	629,240	624,369	1
78	1	516,761	513,082	511,145	1
79	1	562,679	560,671	556,408	1
80	1	557,937	557,069	552,776	1
81	1	602,151	599,198	595,651	1
82	1	561,271	560,013	554,970	1
83	1	552,844	551,400	546,573	1
2	2	569,650	569,856	565,029	2
3	2	599,998	600,620	594,318	2
4	2	605,413	606,788	601,132	2
6*	2	514,721	513,075	510,570	1
7	2	583,075	583,422	577,893	2
9	2	603,543	604,929	600,786	2
10	2	614,667	615,108	608,871	2
12	2	654,356	654,674	649,527	2
14	2	612,859	613,214	608,215	2
15	2	608,921	610,604	606,036	2
16	2	604,236	605,749	602,118	2
21	2	576,665	577,534	573,188	2
26	2	644,486	645,793	638,384	2
27	2	620,385	621,887	614,631	2
30	2	591,534	592,714	587,118	2
31	2	591,730	592,836	591,212	2
33	2	623,164	624,360	619,352	2

Tabela 4 – Continuação...

34	2	580,879	581,891	578,691	2
35	2	643,490	645,018	641,098	2
40*	2	593,158	593,140	589,026	1
43	2	585,553	586,896	582,362	2
46	2	608,145	608,258	602,842	2
50	2	613,269	613,905	607,447	2
52	2	583,116	584,113	582,451	2
59	2	633,060	634,811	631,723	2
61	2	623,947	624,566	623,590	2
62	2	624,521	625,244	624,881	2
63	2	563,433	564,278	558,808	2
65	2	628,195	628,625	624,489	2
66	2	581,594	582,487	578,534	2
67	2	660,243	661,359	653,890	2
70	2	612,075	612,316	608,024	2
1	3	544,288	545,455	546,018	3
18*	3	566,622	568,517	568,277	2
25	3	536,428	538,059	538,849	3
36	3	597,745	599,002	600,793	3
37	3	623,922	624,874	626,441	3
49*	3	585,052	586,563	586,018	2
57	3	601,219	601,960	606,898	3
58	3	569,741	570,582	576,321	3

* Matrizes alocadas em categorias diferentes da classificação original.

Como se trata da classificação de matrizes em que já se conhece previamente o grupo ao qual pertence, foi possível avaliar a adequação das funções discriminantes obtidas. Neste caso, das 43 matrizes classificadas originalmente como microcarpa, 5 (11,63%) foram reagrupadas à categoria mesocarpa; das 32 observações classificadas originalmente como mesocarpa, 2 (6,25%) foram alocadas na categoria microcarpa; e das 8 observações agrupadas originalmente como macrocarpa, 2 (25%) pertencem à categoria mesocarpa. Deste modo, houve um total de 74 acertos e 9 erros, acarretando numa taxa de erro aparente de 10,84% (Tabela 5).

Embora a taxa de erro aparente seja considerada baixa, para a classificação dos materiais, é interessante refazer a estimativa das funções discriminantes, uma vez que é recomendável incluir as matrizes 5, 6, 18, 29, 40, 41, 48, 49 e 73 nas suas devidas categorias,

ou ainda, eliminá-las da população de referência para garantir uma taxa de erro aparente nula, resultando em novas funções discriminantes de maior consistência estatística para a discriminação de genótipos de comportamento desconhecido. À semelhança de Fonseca *et al.* (2004), que ao avaliar a adequação da composição de três variedades clonais de café (*Coffea canéfora*) optou em realocar dois genótipos conforme recomendado pela análise discriminante.

Tabela 5 – Classificação correta e incorreta de três categorias de pupunha a partir da análise discriminante de Anderson, considerando sete caracteres bromatológicos.

Categorias	Classificação (%)			Total de observações	Acertos	Erros
	Microcarpa	Mesocarpa	Macrocarpa			
Microcarpa	88,37	11,63	0	43	38	5
Mesocarpa	6,25	93,75	0	32	30	2
Macrocarpa	0	25	75	8	6	2
Total				83	74	9
Taxa de erro aparente (%)						10,84

Portanto, as matrizes 5, 18, 29, 41, 48, 49 e 73 foram alocadas na categoria mesocarpa e as matrizes 6 e 40 foram alocadas na categoria microcarpa. Dessa forma, obteve-se, a partir de novas funções discriminantes demonstradas a seguir, a classificação das demais matrizes na Tabela 6 com redução da taxa de erro aparente para 4,8%.

Tabela 6 – Estimativa das funções discriminantes das matrizes de pupunha com sua respectiva classificação segundo a metodologia de Anderson (1958) considerando a redução da taxa de erro aparente.

Matrizes	Classificação original	$D_1(\bar{x})$	$D_2(\bar{x})$	$D_3(\bar{x})$	Classificação obtida
6	1	514,859	513,022	509,586	1
8*	1	570,152	570,361	562,680	2
11	1	568,824	567,685	562,175	1
13	1	643,956	643,865	636,026	1
17	1	580,072	579,160	572,297	1
19	1	703,242	701,868	695,267	1
20	1	603,562	601,263	596,556	1
22	1	590,498	589,814	583,700	1
23	1	588,513	587,404	581,164	1
24	1	566,616	564,530	559,458	1
28	1	624,390	623,790	616,802	1

Tabela 6 – Continuação...

32	1	567,785	567,647	560,093	1
38	1	581,178	580,763	574,652	1
39	1	553,777	551,563	546,772	1
40	1	593,468	592,727	587,758	1
42*	1	606,675	606,748	599,667	2
44	1	541,025	538,128	534,154	1
45	1	616,703	616,298	608,658	1
47	1	644,772	644,342	637,203	1
51	1	583,628	579,805	576,151	1
53	1	653,620	652,669	646,421	1
54	1	580,829	578,024	573,223	1
55	1	547,876	545,032	540,747	1
56	1	598,509	596,390	591,003	1
60	1	586,477	584,236	579,183	1
64	1	579,767	579,036	573,023	1
68	1	627,228	626,614	619,444	1
69	1	664,946	662,856	657,251	1
71	1	592,052	590,460	584,485	1
72	1	598,278	596,971	590,610	1
74	1	566,116	565,044	558,740	1
75	1	587,759	586,940	580,247	1
76	1	625,453	620,552	618,441	1
77	1	631,907	629,329	624,130	1
78	1	516,986	513,025	510,805	1
79	1	562,563	560,769	555,777	1
80	1	557,853	557,119	551,641	1
81	1	602,216	599,231	594,923	1
82	1	561,292	559,964	553,702	1
83	1	552,874	551,365	545,317	1
2	2	569,583	569,843	563,459	2
3	2	599,627	600,810	592,822	2
4	2	605,334	606,651	599,543	2
5	2	585,773	586,710	579,178	2
7	2	582,787	583,560	576,570	2
9	2	603,151	605,132	599,685	2
10	2	614,134	615,444	607,671	2
12	2	653,966	654,881	648,584	2
14	2	612,697	613,254	606,823	2
15	2	608,531	610,806	604,639	2
16	2	603,888	605,959	600,794	2
18	2	566,556	568,514	567,330	2
21	2	576,380	577,688	571,874	2
26	2	643,838	646,152	636,988	2
27	2	619,752	622,251	613,048	2
29	2	558,077	558,800	550,930	2

Tabela 6 – Continuação...

30	2	591,228	592,822	585,662	2
31	2	591,498	592,999	590,274	2
33	2	622,641	624,710	618,026	2
34	2	580,658	582,023	577,394	2
35	2	643,013	645,267	640,288	2
41	2	636,415	637,540	628,842	2
43	2	585,181	587,116	580,918	2
46	2	607,743	608,523	601,639	2
48	2	609,023	610,266	601,598	2
49	2	584,929	586,644	585,015	2
50	2	612,885	614,071	606,134	2
52	2	582,989	584,168	581,524	2
59	2	632,605	635,060	630,929	2
61	2	623,751	624,681	623,164	2
62	2	624,221	625,459	624,686	2
63	2	563,213	564,304	557,480	2
65	2	627,817	628,872	623,504	2
66	2	581,352	582,583	577,412	2
67	2	659,662	661,654	652,514	2
70	2	611,721	612,568	606,891	2
73	2	654,974	656,454	647,536	2
1*	3	544,288	545,509	544,905	2
25*	3	536,509	537,979	537,871	2
36	3	597,756	598,964	600,539	3
37	3	623,573	625,183	626,518	3
57	3	601,371	601,879	607,269	3
58	3	570,043	570,390	576,601	3

* Matrizes alocadas em categorias diferentes da classificação original.

$$D_1(\tilde{x}) = -592,615 - 0,200.MF + 8,123.POLP + 5,613.MS - 0,268.OL + 17,987.FIB + 36,939.CIN \\ + 12,741.PROT$$

$$D_2(\tilde{x}) = -609,437 - 0,219.MF + 8,364.POLP + 5,591.MS - 0,246.OL + 17,596.FIB + 36,303.CIN \\ + 12,737.PROT$$

$$D_3(\tilde{x}) = -587,769 - 0,046.MF + 7,985.POLP + 5,582.MS - 0,259.OL + 17,940.FIB + 36,654.CIN \\ + 12,639.PROT$$

6 CONCLUSÕES

O tamanho dos frutos são caracteres de maior importância na variação entre as matrizes.

A análise de correlações indica a possibilidade de obter incremento no teor de óleo a partir da seleção indireta da matéria seca.

A classificação inicial das matrizes para as três categorias em estudo, baseado nos caracteres bromatológicos, apresentou boa concordância com os resultados obtidos por meio da análise discriminante, com uma taxa de erro aparente 10,8%.

A classificação corrigida por meio das funções de Anderson pode ser usada para incluir novas matrizes em uma das três categorias.

7 REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. W. An introduction to multivariate statistical analysis. New York: John Wiley & sons, 1958. 242 p.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Handbook of Chemical Analysis, 12. Ed. Washington, 1115p. 1992.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. 6. ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2013, 523p.

BOVI, M. L. A. Expansão do cultivo da pupunheira para palmito no Brasil. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 15, p. 183-185, 1997.

CARVALHO, A. V.; BECKMAN, J. C.; MACIEL, R. A.; FARIAS NETO, J. T. Características físicas e químicas de frutos de pupunheira no estado do Pará. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, SP, v. 35, n. 3, p. 763-768, 2013.

CARVALHO, A. V.; VASCONCELOS, M. A. M.; SILVA, P. A.; ASCHERI, J. L. R. Produção de snacks de terceira geração por extrusão de misturas de farinhas de pupunha e mandioca. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 12, n. 4, p. 277-284, 2009.

CLEMENT, C. R. Pupunha. In: CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B.; CLEMENT, C.R. Biodiversidade Amazônica. INPA, Manaus, 2000, 82-99p.

CLEMENT, C. R. *et al.*. Domesticação e melhoramento de pupunha. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R. Domesticação e melhoramento: Espécies amazônicas. Viçosa. Editora UFV, 2009, 486p.

CLEMENT, C. R. Fruit trees and the transition to food production in amazonia. In: BALÉE, W.; ERICKSON, C. L. Time and Complexity in the Neotropical Lowlands: Studies in Historical Ecology. Columbia University Press, New York. p. 165-185, 2006.

CLEMENT, C. R.; AGUIAR, J. P. L.; ARKCOLL, D. B. Composição química do mesocarpo e do óleo de três populações de pupunha (*Bactris gasipaes*) do Rio Solimões, Amazonas, Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 20, n. 1, p. 115-118, 1998.

CLEMENT, C. R.; AGUIAR, J. P. L.; GOMES, J. B. M. Variação centesimal na progênie 318P (*Bactris gasipaes* H. B. K.). Acta Amazônica, Manaus, v. 18, n. 3-4, p. 317-321, 1988.

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; van LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. Agrociencias, Montevideo, v. 9, n.1-2, p. 67-71, 2005.

CLEMENT, C. R.; MORA-URPI, J. Pejibaye Palm (*Bactris gasipaes*, Arecaceae): Multi-use Potential for the Lowland Humid Tropics. Economic Botany, v. 41, n. 2, p. 302-311, 1987.

CLEMENT, C. R.; SANTOS, L. A. Pupunha no mercado de Manaus: preferências de consumidores e suas implicações. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 778-779, 2002.

- CLEMENT, C. R.; CRISTO-ARAÚJO, M.; D'EECKENBRUGGE, G. C.; PEREIRA A. A.; RODRIGUES, D. P. Origin and Domestication of Native Amazonian Crops. *Diversity*, v. 2, p. 72-106, 2010.
- CLEMENT, C. R.; WEBER, J. C.; van LEEUWEN, J.; DOMIAN C. A.; COLE, D. M.; LOPEZ, L. A. A.; ARGÜELLO, H. Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, v. 61, p. 195-206, 2004.
- CLEMENT, C. R.; YUYAMA, K.; CHÁVEZ FLORES, W. B. Recursos genéticos de pupunha. In: SOUSA, N. R.; SOUZA, A. G. C. Recursos fitogenéticos na Amazônia Ocidental: conservação, pesquisa e utilização. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus. p. 143-187, 2001.
- CORNELIUS, J. P.; WEBER, J. C.; SOTELO-MONTES, C.; UGARTE-GUERRA, L. J. Phenotypic correlations and sites effects in a Peruvian landrace of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). *Euphytica*, v. 173, p. 173-183, 2010.
- CRUZ, C. D.; MEDEIROS, F. F.; PESSONI, L. A. Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. Visconde do Rio Branco, MG. Ed. Suprema, 2011, 620p.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: Biometria. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2006, 382p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v. 2, Viçosa, MG, Ed. UFV, 2003, 585p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v. 1, 4ª ed. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2012, 514p.
- CRUZ, C. D. Princípios de genética quantitativa. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2005.
- CYMERYYS, M. & CLEMENT, C. R. Pupunha, *Bactris gasipaes* Kunth. In SHANLEY, P. & MEDINA, G. Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica. CIFOR, Imazon, Belém, 2005, 300p.
- CUNHA, R. N. V. *et al.* Domesticação e melhoramento de Caiuaú. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas. Viçosa, MG, 2009, p. 275-296.
- FARIAS NETO, J. T. Estimativa de parâmetros genéticos em progênies de meio-irmãos de pupunheira. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 39, p.109-117, 1999.
- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunheira. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.
- FERREIRA, F. M.; BARROS, W. S.; SILVA, F. L.; BARBOSA, M. H. P, CRUZ, C. D.; BASTOS, I. T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. *Bragantia*, v. 66, n. 4, p. 605-610, 2007.
- FERREIRA, S. A. N. Pupunha, *Bactris gasipaes* Kunth in: FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C. Manual de sementes da Amazônia. INPA, Fascículo 5, Manaus-AM, 2005, 12p.

FERREIRA, D. F. Estatística básica. 2. ed. rev. Lavras. Ed. UFLA, 2009, 664 p.

FONSECA, A. F. A. Análises biométricas em café conillon (*coffea canephora pierre*). 1999. 136f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FONSECA, A. F. A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M. Discriminant analysis for the classification and clustering of robusta coffee genotypes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 4, p. 285-289, 2004.

GRAEFE, S.; DUFOUR, D.; van ZONNEVELD, M.; RODRIGUES, F. GONZALEZ, A. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implication for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. *Biodivers Conserv*, v. 22, p. 269-300, 2013.

HENDERSON, A. *Bactris* (Palmae). *Flora Neotropica*. The New York Botanical Garden. New York, USA. vol. 79. 181p. 2000.

IRIARTE-MARTEL, J. H.; FERRAUDO, A. S.; MÔRO, J. R.; PERECIN, D. Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) em Manaus (Brasil). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 1, p. 115-118, 2003.

KALIL FILHO, A. N. *et al.* Programa de melhoramento genético de pupunha na Embrapa, IAC e INPA, Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2010.

KALIL FILHO, A. N.; STURION, J. A. Componentes de variância e herdabilidade do peso de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.). Embrapa Florestas, Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, PR, 2003.

KERR, L. S.; CLEMENT, R. N. S.; CLEMENT, C. R.; KERR, W. E. Cozinhando com a Pupunha. INPA, Manaus. 95p. 1997.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. Editora Rima, São Carlos, 2006, 550p.

LETERME, P.; GARCÍA, M. F.; LONDOÑO, A. M.; ROJAS, M. G.; BULDGEN, A.; SOUFFRANT, W. B. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, n. 9, p. 1505-1512, 2005.

MORA-URPÍ, J.; WEBER J. C.; CLEMENT, C. R. Peach palm, *Bactris gasipaes* Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 1997, 83p.

PATIÑO, V. M. Comportamiento de plantas nativas colombianas bajo cultivo: situacion actual del cultivo del chontaduro. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, v. 17, n. 65, p. 154-166, 1989.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONSALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. *Genética na agropecuária*. 5. ed. UFLA, Lavras, 2012, 566p.

RESENDE, M. D. V. Workshop sobre Melhoramento de Espécies Florestais e Palmáceas no Brasil. Colombo, PR, Embrapa Florestas, Documentos 62, 2001, p. 245.

RODRIGUES, D. P.; ASTOLFI FILHO, S.; CLEMENT, C. R. Molecular marker-mediated validation of morphologically defined landraces of Pejibaye (*Bactris gasipaes*) and their phylogenetic relationships. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 51, p. 871–882, 2004.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SUDRÉ, C. P.; CRUZ, C. D.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SILVA, D. J. H.; PEREIRA, T. N. S. Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. *Horticultura Brasileira*, v. 24, p. 88-93, 2006.

van LEEUWEN, J. O melhoramento participativo da pupunheira (*Bactris gasipaes*) para a produção de fruto, uma proposta preliminar. In: ProBio: Pupunha: raças primitivas e parentes silvestres. Manaus: INPA, 2006, 12p. (<http://www.inpa.gov.br/pupunha/probio/melhora-particip.pdf>, acessado 26/03/2014).

YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; YUYAMA, K.; CLEMENT, C. R.; MACEDO, S. H. M.; FÁVARO, D. I. T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B. A.; PIMENTEL, S. A.; BADOLATO, E. S. G.; VANNUCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia, Brazil. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 54, n. 1, p. 49-56, 2003.

YUYAMA, K. Melhoramento de pupunheira para produção de palmito no INPA. Reunião Técnica do Projeto de PROBIO/MMA Pupunha–raças primitivas e parentes silvestres, 2005.