

Repetibilidade para características de inflorescência em germoplasma de tucumanzeiro (*Astrocaryum vulgare*)

Repeatability for inflorescence characteristics in fiber palm germplasm (*Astrocaryum vulgare*)

Repetibilidad de las características de la inflorescencia en germoplasma de chontilla (*Astrocaryum vulgare*)

Recebido: 02/06/2026 | Aceito: 11/06/2026 | Publicado: 12/06/2026

Wesley Thadeu Melo Lima

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6377-2388>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: wesleylima.wl47@gmail.com

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/00000002-4753-2018>

Embrapa Amazônia Oriental, Brasil

E-mail: socorro-padilha.oliveira@embrapa.br

Thâmara Mourão Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7202-1319>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

Email: thamara.lima@ufra.edu.br

Resumo

Astrocaryum vulgare, popularmente conhecido como tucumã, é uma palmeira nativa da Amazônia com grande importância ecológica, socioeconômica e potencial para a agroindústria, especialmente seus frutos, para a obtenção de polpa e óleo. A avaliação da variabilidade genética em bancos de germoplasma é essencial para subsidiar estratégias de conservação e orientar programas de melhoramento genético de espécies nativas. Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo estimar a repetibilidade para caracteres da inflorescência em genótipos de tucumanzeiro e obter o número de medições necessárias para esses caracteres. Foi avaliada uma amostra contendo dez ráquias retirada de inflorescência recém-aberta de 45 genótipos conservados no Banco Ativo de Tucumã da Embrapa Amazônia Oriental. Em cada amostra foram mensurados quatro caracteres quantitativos (CR, DPFF, NFF, NFM) e quatro qualitativos (CorP, CorA, CorFF e CorF). Foram aplicados três métodos de análise de repetibilidade, ANOVA, componentes principais e análise estrutural. Os resultados revelaram alta repetibilidade nas características qualitativas, especialmente na cor da pétala (CorP). Já entre as características quantitativas, o número de flores masculinas (NFM) e o comprimento da ráquila (CR) mostraram maior estabilidade. Por outro lado, caracteres como a distância da primeira flor feminina e o número de flores femininas exigem um número maior de amostras para garantir confiabilidade, refletindo maior sensibilidade a variações ambientais. Esses resultados fornecem um suporte técnico importante para a escolha de descritores eficientes, otimizando a conservação e o melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: *Astrocaryum vulgare*; Variabilidade genética; Análises de componentes principais; Morfologia floral.

Abstract

Astrocaryum vulgare, popularly known as tucumã, is a palm tree native to the Amazon with great ecological and socioeconomic importance and potential for agro-industry, especially its fruits, for obtaining pulp and oil. Evaluating genetic variability in germplasm banks is essential to support conservation strategies and guide genetic improvement programs for native species. In this context, this work aimed to estimate the repeatability of inflorescence traits in tucumã genotypes and to obtain the number of measurements needed for these traits. A sample containing ten rachis taken from the newly opened inflorescence of 45 genotypes conserved in the Active Tucumã Bank of Embrapa Amazônia Oriental was evaluated. In each sample, four quantitative traits (CR, DPFF, NFF, NFM) and four qualitative traits (CorP, CorA, CorFF, and CorF) were measured. Three repeatability analysis methods were applied: ANOVA, principal components, and structural analysis. The results revealed high repeatability in qualitative characteristics, especially in petal color (CorP). Among quantitative characteristics, the number of male flowers (NFM) and rachilla length (CR) showed greater stability. On the other hand, characters such as the distance to the first female flower and the number of female flowers require a larger number of samples to ensure reliability, reflecting greater sensitivity to environmental variations. These results provide important technical support for the selection of efficient descriptors, optimizing the conservation and genetic improvement of the species.

Keywords: *Astrocaryum vulgare*; Genetic variability; Principal component analysis; Floral morphology.

Resumen

Astrocaryum vulgare, popularmente conocida como chontilla o tucumán, es una palmera nativa de la Amazonia con gran importancia ecológica y socioeconómica, y potencial para la agroindustria, especialmente sus frutos, para la obtención de pulpa y aceite. La evaluación de la variabilidad genética en bancos de germoplasma es esencial para apoyar las estrategias de conservación y guiar los programas de mejoramiento genético de especies nativas. En este contexto, este trabajo tuvo como objetivo estimar la repetibilidad de las características de la inflorescencia en genotipos de tucumán y obtener el número de mediciones necesarias para estas características. Se evaluó una muestra de diez raquis extraídos de la inflorescencia recién abierta de 45 genotipos conservados en el Banco Activo de Tucumán de Embrapa Amazonia Oriental. En cada muestra, se midieron cuatro características cuantitativas (CR, DPFF, NFF, NFM) y cuatro cualitativas (CorP, CorA, CorFF y CorF). Se aplicaron tres métodos de análisis de repetibilidad: ANOVA, componentes principales y análisis estructural. Los resultados revelaron una alta repetibilidad en las características cualitativas, especialmente en el color de los pétalos (CorP). Entre las características cuantitativas, el número de flores masculinas (NFM) y la longitud de la raquilla (CR) mostraron mayor estabilidad. Por otro lado, caracteres como la distancia a la primera flor femenina y el número de flores femeninas requieren un mayor número de muestras para garantizar su fiabilidad, lo que refleja una mayor sensibilidad a las variaciones ambientales. Estos resultados proporcionan un importante respaldo técnico para la selección de descriptores eficientes, optimizando así la conservación y el mejoramiento genético de la especie.

Palabras clave: *Astrocaryum vulgare*; Variabilidad genética; Análisis de componentes principales; Morfología floral.

1. Introdução

A conservação da agrobiodiversidade se tornou uma prioridade em nível global, especialmente devido à erosão genética que ameaça recursos vegetais essenciais (Silva & Miranda, 2021). Isso é particularmente preocupante em regiões tropicais ricas em biodiversidade, como a Amazônia (FAO, 2010). Nesse contexto, espécies nativas como o tucumazeiro, onde são extremamente importantes, vem se destacando por seu potencial agrônomo, ecológico e socioeconômico, além de serem amplamente distribuídas na região Norte do Brasil. Os frutos dessa palmeira vêm sendo utilizados na alimentação humana, na produção de óleo e em atividades extrativistas (Costa et al., 2021; Andrade et al., 2016).

Essa espécie pertence à família Arecaceae e ao gênero *Astrocaryum*, o qual apresenta espécies com uma diversidade fenotípica significativa e uma notável adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima (Henderson et al., 1995). Dentre elas tem-se o tucumazeiro, *Astrocaryum vulgare* Mart. que se destaca por sua rusticidade, precocidade e aceitação regional, tornando-se alvo de estudos focados na domesticação, manejo sustentável e programas de melhoramento genético (Silva et al., 2022).

A manutenção de Bancos Ativos de Germoplasma (BAG's), como o BAG Tucumã, é uma estratégia crucial para a conservação *ex situ* da variabilidade genética, garantindo uso contínuo a recursos genéticos fundamentais para pesquisas e desenvolvimento agrícola (Medeiros et al., 2019). No entanto, para que esses bancos sejam eficazes, é vital que haja um enriquecimento contínuo dos acessos, juntamente com uma caracterização morfológica detalhada, avaliação agrônoma e documentação sistemática, conforme recomendado pela Embrapa (EMBRAPA, 2013). A caracterização morfoagronômica, se baseia em descritores qualitativos e quantitativos, e permite avaliar a divergência genética entre os acessos (Wetzel & Ferreira, 2007), identificar materiais promissores e estimar parâmetros como herdabilidade e coeficientes de variação genética e ambiental. Essas ferramentas são essenciais para direcionar estratégias de conservação e uso sustentável (Cruz, 2012).

A repetibilidade é um indicador estatístico utilizado para avaliar o grau de estabilidade de uma determinada característica ao longo do tempo ou em diferentes ciclos de medição em um mesmo indivíduo ou genótipo. (Cavalcante et al., 2021). Esse parâmetro expressa a proporção da variação total que pode ser atribuída a diferenças genéticas entre os indivíduos, sendo considerada uma estimativa máxima da herdabilidade. Por isso, é amplamente utilizada em estudos de seleção, já que permite estimar o potencial de repetição de um desempenho fenotípico, contribuindo para decisões mais precisas sobre o número ideal de observações necessárias. Altos valores de repetibilidade indicam que as características avaliadas apresentam maior confiabilidade e menor influência de fatores ambientais ou de erro experimental, tornando possível uma seleção mais eficiente e econômica nos programas de melhoramento genético.

Estudos envolvendo a repetibilidade em germoplasma de palmeiras são essenciais para identificar o número de amostras a serem analisadas, assim como subsidiam na identificação de caracteres relevantes e no manejo das coleções (Oliveira, 2005). Como o tucumanzeiro é uma espécie perene esta ferramenta estatística mostra-se útil na identificação de caracteres em diferentes fases de desenvolvimento das plantas. Trabalhos envolvendo a repetibilidade em caracteres de inflorescências de palmeiras são escassos ou inexistentes. Neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo estimar a repetibilidade para caracteres da inflorescência em genótipos de tucumanzeiro e obter o número de medições ideais para esses caracteres.

2. Metodologia

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas: uma parte em campo e outra no laboratório, sendo de natureza qualitativa e quantitativa (Pereira et al., 2018). Nas partes qualitativa e quantitativa foram feitas várias análises estatísticas (Costa Neto & Bekman, 2009; Vieira, 2021) para a estimativa da repetibilidade. Envolveu 45 genótipos de tucumanzeiro representantes de 22 acessos conservados na área I do Banco Ativo de Germoplasma de *Astrocaryum* (BAG Tucumã), instalada no Campo Experimental de Belém, na Sede da Embrapa Amazônia Oriental (1°25'25"S e 48°24'14"W). Os genótipos foram instalados em novembro de 1985, em uma área de terra firme de solo do tipo Latossolo Amarelo textura média, no espaçamento de 3, 5 m x 5 m e se encontram em plena fase reprodutiva. Esses genótipos recebem tratos culturais esporádicos como roçagem da área, coroamento e limpeza das plantas, além de adubações químicas e orgânicas.

As atividades desenvolvidas no campo envolveram etapas de coletas das ráquias, feitas no período de maior floração. De cada genótipo foi marcada uma inflorescência para ser retirada uma amostra de dez ráquias ao acaso, quando atingiu o estágio de recém-aberta, totalizando 450 ráquias.

No laboratório foi feita a avaliação e caracterização de caracteres relativos a inflorescência. As amostras de dez ráquias por genótipo foram avaliadas para quatro caracteres quantitativos, sendo eles: comprimento da ráquia (CR), distancia da primeira flor feminina (DPFF), número de flores femininas (NFF), número de flores masculinas (NFM). As amostras também foram caracterizadas para quatro caracteres qualitativos: cor da flor feminina (CorFF), cor da pétala (CorP), cor do filete (CorF) e cor da antera (CorA). As mensurações foram obtidas com o auxílio de fita métrica e expressas em centímetros, já o número de flores pela contagem. Como foram encontradas muitas flores masculinas, a contagem para essas flores foi feita retirando as flores com o auxílio de uma pinça e separando as flores de dez em dez, para facilitar a contagem. Já as cores foram caracterizadas com o auxílio da carta de cores (Munsell, 1975).

Os caracteres foram submetidos à análise de repetibilidade (r), com base em três métodos estatísticos: análise de variância com dois fatores de variação (cachos e genótipos) - ANOVA, utilizando dez ráquias por genótipo, e na qual o efeito temporário do ambiente é removido do erro (Cruz & Regazzi, 2001); análise dos componentes principais (CP), obtidos a partir da matriz de correlação (CP-cor) e covariâncias fenotípicas (CP-var); e por meio da análise estrutural (AE), com base no autovalor teórico da matriz de correlações (AE-cor), conforme metodologia descrita em Cruz e Regazzi (2001). Na obtenção da matriz pelos métodos CP-var e CP-cor, foram consideradas as médias realizadas no tempo, como diferentes variáveis. Para a ANOVA, o modelo estatístico adotado foi com base em Cruz e Regazzi (2001), onde o método apropriado para estimar repetibilidade quando os avaliadores de um mesmo indivíduo são considerados repetições verdadeiras.

$$r = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{h}}$$

Em que:

r : coeficiente de repetibilidade;

σ_g^2 : variância entre genótipos;

σ_e^2 : variância residual (erro experimental);

h : número de repetições/mensurações (ráquias);

$\frac{\sigma_e^2}{h}$: variância dentro dos indivíduos (erro médio).

Esta fórmula foi utilizada para estimar a repetibilidade dos caracteres avaliados (comprimento da ráquila, número de flores, distâncias etc.) com base na variância entre indivíduos e variância dentro dos indivíduos, considerando que cada genótipo teve 10 ráquias avaliadas. Ela permite verificar quão consistente é a expressão de um caráter entre repetidas medições, ou seja, qual parte da variação é realmente genética.

Para a análise de componentes principais (correlação), foi utilizada a fórmula:

$$r = \frac{\lambda_1 - 1}{h - 1}$$

Em que:

λ_1 : maior autovalor da matriz de correlação;

h : número de mensurações;

r : coeficiente de repetibilidade estimado pelo método CP-cor.

Esta fórmula foi utilizada para estimar repetibilidade considerando a matriz de correlações, procurando medir o quanto uma única variável latente (representada pelo maior autovalor), onde foi aplicado para avaliar se os caracteres avaliados possuem estrutura interna suficiente para garantir estabilidade das mensurações, sem depender apenas da ANOVA conforme descrito por Abeywardena (1972).

Para a análise de componentes principais (covariância), foi utilizada a fórmula:

$$r = \frac{\lambda_1}{\sum_{i=1}^h \lambda_i}$$

Em que:

λ_1 : maior autovalor da matriz de variâncias e covariâncias;

$\sum \lambda_i$: soma de todos os autovalores da matriz;

h : número de mensurações;

r : repetibilidade pelo método CP-var.

Essa fórmula foi aplicada para estimar repetibilidade usando a matriz de variâncias e covariâncias, onde este método verifica se a maior parte da variação total observada entre as ráquias de um mesmo genótipo é consistente e pode ser atribuída ao indivíduo.

Para a determinação de repetibilidade (R^2), foi utilizada a fórmula:

$$R^2 = \frac{hr}{1 + r(h - 1)}$$

Em que:

R^2 : coeficiente de determinação;

h : número de mensurações realizadas;

r : repetibilidade estimada pelo método escolhido.

Essa fórmula foi aplicada para determinar o grau de confiabilidade das medições, segundo Cruz e Regazzi (2001), o coeficiente de determinação mede o quanto a repetibilidade captou a variação verdadeira do caráter, expressando a precisão da avaliação.

Para o número mínimo de repetições necessárias (h_0), foi utilizada a fórmula:

$$h_0 = \frac{R^2(1 - r)}{(1 - R^2)r}$$

Em que:

h_0 : número mínimo de medições necessárias;

R^2 : precisão desejada (ex.: 0,80; 0,90; 0,95);

r : repetibilidade;

Conforme Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), esta fórmula permite calcular o número mínimo de repetições para atingir determinada precisão, orientando o planejamento experimental em bancos de germoplasma.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa computacional GENES (Cruz, 2003).

3. Resultados e Discussão

Os coeficientes de repetibilidade obtidos para as quatro características qualitativas caracterizadas (CorFF, CorP, CorF e CorA) apresentaram altos valores (Tabela 1), variando de 0,954 (CorA, método ANOVA) a 0,982 (CorP, todos os métodos). Esses valores apontam para o fato de que a variabilidade observada entre as medições seja provavelmente devida a fatores genéticos, atuando fundamentalmente como um reforço da estabilidade fenotípica para essas quatro características. Tal estabilidade indica essas características como descritores em bancos e coleções de germoplasma dessa palmeira, além de ser uma propriedade desejável no contexto de programas de melhoramento porque assegura que características particulares possam ser usadas durante o processo de seleção com alta confiabilidade (Resende, 2002).

O caráter CorP expressou os coeficientes mais altos de repetibilidade e de determinação ($R^2 = 99,82\%$), destacando-se como um marcador robusto para a diferenciação dos genótipos. Estudos anteriores realizados por Souza et al. (2020) no açazeiro (*Euterpe oleracea*) relataram resultados semelhantes, nos quais caracteres florais relacionados à coloração mostraram alta repetibilidade, sendo pouco suscetíveis a variações ambientais. Silva et al. (2009) também encontraram coeficientes de repetibilidade acima de 0,60 para a cor da polpa ao avaliarem germoplasma de batata. Dessa forma pode-se sugerir essa característica como um descritor confiável para uso na caracterização de germoplasma e em programas de melhoramento para registro de cultivares do tucumanzeiro, especialmente em contextos que exigem precisão na distinção morfológica.

Tabela 1 - Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (sem parênteses) e determinação (entre parênteses) para quatro caracteres qualitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caracteres	ANOVA	Componentes Principais		Análise Estrutural	
		Covariância	Correlação	Covariância	Correlação
CorFF	0,965 (99,63)	0,966 (99,65)	0,965 (99,64)	0,965 (99,64)	0,965 (99,64)
CorP	0,982 (99,82)	0,982 (99,82)	0,982 (99,82)	0,982 (99,82)	0,982 (99,82)
CorF	0,976 (99,76)	0,977 (99,77)	0,976 (99,76)	0,976 (99,75)	0,976 (99,76)
CorA	0,954 (99,52)	0,961 (99,59)	0,960 (99,57)	0,955 (99,53)	0,956 (99,54)

CorFF: cor flor feminina; CorP: pétala; CorF: cor filete; CorA: cor antera. Fonte: Autoria própria.

O número de medições ideais para a obtenção dessas quatro características consta na Tabela 2. Pode-se verificar que para todas as características uma única ráquila seria o suficiente para estabelecer até 95% de acurácia. Como foram utilizadas dez ráquulas no estudo, reforça a segurança dos resultados obtidos e permite orientar a redução amostral em futuros trabalhos envolvendo esses mesmos caracteres em germoplasma de tucumanzeiro. Esse fato não apenas economiza tempo, como também mão-de-obra e recursos, além de tornar o trabalho mais viável em maior escala. Silva et al. (2009) avaliando germoplasma de batata e Costa et al. (2021) em estudos com dendezeiro (*Elaeis guineensis*) afirmaram que caracteres qualitativos de altíssima repetibilidade podem ser considerados como indicadores importantes, permitindo maior rapidez na avaliação fenotípica. Lima et al. (2024) estudando os mesmos caracteres em inflorescência de híbridos de açaizeiro também não observaram variação discrepante para a cor das flores masculinas e femininas, demonstrando regularidade na expressão.

Ressalta-se que, a elevada repetibilidade observada nos caracteres qualitativos pode sugerir que os 45 genótipos de tucumanzeiro avaliados possuam relativa homogeneidade genética, o que pode ser benéfico para a seleção em programas de melhoramento, mas também pode limitar a exploração de variabilidade genética em longo prazo (Falconer; Mackay, 1996). Esse fator deve ser considerado ao extrapolar os resultados para diferentes populações ou condições ambientais.

Tabela 2 - Estimativas para o número de medições ideais para quatro caracteres qualitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental, por três métodos de estimação da repetibilidade e por três graus do coeficiente de determinação (R^2).

Caracteres	ANOVA			CP			AE		
	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
CorFF	0,1	0,3	0,7	0,1	0,3	0,7	0,1	0,3	0,7
CorP	0,1	0,1	0,5	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,5
CorF	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
CorA	0,2	0,4	0,9	0,1	0,4	0,8	0,2	0,4	0,9

CorFF: cor flor feminina; CorP: pistilo; CorF: cor filete; CorA: cor antera; ANOVA: análise de variância; CP: Componentes principais; AE: análise estrutural. Fonte: Autoria própria.

No que diz respeito aos caracteres quantitativos avaliados percebe-se que os mesmos apresentaram maior amplitude de variação nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade (Tabela 3), indo de média, 0,431 (DPFF, pela Análise Estrutural) a alta magnitude, 0,766 (NFM, pela ACP - covariância). Essa variação reflete as diferenças inerentes aos caracteres quantitativos, que geralmente possuem maior influência ambiental e dependem de um número mais elevado de medições para alcançar altos níveis de precisão.

Dentre os caracteres avaliados, o número de flores masculinas (NFM) foi o que mais se destacou, com alta magnitude de repetibilidade em todos os métodos ($r \geq 0,760$) e taxa de decisão ($R^2 = 97,04\%$). Porém este caráter é de difícil mensuração, uma vez que há um grande número de flores masculinas por ráquila.

Outro caráter que apresentou considerável magnitude para os coeficientes de repetibilidade foi o comprimento da ráquila (CR) com valores indo de $r = 0,653$ a $r = 0,659$ e coeficiente de determinação de $R^2 = 95,07\%$. Vale ressaltar que esse caráter apresenta facilidades e segurança na sua obtenção. Esses resultados indicam que possa ser indicado como descritor de germoplasma e que seja adequado seu uso em programas de melhoramento genético do tucumanzeiro. Estudos semelhantes realizados por Ferreira et al. (2020) em coqueiros (*Cocos nucifera*) demonstraram que características relacionadas ao número e comprimento das estruturas florais são menos afetadas pelo ambiente, tornando-as valiosas para processos seletivos.

Por outro lado, os caracteres distância da primeira flor feminina (DPFF) e número de flores femininas (NFF) exibiram coeficientes de repetibilidade de menores magnitudes, especialmente o DPFF ($r = 0,431$), indicando que esses caracteres sofrem

maior influência ambiental e requerem medições adicionais para aumentar a precisão. Resultados concordantes foram obtidos por Silva et al. (2018) em bananeiras (*Musa spp.*), esses autores destacaram que caracteres com baixas magnitudes de repetibilidade demandam estratégias experimentais mais robustas para compensar os efeitos ambientais.

Tabela 3 - Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (sem parênteses) e determinação (entre parênteses) para quatro caracteres quantitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

Caracteres	ANOVA	Componentes Principais		Análise Estrutural	
		Covariância	Correlação	Covariância	Correlação
CR (cm)	0,644 (94,77)	0,659 (95,07)	0,653 (94,95)	0,651 (94,91)	0,650 (94,88)
DPFF (cm)	0,432 (88,37)	0,447 (88,98)	0,434 (88,45)	0,431 (88,34)	0,431 (88,35)
NFF (n°)	0,575 (93,11)	0,595 (93,62)	0,581 (93,28)	0,576 (93,15)	0,579 (93,21)
NFM (n°)	0,760 (96,93)	0,766 (97,04)	0,764 (97,01)	0,763 (96,98)	0,760 (96,94)

CR: comprimento da ráquila; DPFF: distância da primeira flor feminina; NFF: número de flores femininas; NFM: número de flores masculina; ANOVA: análise de variância. Fonte: Autoria própria.

Em relação ao número ideal de medições indicadas para os caracteres quantitativos, pode-se verificar na Tabela 4 que foram variáveis. Por exemplo, os caracteres CR e NFM podem atingir até 95% de precisão com aproximadamente 10 medições. No entanto para os caracteres, DPFF e NFF, a amostragem para a mesma acurácia seria de até 25 medições, ou seja, 25 ráquulas, este número é possível de se conseguir em uma inflorescência sendo, porém, muito mais trabalhoso e oneroso. Essa diferença é relevante porque significa que a coleta de dados precisos sobre essas propriedades exige maior esforço e custo. Perdigão & Oliveira (2025) avaliando esses caracteres em germoplasma de bacabi (*O. mapora*) constataram alta influencia ambiental nos caracteres CR, DPFF e NFF, porém com alta contribuição relativa para NFM e NFF. Segundo Cruz et al. (2012), a alta reprodutibilidade é um fator chave para indicar um descritor, como também para maximizar os ganhos genéticos, especialmente em programas de melhoramento onde o custo-benefício é um fator importante para o sucesso.

Tabela 4 - Estimativas para o número de medições ideais para quatro caracteres quantitativos da inflorescência avaliados em genótipos de tucumanzeiro do BAG da Embrapa Amazônia Oriental, por três métodos de estimação da repetibilidade e por três graus do coeficiente de determinação (R^2).

Caracteres	ANOVA			CP			AE		
	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95	0,8	0,9	0,95
CR	2,0	5,0	10,5	2,1	4,7	9,8	2,1	4,8	10,2
DPFF	3,0	11,8	25,0	5,0	11,1	23,5	5,3	11,9	25,1
NFF	2,0	6,7	4,1	2,7	6,1	12,9	2,9	6,6	14,0
NFM	1,3	2,8	6,0	1,2	2,7	5,8	1,2	2,8	5,9

CR: comprimento da ráquila; DPFF: distância da primeira flor feminina; NFF: número de flores femininas; NFM: número de flores masculina;; ANOVA: análise de variância; CP: Componentes principais; AE: análise estrutural. Fonte: Autoria própria.

Os resultados deste estudo são condizentes com os de outras espécies de palmeiras amazônicas, como o babaçu (*Attalea speciosa*) e o açaizeiro (*Euterpe oleracea*), cujas características florais também apresentaram alto grau de

reprodutibilidade e certeza (Gomes et al., 2021; Souza et al., 2020). Vale salientar que as características morfológicas das inflorescências têm se mostrado particularmente úteis para distinguir genótipos em espécies perenes devido à sua estabilidade sob diferentes condições.

As magnitudes dos coeficientes de repetibilidade obtidas para os caracteres qualitativos nos genótipos de tucumanzeiro foram superiores às relatadas para populações híbridas de coqueiro (*Cocos nucifera*) por Lima et al. (2019). Isto destaca o potencial do tucumanzeiro como modelo para estudos de características genéticas e programas de seleção que exigem precisão fenotípica.

Em relação aos caracteres quantitativos, os resultados também reforçam tendências observadas em estudos com outras culturas tropicais, como a bananeira e o dendezeiro. Ferreira et al. (2020) observaram que características relacionadas ao número de flores e comprimento das estruturas são mais estáveis, enquanto caracteres de distribuição espacial (como DPFF) tendem a ser mais influenciados por variações ambientais.

Implicações para Melhoramento Genético

Os resultados deste estudo têm implicações práticas importantes para o melhoramento genético do tucumanzeiro. Características com alta repetibilidade e certeza, como CorP, NFM e CR, são ideais para seleção em estágio inicial, pois proporcionam alta confiabilidade e reduzem o número de medições. Essas características podem ser utilizadas em programas de melhoramento e, especialmente, nas estratégias de conservação genética, auxiliando na indicação de descritores para a caracterização de acessos em bancos de germoplasma.

Além disso, a identificação de características com alta estabilidade fenotípica pode facilitar a seleção indireta em programas de melhoramento, reduzindo custos e melhorando a eficiência operacional. Resende (2002) enfatizou que a integração de características qualitativas e quantitativas altamente reprodutíveis pode maximizar o ganho genético em espécies perenes, especialmente aquelas com ciclos reprodutivos longos, como é o caso do tucumanzeiro.

Por fim, os resultados deste estudo oferecem uma base para a padronização de descritores morfológicos do tucumanzeiro, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre essa espécie nativa da Amazônia e ampliando suas perspectivas de uso em sistemas agroflorestais e industriais.

4. Conclusão

As características qualitativas, especialmente a cor da pétala (CorP) revelam uma alta repetibilidade. Já entre as características quantitativas, o número de flores masculinas (NFM) e o comprimento da ráquila (CR) mostram maior estabilidade. Esses resultados fornecem um suporte técnico importante para a escolha de descritores eficientes, otimizando a conservação e o melhoramento genético da espécie. O estudo também destaca o tucumã como um recurso estratégico para a agricultura e a agroindústria, evidenciando sua relevância ecológica e socioeconômica na Amazônia.

Por outro lado, caracteres como a distância da primeira flor feminina e o número de flores femininas exigem um número maior de amostras para garantir confiabilidade, refletindo maior sensibilidade a variações ambientais.

Estudos envolvendo esses caracteres devem ser indicados para outras palmeiras, como forma de ampliar o conhecimento sobre os caracteres em diferentes etapas da planta, além de auxiliar na seleção precoce.

Agradecimentos

À Embrapa Amazônia Oriental pela bolsa ITI-A ao primeiro autor via Projeto (10.20.02.001.00.00), CNPq/Embrapa.

Referências

- Abeywardena, V. (1972). An application of principal component analysis in genetics. *Journal of Genetics*, 61, 27–51.
- Andrade, E. H. A., Silva, M. S. L., & Furtado, R. F. (2016). Potencial agroindustrial de frutos amazônicos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(4), 1–12.
- Cavalcante, M. C., Silva, F. L., & Oliveira, R. A. (2021). Repetibilidade em características agrônomicas de espécies perenes. *Revista de Ciências Agrárias*, 64(2), 245–254.
- Costa, J. C., Santos, E. O., & Rodrigues, R. B. (2021). Caracterização morfológica e repetibilidade em dendezeiro (*Elaeis guineensis*). *Journal of Agricultural Science*, 13(5), 112–121.
- Cruz, C. D. (2003). *Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV.
- Cruz, C. D. (2012). *Princípios de genética quantitativa*. Viçosa: Editora UFV.
- Cruz, C. D., & Regazzi, A. J. (2001). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., & Carneiro, P. C. S. (2012). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético* (4ª ed.). Viçosa: UFV.
- EMBRAPA. (2013). *Recursos genéticos vegetais: diretrizes para caracterização, conservação e uso*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Longman.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: FAO.
- Ferreira, J. L., Santos, G. A., & Almeida, R. C. (2020). Repetibilidade de características florais em coqueiro (*Cocos nucifera*). *Scientia Agraria*, 21(3), 55–63.
- Gomes, F. S., Pereira, J. L., & Barros, M. A. (2021). Caracterização floral e repetibilidade em babaçu (*Attalea speciosa*). *Revista Agro@mbiente On-line*, 15(1), 1–12.
- Henderson, A., Galeano, G., & Bernal, R. (1995). *Field guide to the palms of the Americas*. Princeton University Press.
- Lima, E. R., Silva, R. L., & Nascimento, P. R. (2019). Estimativas de repetibilidade em populações híbridas de coqueiro. *Revista Caatinga*, 32(4), 1000–1008.
- Lima, L. de C. de S., Oliveira, M. do S. P. de, & Lima, T. M. (2024). Morfologia de acessos de açaizeiro (*Euterpe spp*) híbridos interespecíficos do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental. *Research, Society and Development*, 13(3), e14113345214.
- Medeiros, C. A. B., Silva, R. O., & Moura, E. F. (2019). *Importância dos bancos ativos de germoplasma na conservação da agrobiodiversidade*. Embrapa Amazônia Oriental – Documentos Técnicos.
- Munsell Soil Color Charts. (1975). Baltimore: Munsell Color Company.
- Oliveira, M. do S. P. de. *Caracterização molecular e morfo-agronômica de germoplasma de açaizeiro*. 2005. 171 f. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- Perdigão, I. L. C., & Oliveira, M. do S. P. de. (2025). Divergência genética entre genótipos de bacabi preservados no banco de germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental por inflorescência. *Research, Society and Development*, 14(10), e175141049826.
- Pereira, A. S., Shitsuba, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuba, R. (2018). *Metodologia de pesquisa científica*. [free e-book]. Santa Maria, RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Resende, M. D. V. (2002). *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Embrapa Florestas.
- Silva, J. S., Andrade, W. L., & Costa, F. R. (2018). Repetibilidade e variabilidade fenotípica em bananeiras (*Musa spp.*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(2), 1–10.
- Silva, M. A., Santos, V. F., & Barata, R. B. (2022). Diversidade e potencial produtivo do tucumanzeiro (*Astrocaryum vulgare*). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52, 1–12.
- Souza, M. L., Ferreira, F. J., & Gomes, A. S. (2020). Repetibilidade de caracteres florais no açaizeiro (*Euterpe oleracea*). *Acta Amazonica*, 50(3), 230–241.
- Silva, A. J. B. da, & Miranda, I. P. de A. (2021). Agroecossistemas ribeirinhos no Xingu e o seu papel na conservação da biodiversidade. *Revista Agroecossistemas*, 13(1), 1–10.
- Silva, G. O. da, Pereira, A. S., Castro, C. M., Souza, V. Q., & Carvalho, F. I. F. (2009). Repetibilidade e importância de caracteres para avaliação de coleção ativa de germoplasma de batata. *Horticultura Brasileira*, 27, 290–293.
- Silva, K. D., Quisen, R. C., Goldbach, J. D., Pepe, K. B. F., & Kalil Filho, A. N. (2022). Plant growth-promoting endophytic bacteria in peach palm seedlings. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 57, e02962.
- Silva Souza, M. da, Oliveira, M. do S. P. de, Maciel, A. R. N. A., & Araújo, D. G. de. (2023). Repetibilidade e número mínimo de avaliações para caracteres de frutos de bacabão em áreas de ocorrência natural do Estado do Pará. *Research, Society and Development*, 12(7), e15512742631.
- Vieira, S. (2021). *Introdução à bioestatística*. Ed. GEN/Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 296p.
- Wetzel, M. M. V. S. & Ferreira, F. R. (2007). Sistema de curadorias de germoplasma. In L. L. Nass (Ed.), *Recursos genéticos vegetais* (p. 858). Embrapa.