

DISSIMILARIDADE GENÉTICA DA POPULAÇÃO DE *PLATONIA* *INSIGNIS* MART. PRESENTE EM TRÊS MUNICÍPIOS DA BAIXADA MARANHENSE.

Neiriana Serejo Sousa¹; Safira Penha Ferreira²; Leticia da Silva Araújo³

Resumo

O bacurizeiro é uma espécie originária da Amazônia brasileira, encontrando-se abundantemente na baixada maranhense. Apresenta significativa importância cultural e econômica na região, porém está em uma área sujeita à crescente exploração agrícola, o que aumenta o risco de erosão genética. No estado do Maranhão, não há registros de coleções *ex situ* dessa espécie, e há poucos estudos que quantificam sua diversidade genética. Assim, este estudo teve como objetivo analisar a dissimilaridade genética da população nativa de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.) em municípios da baixada maranhense por meio de análise multivariada. Foram realizadas expedições para avaliação das plantas-matrizes nos municípios de Viana e Penalva, que compõem a baixada maranhense. A área de coleta foi georreferenciada, e as características das plantas-matrizes foram avaliadas no local. Foram coletados dados das plantas e folhas para caracterização. Foram consideradas quatorze características qualitativas e sete características quantitativas referentes ao local de coleta, planta e folhas. As matrizes de distância de Gower para caracteres mistos foram estimadas a partir das médias das características de cada indivíduo, seguidas pela análise pelo Índice de Gower. Posteriormente, foi realizado um procedimento de agrupamento hierárquico da mínima variância entre grupos, conforme o método proposto por Ward. A representação gráfica foi obtida por meio de dendrogramas, elaborados com auxílio do programa R e das funções disponíveis nos pacotes "cluster", "dendextend" e "factoextra". Com este estudo, obteve-se uma estimativa da diversidade genética da população de bacurizeiro existente em municípios da baixada maranhense por meio de análise multivariada.

¹Estudante do Curso de Aquicultura do IFMA - Campus Viana; E-mail: sneiriana@gmail.com

²Estudante do Curso de Aquicultura do IFMA - Campus Viana; E-mail: safirapenha@icloud.com

³Dra. em Genética e Melhoramento de Plantas, Técnica em Agropecuária do IFMA - Campus Viana; E-mail: leticia.araujo@ifma.edu.br

Palavras-Chaves

Bacurizeiro. Diversidade Genética. Análise Multivariada. Gower. Ward.

Introdução

A diversidade genética é crucial para a persistência das espécies na natureza, e a erosão genética representa uma ameaça significativa a essa diversidade. Como destacado por Drummond et al. (2009), a erosão genética pode resultar na perda de populações inteiras geneticamente diferenciadas, na mudança na frequência de alelos específicos e na perda de combinações de alelos. Este problema é especialmente relevante para espécies nativas, que muitas vezes não recebem a devida atenção em termos de conservação.

O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.), é uma espécie com centro de origem na Amazônia brasileira e que apresenta grande importância cultural e econômica. Apesar disso, são poucos os estudos sobre a diversidade genética desta espécie (Mourão e Beltrati, 1996; Silva et al., 2009; Souza et al., 2016), o que ressalta a necessidade urgente de ações para preservar sua diversidade genética e evitar a erosão genética.

Essa espécie apresenta abundância na região da baixada maranhense, porém até o momento não foi relatado coleções *ex situ* de bacurizeiro no Maranhão, apenas duas coleções de conservação *ex situ* são relatadas, uma no estado do Pará (Embrapa Amazônia Oriental) e outra no estado do Piauí (Embrapa Meio Norte) (Carvalho e Nascimento, 2018), o que torna a espécie suscetível à deriva genética.

A diversidade genética é a quantidade de variabilidade genética presente entre indivíduos de uma variedade ou população dentro de uma espécie. Essa diversidade é basal para uma população saudável, pois mantém diferentes genes que podem levar à resistência a pragas, doenças ou outras condições de estresses (Salgotra e Chauhan, 2023).

A variação de características fenotípicas dentro das espécies (variação intraespecífica) pode ser tão extrema quanto a variação de características entre espécies. A variação intraespecífica pode influenciar a estrutura da comunidade e a função do ecossistema tanto quanto a variação entre espécies (Roches et al., 2017). Variedades com pouca ou nenhuma diversidade genética podem tornar-se suscetíveis a estresses bióticos e abióticos (Salgotra e Chauhan, 2023). Conhecer a diversidade genética é uma etapa importante para sugerir estratégias de conservação, para tanto método de estudo de

dissimilaridade genética podem ser empregados para mensurar a diversidade genética existente de uma população.

A dissimilaridade genética intraespecífica mensura a diferença existente intraespecífica da população por meio de métodos biométricos. Para mensurar a dissimilaridade genética, vários métodos de análise podem ser empregados, a escolha do método depende da forma como os dados foram obtidos, do tipo de dados, da precisão da análise e do conhecimento do pesquisador. Para análise de dissimilaridade são citados métodos multivariados como métodos aglomerativos, variáveis canônicas, componentes principais (Cruz e Regazzi, 2001).

A dissimilaridade genética intraespecífica é a medida da diferença entre indivíduos dentro de uma mesma população, utilizando métodos biométricos. A escolha do método de análise depende da natureza dos dados e da precisão desejada (Cruz e Regazzi, 2001).

Métodos multivariados, como métodos aglomerativos, são comumente utilizados para essa análise. Para tanto, na presença de características qualitativas e quantitativas, é comum o uso de um algoritmo desenvolvido por Gower (1971) capaz de garantir a estimativa eficiente da distância entre os indivíduos. Para a formação dos grupos o método desenvolvido por Ward (1963) permite agrupar os indivíduos considerando a similaridade entre eles, minimizando a perda associada ao agrupamento, sem modificar o número de grupos formados.

Assim, o objetivo deste trabalho é estudar a dissimilaridade genética da população nativa de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.) em municípios da baixada maranhense por meio de análise multivariada.

Metodologia

Coleta do Material

Foram realizadas expedições para avaliação de plantas-matrizes nos municípios de Viana e Penalva que integram a baixada maranhense. A área de coleta foi georreferenciada com o auxílio de um GPS. As características referentes a planta matriz foram avaliadas no local. Foram coletados dados das plantas e folhas para caracterização. As características presentes nos quadros 1-3 foram mensuradas tomando como base os descritores recomendados para a cultura do Mangostão (IPGRI, 2003).

Quadro 1. Descritor multicategórico utilizado para caracterizar o local de coleta das plantas de bacurizeiros avaliadas (IPGRI, 2003).

Característica	Nível de expressão	Nota
Topografia	Plano 0-0,5%	1
	Quase estável 0,6-2,9%	2
	Suavemente ondulado 3-5,9%	3
	Ondulante 6,0-10,9%	4
	Rolando 11,0-15,9%	5
	Montanhoso 16,0-30,0%	6
	Dissecado íngreme >30%, faixa de elevação moderada	7
	Montanhoso >30%, grande amplitude de elevação (>300 m)	8
	Outros (especifique na seção apropriada notas)	99

Quadro 2. Descritores multicategóricos utilizados para caracterizar as plantas de bacurizeiros avaliadas (IPGRI, 2003).

Características Qualitativas	Nível de expressão	Nota
Superfície do tronco	Lisa	1
	Rugosa	2
	Muito rugosa	3
Forma da copa	Piramidal	1
	Esférica	2
	Oblonga	3
	Elíptica	4
	Outra	99
Padrão de ramificação	Vertical	1
	Semi-vertical	2
	Horizontal	3
	Irregular	4
Características Quantitativas		Medida
Altura da árvore		M
Diâmetro da copa		M
Diâmetro da altura do peito		M

Quadro 3. Descritores multicategóricos utilizados para caracterizar as folhas de bacurizeiros avaliadas (IPGRI, 2003).

Características Qualitativas	Nível de expressão	Nota
Cor da folha madura	Verde claro	1
	Verde	2
	Verde escuro	3
	Variegado (combinação de verde e branco)	4
Arranjo das folhas (Filotaxia)	Alternado	1
	Oposto	2
Forma da lâmina foliar	Ovada	1
	Obovada	2
	Elíptica	3
	Oblonga	4
	Lanceolada	5
	Outra (especificar)	99
Forma do ápice da folha	Agudo	1
	Acuminado	2
	Retuso	3
	Obtuso	4
	Outra (especificar)	99
Forma da base da folha (Ver Figura 7)	Oblíqua	1
	Arredondada	2
	Cuneada	3
	Levemente atenuada	4
	Truncada	5
	Outra (especificar)	99
Margem da lâmina foliar	Inteira	1
	Ondulada	2
Pubescência da superfície superior da folha	Não brilhante	0
	Brilhante	1
	Não brilhante	0

Pubescência da superfície inferior da folha	Brilhante	1
Aparência do nervo central da folha	Proeminente	1
	Menos proeminente	2
	Não proeminente	3
Aparência da nervura da folha	Proeminente	1
	Menos proeminente	2
	Não proeminente	3
Características Quantitativas		Medida
Comprimento do pecíolo		Mm
Largura do pecíolo		Mm
Comprimento da lâmina foliar		Cm
Largura da lâmina foliar		Cm

5.3 Análise da diversidade genética da população de bacurizeiro

Na análise de diversidade genética foram empregados os métodos multivariados, utilizando variáveis quantitativas, multicategóricas e binárias. Para isso foi tomado o índice de Gower (1971) foi utilizado para avaliar as características mistas. As matrizes foram construídas e, posteriormente dendogramas foram confeccionados. Foi gerada a estimativa do índice de dissimilaridade que varia de 0 a 1.

A dissimilaridade foi obtida por:

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p W_{ijk} \cdot S_{ijk}}{\sum_{k=1}^p W_{ijk}}, \quad (1)$$

em que:

i e j = indivíduos a serem comparados em relação a característica k;

p = número total de características; e

S_{ij} = a contribuição da variável k para a distância total.

Se a variável foi qualitativa, S_{ijk} assume-se o valor **1**, quando houver concordância positiva ou negativa para a característica **k** entre os indivíduos **i** e **j**; e, em caso contrário, quando a variável é quantitativa tem-se:

$$S_{ij} = \frac{|Y_{ik} - Y_{jk}|}{R_k}, \quad (2)$$

em que:

R_k = amplitude de variação da variável k , assumindo valores 0 e 1 ou inteiros entre estes.

O valor de w_{ijk} é um peso usado para definir as contribuições dos S_{ijk} 's individuais. Nesse aspecto, quando o valor da variável k for ausente em um ou ambos os indivíduos, $w_{ijk} = 0$; ou, em caso contrário, igual a 1 .

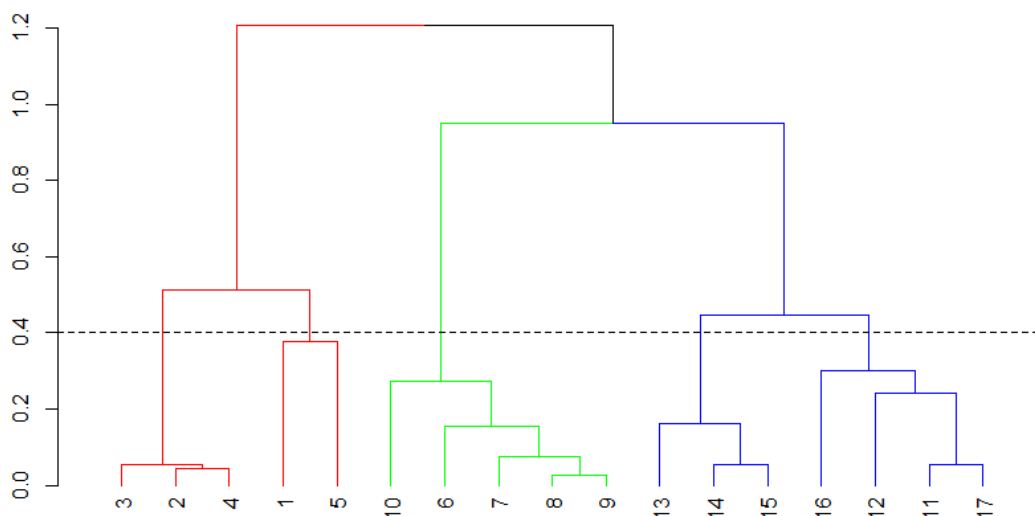
As matrizes de distância de Gower para caracteres mistos foram estimadas a partir das médias das características de cada um dos indivíduos. Posteriormente à análise feita pelo Índice de Gower, foi feito um procedimento de agrupamento hierárquico da mínima variância entre grupos, proposto pelo método de agrupamento de Ward (1963). A representação gráfica foi obtida pelos dendrogramas confeccionados com auxílio do programa R, por meio das funções disponíveis nos pacotes “cluster”, “dendextend” e “factoextra”.

Resultados e Discussão

Com base na matriz de dissimilaridade gerada pelas variáveis quantitativas e qualitativas relacionadas aos descritores de plantas (tabela 2) dos 17 indivíduos avaliados, foi possível estabelecer a discriminação dos indivíduos avaliados. A divergência foi quantificada pelas matrizes de distância de Gower e os agrupamentos foram estabelecidos pelo método Ward. Conforme a estratégia Ward, considerando uma distância de Gower delimitada em 0.4 foi possível distinguir a formação de três grupos, apresentados na figura 1.

Figura 1. Dendograma obtido entre 17 indivíduos de bacurizeiro considerando 7 descritores quantitativos e qualitativos de plantas confeccionados pelo pacote “factoextra” com base na Distância de Gower e agrupamento de Ward, disponível nos quadros 1 e 2. (Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação do Maranhão – Campus Viana, Viana, MA, 2025)

Dendrograma Plantas de Bacurizeiro



O coeficiente de correlação cofenética (CCC) foi de 82%. Esse coeficiente mede o grau de ajuste entre as matrizes de dissimilaridade e de agrupamento. Para valores de correlação cofenética que apresentem superioridade a 0,80 indicam um bom ajuste entre as matrizes de distância e as resultantes da simplificação ao método de agrupamento (Sokal e Rohlf, 1962).

O grupo I em vermelho, foi constituído por 5 indivíduos, pertencentes ao município de Viana.

Os indivíduos 3 e 5 foram os mais divergentes do grupo I apresentando as maiores distâncias entre esses acessos.

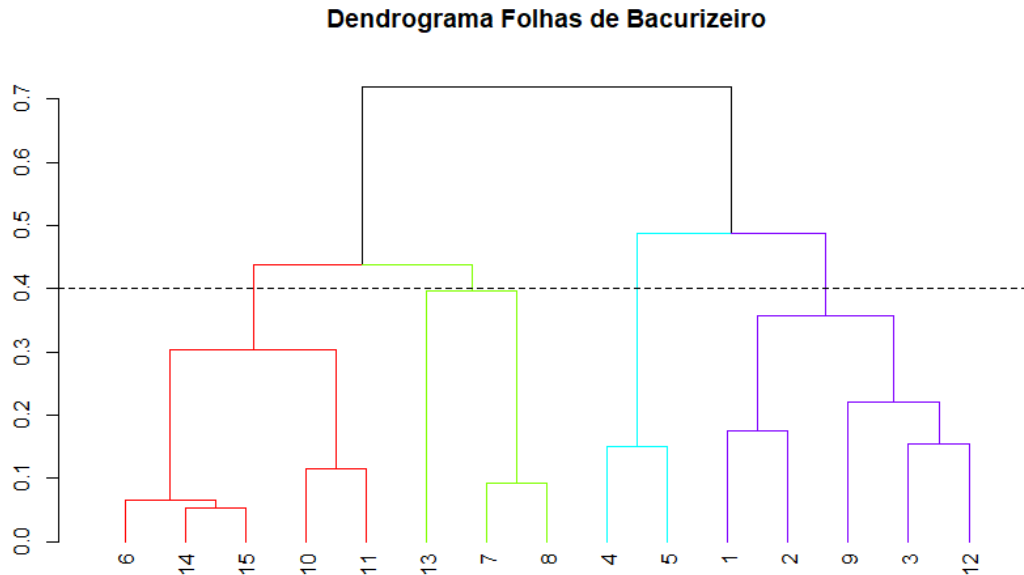
O grupo II foi formado por cinco indivíduos também pertencentes ao município de Viana e com os indivíduos 9 e 10 os mais divergentes desse grupo.

O grupo III foi formado por sete indivíduos pertencentes ao município de Penalva, apresentando as maiores distâncias os indivíduos 13 e 17.

Com base na matriz de dissimilaridade gerada pelas variáveis discretas e contínuas relacionadas aos descritores de folhas (quadro 3) dos 17 indivíduos avaliados, foi possível estabelecer a discriminação dos indivíduos em quatro grupos distintos, considerando uma distância de Gower delimitada em 0,4 e o agrupamento de Ward, indicando uma diversidade genética entre os indivíduos avaliados, dados apresentados na Figura 2.

Figura 2. Dendrograma obtido entre 17 indivíduos de bacurizeiro considerando 14 descritores quantitativos e qualitativos de folhas *Platonia insignis*. confeccionados

pelo pacote “factoextra” com base na Distância de Gower e agrupamento de Ward, disponível nos quadros 3. (Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação do Maranhão – Campus Viana, Viana, MA, 2025)



Foi observado dois grupos com cinco indivíduos cada, dentre os quais com maiores distâncias os indivíduos 6 e 12, pertencentes aos municípios de Viana e Penalva respectivamente.

Foi observado variabilidade para a cor de folhas, com indivíduos apresentando cores verde e verde claro. Para a característica arranjo de folhas foi predominante a folhas opostas. Houve variabilidade para a forma lâmina foliar em que apenas a ovada não foi observada. Todas as formas do ápice das folhas foram observadas. A forma da base das folhas, apenas o formato cuneado não foi observado. Para a margem da lâmina foliar, apenas um indivíduo apresentou a margem ondulada. A pubescência da superfície superior da folha foi predominante brilhante, enquanto que a pubescência da superfície inferior da folha foi não brilhante. Não houve variabilidade na aparência da nervura central da folha e também da nervura da folha. O comprimento médio do pecíolo foi de 13 mm, enquanto a largura média do pecíolo foi de 2,1 mm. Já o comprimento médio da lâmina foliar foi de 10,15 cm, enquanto a largura média da lâmina foliar foi de 5,19 cm.

Conclusão

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que a análise dos 17 indivíduos avaliados por meio dos descritores morfológicos revelou uma significativa diversidade genética entre os acessos.

A alta correlação cofenética (CCC = 82%) indica que o ajuste entre as matrizes de dissimilaridade e os agrupamentos gerados foi muito bom, sugerindo a confiabilidade da análise.

Além disso, a análise das características foliares revelou variabilidade, como diferenças nas cores das folhas, formas do ápice e da base, além de uma predominância de folhas com arranjo oposto e superfície foliar brilhante. Essas variações indicam uma diversidade genética significativa entre os indivíduos, o que pode ter implicações para a adaptação e utilização desses acessos em programas de melhoramento genético ou conservação.

A caracterização detalhada das plantas, através das variáveis quantitativas e qualitativas, representa um importante passo para futuras pesquisas, estratégias de melhoramento e manejo sustentável dessas populações.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - Campus Viana e à FAPEMA pelo fomento e pela concessão da bolsa de estudos. Estendemos nossos agradecimentos ao CNPq pelo incentivo à pesquisa científica.

Referências Bibliográficas

Carvalho, J. E. U. de; Nascimento, W. M. O do. Bacuri: *Platonia insignis*. **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)**, 30p. 2018. Disponível em: <<http://www.procisur.org.uy>> acesso em 18 de março de 2024.

Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. 2. ed. **Viçosa: UFV**, 390p, 2001.

Drummond, G. M.; Martins, C. S.; Greco, M. B.; Vieira, F.. Biota Minas: Diagnostico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: **Fundação Biodiversitas**; 2009. 624 p.

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

IPGRI – International Plant Genetic Resources Institute. Descriptors for Mangosteen (*Garcinia mangostana*) **Roma: IPGRI**, 2003. 67p.

MOURÃO, K.S.M.M.; BELTRATI, C.M. Morfologia dos frutos, sementes e plântulas de *Platonia insignis* Mart. (Clusiaceae). II. Morfo-anatomia dos frutos e sementes maduros. **Acta Amazônica**, v.25, p.33-45, 1995.

Roches, S. D.; Post, D. M.; Turley, N. E.; Bailey, J. K.; Hendry, A. P.; Kinnison, M. T.; Schweitzer, J. A.; Palkovacs, E. P. The ecological importance of intraspecific variation *Nature Ecology & Evolution*, 2017.

R Development Core Team. (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. <http://www.R-project.org>

Salgotra RK, Chauhan BS. Genetic Diversity, Conservation, and Utilization of Plant Genetic Resources. **Genes (Basel)**. 14(1):174. 2023. DOI: 10.3390/genes14010174.

Silva, R. G., Chaves, M. da C. L., Arnhold, E.; Cruz, C. D. Repetibilidade e correlações fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no Estado do Maranhão. *Acta Scientiarum Agronomy: Maringá*, v. 31, n. 4, p. 587-591, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.723>

Souza, I. G. de B.; Souza, V. A. B. de; Silva, K. J. D.; Lima, P. S. da C. Multivariate analysis of 'bacuri' reproductive and vegetative morphology **Comunicata Scientiae**, v.7, n.2, p.232-240, 2016 DOI: 10.14295/CS.v7i2.779

Ward, J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *JASA*, v. 58, p. 236 – 244, 1963.