

Macapá, AP / Dezembro, 2023



## Desempenho de uma população melhorada composta por quatro clones de cupuaçuzeiro adaptada para as condições do estado do Amapá

Gilberto Ken Iti Yokomizo<sup>(1)</sup>, Raimundo Pinheiro Lopes Filho<sup>(1)</sup>, Rafael Moysés Alves<sup>(2)</sup>, Mauricio Sena Cardoso<sup>(3)</sup> e Sonia Barreto Nunes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Embrapa Amapá, Macapá, AP. <sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

<sup>(3)</sup> Estagiários, Embrapa Amapá, Macapá, AP.

**Resumo** — O cupuaçuzeiro é uma frutífera com relevante papel social, cultural e econômica na agricultura familiar da região amazônica. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de uma população composta por uma seleção de plantas superiores dos clones BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém, em delineamento experimental inteiramente casualizado com parcela composta por uma planta e dez repetições, avaliando-se dez frutos por planta. Avaliou-se: CFR — comprimento longitudinal do fruto; DFR — diâmetro transversal do fruto; ECA — espessura da casca; PCA — peso da casca; PSE — peso da semente; PFI — peso da fibra presente no fruto; PPO — peso da polpa; PFR — peso total do fruto; NSE — número de sementes no fruto; NFR — número total de frutos por planta; e PRO — produtividade de frutos total por planta, empregando-se a metodologia de modelos mistos (REML/BLUP), com as médias dos dez frutos e o agrupamento de médias de Scott-Knott. Os resultados mostram diferenças entre clones para DFR, PCA, PSE, PFI, PPO, PFR e NSE. BRS Belém apresenta desempenho inferior aos demais clones, contudo este é o principal polinizador. As conclusões são que a população recorrente tem potencial para gerar cultivar específica para o estado do Amapá, essencialmente derivada da BRS Carimbó; há variabilidade genética intraclonal e entre clones de resistência à vassoura de bruxa [*Moniliophthora perniciosa* (Stahel Aime & Phillips-Mora)]; e NFR e PRO apresentam controle genético quantitativo com baixa herdabilidade, recomendando-se utilizar as outras características avaliadas caso seja feito um novo processo de seleção recorrente.

**Termos para indexação:** *Theobroma grandiflorum*, cupuaçu, melhoramento genético, fruta tropical.

## Performance of the improved population composed from four cupuassu clones adapted to the Amapá State conditions

**Abstract** — The cupuassu tree is a fruit tree with an important social, cultural and economic role in family farming in the Amazon region. This work aimed to evaluate the population performance composed of a

**Embrapa Amapá**  
Rodovia Josmar Chaves Pinto,  
Km 5, nº 2.600  
Caixa Postal 10  
68903-419 Macapá, AP  
www.embrapa.br/amapa  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Jamile da Costa Araújo

Secretário-executivo

Daniel Marcos de Freitas Araújo

Membros

Adelina do Socorro Serrão Belém,

Daniela Loschtschagina Gonzaga,

Gilberto Ken-Iti Yokomizo,

Leandro Fernandes Damasceno,

Nagib Jorge Melém Júnior, Valéria

Saldanha Bezerra

Edição executiva

Adelina do Socorro Serrão Belém

Daniela Loschtschagina Gonzaga

Revisão de texto

Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica

Adelina do Socorro Serrão Belém

(CRB-2/985)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Gleise Maria Teles de Oliveira

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

selection of superior plants from the clones BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru and BRS Belém, in a completely randomized experimental design with a plot composed of one plant and ten replications, evaluating ten fruits per plant. The following were evaluated: CFR – longitudinal fruit length; DFR – transversal fruit diameter; ECA - shell thickness; PCA – shell weight; PSE – seed weight; PFI – fiber weight present in the fruit; PPO – pulp weight; PFR – total fruit weight; NSE – number of seeds in the fruit; NFR – total number of fruits per plant; and PRO – total fruit yield per plant, using the mixed model methodology (REML/BLUP), with the averages of the ten fruits and the Scott-Knott grouping of averages. The results show differences between clones for DFR, PCA, PSE, PFI, PPO, PFR and NSE. BRS Belém presents lower performance than the other clones, however this is the main pollinator. The conclusions are that the recurrent population has the potential to generate a specific cultivar for the state of Amapá, essentially derived from BRS Carimbó; there is intraclonal and interclonal genetic variability of resistance to witches' broom [*Moniliophthora perniciosa* (Stahel Aime & Phillips-Mora)]; and NFR and PRO present quantitative genetic control with low heritability, and it is recommended to use the other characteristics evaluated if a new recurrent selection process is carried out.

**Index terms:** *Theobroma grandiflorum*, cupuaçu tree, genetic breeding, tropical fruit.

## Introdução

O Brasil está na terceira posição mundial na produção de frutas, com cerca de 40 milhões de toneladas. A fruticultura brasileira está instalada em 2,6 milhões de hectares, gerando 6 milhões de empregos diretos. No mercado internacional, a presença brasileira constitui 5,7% da produção mundial, disponibilizando frutas tropicais e de clima temperado durante boa parte do ano, por possuir condições favoráveis, como extensão territorial do País, posição geográfica e condições edafoclimáticas privilegiadas (Donadon; Santos, 2018).

Uma das fruteiras de clima tropical é o cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum], espécie arbórea perene da família Malvaceae, subfamília Byttnerioideae, tribo Theobromeae (Silva et al., 2017). O fruto é caracterizado como baga drupácea, de casca lisa, cor verde recoberta por pelos castanhos, com comprimento longitudinal variando de 10 a 30 cm e de 9 a 15 cm de diâmetro,

cerca de 30 sementes por fruto e peso médio próximo de 1,2 kg (Souza et al., 2017).

O cupuaçuzeiro representa uma frutífera de grande importância para o desenvolvimento da agricultura familiar na Amazônia Brasileira, com centro de origem nessa região. A polpa do fruto é muito utilizada para a produção de doces, sucos, sorvetes e geleias, entre outros produtos (Ferreira et al., 2009; Oliveira; Genovese, 2013). A espécie também se destaca por estimular a implantação de sistemas de cultivo sustentáveis, possibilitando retorno financeiro ao agricultor familiar, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico e cultural da região Norte do Brasil, devido aos múltiplos usos da polpa e das amêndoas (Franklin; Nascimento, 2020).

A região amazônica representa a única reserva da variabilidade genética do cupuaçuzeiro e da diversidade da espécie, importante para o melhoramento genético. Porém, com a pressão antrópica existente em razão de constante exploração predatória, e com isso uma transformação prejudicial de suas populações naturais, tem-se notado uma erosão genética desse recurso vegetal (Alves et al., 2007).

Os pequenos agricultores geralmente utilizam sementes de materiais sem qualidade ou que tenham origem de processos de seleção inadequados, com isso acabam gerando plantações com baixa produtividade, desuniformes e suscetíveis a doenças, não conseguindo obter produtividade suficiente para garantir viabilidade econômica (Alves et al., 2009).

Os maiores produtores dessa fruteira são os estados do Pará, do Amazonas, de Rondônia e do Acre. O Pará é o maior produtor nacional, com quase 29 mil toneladas obtidas em 9 mil hectares plantados, com rendimento médio de 3.227 kg ha<sup>-1</sup> (Pará, 2020).

O melhoramento genético do cupuaçuzeiro, visando atender aos agricultores locais, não deve se restringir a apenas disponibilizar materiais novos para plantio, possuidores de níveis de produtividade alta de frutos combinados com resistência aos principais fitopatógenos. Deve-se buscar também a seleção de genótipos adaptados às condições de clima e solo específicas, à situação local de competição interespecífica pelos recursos como luz, água e nutrientes (Giustina et al., 2017).

O uso de materiais que possuam elevada qualidade genética é fundamental para a implantação de novos pomares. Como parâmetro tem-se a cultivar BRS Carimbó, cujo processo de seleção tem como base as cultivares BRS Coari, BRS Codajás, BRS Manacapuru e BRS Belém. Essas quatro cultivares

base foram cruzadas entre si e também com outros materiais resistentes ou mais produtivos. As progênies obtidas foram, ao final do processo, selecionadas, escolhendo-se 13 plantas, que então foram clonadas. As sementes oriundas do cruzamento desses materiais originaram a cultivar BRS Carimbó (Santos et al., 2018), que possui potencial produtivo de 18 frutos por planta, com peso médio de 1,6 kg por fruto (Alves, 2012).

Essa combinação de diferentes materiais a serem implantados na área de cultivo deve-se à característica da espécie de apresentar autoincompatibilidade de polinização, ou seja, incapacidade de uma planta fértil formar frutos quando fertilizada pelo seu próprio pólen, necessitando da combinação de grupos afins. A indicação de plantio de produção nunca deve ser efetivada em apenas um clone, pois isso gerará uma área altamente suscetível a doenças e baixa produtividade (Alves et al., 1997). Importante destacar que as flores de cupuaçuzeiro apresentam barreiras físicas que isolam o estigma das anteras, associadas ao sistema de autoincompatibilidade genética, o que torna a espécie obrigatoriamente alógama (Venturieri, 1993; Venturieri; Ribeiro Filho, 1995).

O estado do Amapá não dispõe de cultivar especificamente desenvolvida para as suas condições, por esse motivo utiliza material nativo não melhorado ou mesmo cultivares desenvolvidas para as condições do estado vizinho Pará. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar preliminarmente uma possível cultivar essencialmente derivada, nas condições edafoclimáticas do Amapá, e o desempenho de uma população melhorada com origem de seleção recorrente em quatro clones de cupuaçuzeiro do campo original de produção de sementes da cultivar BRS Carimbó, sendo esses quatro clones componentes da paternalidade de 16 materiais da referida cultivar.

Esse trabalho contribui para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 — Fome Zero e Agricultura Sustentável.

## Material e métodos

A área de instalação dos quatro clones foi no Campo Experimental da Fazendinha, pertencente à Embrapa Amapá, situado no Polo Hortifrutigranjeiro da Fazendinha, Macapá, AP (localização geográfica 0°01'01.51"S; 51°06'35.18"W). O clima da região é do tipo Am, megatérmico úmido com estação seca curta, segundo a classificação climática de Köppen (Tavares, 2014). A precipitação pluviométrica média anual é próxima de 2.600 mm. A temperatura média

anual é de 26,5 °C e a umidade relativa média anual é de 83%.

A data de plantio foi 14 de fevereiro de 2007, com a área experimental composta por uma competição de quatro clones (BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém), com mudas enxertadas provenientes de seleção recorrente na população original do campo de produção de sementes da BRS Carimbó, da Embrapa Amazônia Oriental. Os dados referem-se ao período de avaliação do início de janeiro ao final de maio de 2022, com as plantas tendo 15 anos de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dez plantas para cada clone representando a parcela experimental e as repetições compostas por dez frutos por planta. O espaçamento utilizado foi em triângulos equiláteros 4,0 x 4,0 m, totalizando 722 plantas por hectare. Os tratos culturais foram feitos de acordo com recomendações da cultura, com a eliminação de plantas invasoras nas entrelinhas, usando-se preferencialmente a capina manual com máximo de cuidado para não danificar as raízes das plantas, evitando-se a mecanizada, que pode compactar o solo; realizando o coroamento na projeção da copa das plantas, deixando-se as invasoras cortadas como cobertura morta; efetivação da poda eliminando ramos "ladrões", ramos entrelaçados entre plantas, ramos mortos e eliminação de ramos doentes; quanto à adubação, deve ser realizada para a manutenção de níveis adequados dos nutrientes e para o acréscimo da produtividade (Souza, 2007). Esse quantitativo de plantas, no caso dez para cada clone, é superior ao exigido em Brasil (2013), ao citar que, no caso de plantas propagadas vegetativamente, todas as observações devem ser realizadas em cinco plantas ou partes de cada uma das cinco plantas.

Não se instalou conjuntamente na área a cultivar BRS Carimbó, empregada como parâmetro comparativo, pois ela foi composta por 16 parentais e obtida por processo de seleção recorrente populacional (Alves; Ferreira, 2012), o que representaria um acréscimo de 300% na área de avaliação, tornando inviável a sua execução. Associado a esse fato tem-se o aspecto mencionado por Brasil (2013) de que as instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), por não haver ainda especificamente para o cupuaçu, não exigem a instalação de padrões ou testemunhas na área de avaliação da possível cultivar essencialmente derivada.

As características avaliadas em até dez frutos por planta foram: comprimento do fruto (CFR),

medido no sentido longitudinal do fruto, em centímetros; diâmetro do fruto (DFR), medido no sentido transversal do fruto, em centímetros; espessura da casca (ECA), medida na parte média do fruto, em milímetros; peso da casca (PCA), avaliado em gramas; peso da semente (PSE), avaliado em gramas; peso da fibra presente no fruto (PFI), avaliado em gramas; peso da polpa (PPO), avaliado em gramas; peso total do fruto (PFR), avaliado em gramas; número de sementes no fruto (NSE), avaliado por contagem; número total de frutos (soma realizada de 2 meses em 2 meses, por três vezes, somando o total de cada contagem (NFR)); e produtividade de frutos total por planta (PRO), em quilograma por planta.

Para cupuaçuzeiro, Souza et al. (2002) indicaram a metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) como a mais adequada para a avaliação genética, por esse motivo empregou-se essa metodologia para obtenção da melhor predição linear não viciada (BLUP) e o processo da máxima verossimilhança restrita (REML), com as médias dos dez frutos, estimando-se os parâmetros genéticos e fenotípicos. As análises foram realizadas com o software Selegen REML/BLUP (Resende, 2007, 2016).

Para a análise de variância o modelo estatístico adotado foi o modelo 157 do software Selegen REML/BLUP (Resende, 2007):  $y = Xt + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados;  $t$  é o vetor dos efeitos de clones assumidos como fixos somados à média geral;  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para se estimar os parâmetros genotípicos e fenotípicos empregou-se o modelo 83 (Resende, 2007):  $y = Xu + Zg + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados;  $u$  é o escalar referente à média geral (efeito fixo);  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Nas características em que foram observadas diferenças significativas para o efeito de clones pelo teste F ( $P < 0,05$ ), promoveu-se o agrupamento de médias de Scott-Knott (Scott; Knott, 1974), porém, na metodologia modificada apresentada por Vasconcelos et al. (2007), usando o programa Genes (Cruz, 2016).

Por esse método as médias dos clones são classificadas em grupos, sem sobreposição, pelas diferenças significativas existentes. O critério de classificação da metodologia modificada diferencia-se por realizar os agrupamentos de forma simultânea, separando os clones num único processo, em

relação ao método tradicional baseado num processo hierárquico ou de ramificação, dividindo-se as médias de tratamentos em dois grupos, e assim sucessivamente em novos subgrupos, cada subgrupo contendo padrões de similaridade em seu conjunto de médias. O processo de divisões encerra-se quando se tenta dividir um subgrupo em dois novos subgrupos, e estes não apresentaram diferenças significativas. O método de divisão adotado é o de Edwards e Cavalli-Sforza (1965), que consiste em medir a similaridade das médias individuais de tratamentos dentro dos grupos pela soma dos mínimos quadrados (SQ) dos indivíduos.

O procedimento básico adotado para o teste de Scott-Knott está descrito a seguir, considerando:

$$\lambda = \frac{\pi B_0}{[2\hat{\sigma}_0^2(\pi-2)]}$$

em que

$\hat{\sigma}_0^2$  = é o estimador da máxima verossimilhança.

$\pi = 3,14159\dots$

$B_0$  = o valor máximo da soma de quadrados entre grupos obtidos sobre todas as possíveis divisões dos tratamentos em dois grupos.

O estimador da máxima verossimilhança é obtido pela equação:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\sum (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2 + vS_x^2}{t + v}$$

em que

$\bar{x}_i$  = é a média do  $i$ -ésimo tratamento ou clone.

$\bar{x}_{..}$  = é a média de todos os tratamentos envolvidos na comparação.

$t$  = o número de médias de tratamentos sendo divididos.

$S_x^2$  = a variância da média de tratamento.

$v$  = graus de liberdade do erro.

A distribuição de  $\lambda$  foi então comparada a uma de distribuição  $X^2$  com graus de liberdade para  $V_0$ , sendo:  $V_0 = t(\pi - 2)$ . Quando o  $\lambda$  calculado foi menor que o correspondente  $X^2$  tabulado ao nível de significância escolhido, todas as médias foram consideradas homogêneas; caso contrário, ou seja, se  $\lambda$  foi maior que o valor tabulado, os dois grupos avaliados não diferiram significativamente entre si.

## Resultados e discussão

O resumo da análise de variância da Tabela 1 permite observar a existência de diferenças significativas entre os clones para as características avaliadas, exceto para comprimento do fruto (CFR), espessura da casca (ECA), número de frutos (NFR) e produtividade total da planta (PRO). Nesse caso, permite-se inferir que as variações possuem maior influência do diâmetro do fruto, gerando como reflexo as diferenças de peso dos outros componentes dos frutos. Infere-se também que os quatro clones se distinguem entre si para as características que apresentaram diferenças significativas.

Houve maior quantitativo do número de frutos produzidos (Tabela 1) comparativamente aos valores observados por Alves (2012), Alves e Ferreira (2012), Alves et al. (2020a, 2020b, 2021). Para a característica de produção (PRO), nota-se ampla variação nos valores obtidos pelos trabalhos realizados com o cupuaçuzeiro, com isso a média apresentada,

na Tabela 1, foi semelhante ao observado por Alves et al. (2020a); pouco inferior aos resultados de Alves et al. (2020b); e superior ao observado por Alves e Ferreira (2012) e Alves et al. (2021). Com base nesse comportamento, a superioridade geral aqui ocorreu pelo maior quantitativo de frutos. Esse resultado já é preliminarmente suficiente para servir como parâmetro que distingue essa população da que compõe a cultivar BRS Carimbó.

Os coeficientes de variação experimental (Tabela 1), segundo a classificação de Gomes (1990), estiveram dentro dos valores considerados normais, exceto para NFR e PROD, que foram altos porém aceitáveis, pois é o que se espera de uma característica quantitativa, cuja manifestação fenotípica é muito afetada pelas condições ambientais e condicionada por vários complexos gênicos, segundo Maia et al. (2010). Sendo que Maia et al. (2011) encontram valores altos para CFR, PPO, PSE e NSE, condizentes com o comportamento observado neste trabalho.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância e de parâmetros fenotípicos e genotípicos em clones de cupuaçuzeiro. Macapá, 2022.

	GL <sup>(1)</sup>	DFR <sup>(2)</sup>	CFR <sup>(3)</sup>	ECA <sup>(4)</sup>	PCA <sup>(5)</sup>	PSE <sup>(6)</sup>	PFI <sup>(7)</sup>
		(cm)		(mm)	(g)		
Clones	3	224,41**	49,01 <sup>ns</sup>	4,23 <sup>ns</sup>	389.338,23**	43.138,50**	18.064,35**
Resíduo	36	6,67	31,04	1,45	23.240,05	1.230,83	464,92
<b>Total</b>	<b>39</b>						
Média		24,43	35,62	9,79	581,72	178,48	85,39
Máxima		35,30	62,50	13,00	1.166,25	349,30	189,40
Mínima		15,30	25,25	7,5	216,20	79,00	16,00
$\sigma_g^2$		21,78	1,80	0,28	36.609,95	4.190,78	1.759,95
$\sigma_e^2$		6,68	31,04	1,45	23.240,03	1.230,84	464,91
$\sigma_f^2$		28,44	32,84	1,73	59.849,98	5.421,61	2.224,86
H <sup>2</sup> %		76,56±3,91	5,48±10,47	16,16±17,98	61,17±34,98	77,30±39,32	79,10±39,78
CVg		19,10	3,77	5,39	32,89	36,27	49,13
CVe		10,57	15,64	12,28	26,21	19,66	25,25
CVg/CVe		1,81	0,24	0,44	1,25	2,00	1,95
	GL	PPO	PFR	NSE	NFR	PRO	
Clones	3	254.596,77**	2.080.584,05**	163,56**	666,33 <sup>ns</sup>	1.364,35 <sup>ns</sup>	
Resíduo	36	6.451,76	77.240,76	22,18	404,31	626,57	
<b>Total</b>	<b>39</b>						
Média		383,47	1.223,77	24,71	26,50	30,53	
Máxima		652,00	2.235,75	39,40	86,00	105,52	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Mínima	81,80	395,00	13,00	1,00	0,57	
	GL	PPO <sup>(8)</sup>	PFR <sup>(9)</sup>	NSE <sup>(10)</sup>	NFR <sup>(11)</sup>	PRO <sup>(12)</sup>
$\sigma_g^2$	24814,43	200333,41	14,14	26,24	73,75	
$\sigma_e^2$	6451,77	77241,82	22,18	404,29	626,58	
$\sigma_f^2$	31266,20	277575,23	36,32	430,52	700,33	
H <sup>2</sup> %	79,37±39,84	72,17±39,99	38,92±27,90	6,09±11,04	10,53±14,51	
CVg	41,08	36,57	15,22	19,33	28,13	
CVe	20,95	22,71	19,06	75,87	81,99	
CVg/CVe	1,96	1,61	0,80	0,25	0,34	

<sup>(1)</sup> GL: graus de liberdade. <sup>(2)</sup> DFR: diâmetro do fruto. <sup>(3)</sup> CFR: comprimento do fruto. <sup>(4)</sup> ECA: espessura da casca. <sup>(5)</sup> PCA: peso da casca. <sup>(6)</sup> PSE: peso da semente. <sup>(7)</sup> PFI: peso da fibra presente no fruto. <sup>(8)</sup> PPO: peso da polpa. <sup>(9)</sup> PFR: peso total do fruto. <sup>(10)</sup> NSE: número de sementes no fruto. <sup>(11)</sup> NFR: número total de frutos por planta. <sup>(12)</sup> PRO: produtividade de frutos total por planta. \*Significativo a 5% de probabilidade. \*\*Significativo a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F.

Torna-se conveniente citar que a escala adotada por Gomes (1990) considera os coeficientes de variação baixos quando inferiores a 10%; médios entre 10% e 20%; altos entre 20% e 30%; e muito altos, se superiores a 30%. Porém essa escala não é voltada para a realidade florestal na qual se insere o cupuaçuzeiro. Com isso, apesar de bastante utilizada nas discussões de resultados da pesquisa agrícola em geral, a escala é imprópria por não levar em conta que a avaliação da precisão depende da variável resposta sob consideração. Em particular, uma classificação de coeficiente de variação apropriada para cupuaçuzeiro deve considerar essa espécie e suas peculiaridades, a característica avaliada, o número de repetições, o delineamento experimental, entre outros aspectos importantes. Isso pode ser explicado pelo fato de uma variável ser, naturalmente, de maior variabilidade entre frutos da mesma planta ou mesmo pelo fato de esta ser uma característica de medições pouco homogêneas (Silva et al., 2011) que aqui especificamente ocorreu para NFR e PROD. Com base em avaliações futuras desse material será empregada a metodologia proposta por Garcia (1989), pois, para a primeira avaliação, é possível somente considerar a escala de Gomes (1990).

Com relação às variâncias, somente as características CFR, NFR e PRO apresentaram variâncias fenotípicas superiores às genotípicas, semelhante ao observado por Alves et al. (2020b, 2021). As demais características tiveram valores próximos entre essas variâncias, indicando que possuem efeitos aditivos (genéticos) suficientes para gerar repetibilidade das características em gerações futuras, ou seja, possuem herdabilidade genética, além de

garantir importante manutenção da variabilidade intraclonal e entre clones, de fundamental relevância para a resistência à vassoura de bruxa. Pode-se gerar indagação sobre a existência de variabilidade em plantas oriundas de clonagem, contudo é fundamental salientar que os porta-enxertos foram constituídos por mudas providas das sementes desses quatro clones (progênies de meios-irmãos), ou seja, com recombinação, sendo, portanto, fator que contribui para as variações observadas mesmo dentro do próprio clone, pois, segundo Santos et al. (2009), há interação entre os fatores enxerto (copa) e porta-enxerto (“cavalo”) em cupuaçuzeiro.

Adotando-se as classes apresentadas por Resende (2002), considerando-se como baixos ( $10 < H\% < 40$ ), médios ou moderados ( $40 \leq H\% < 70$ ) e altos ( $H\% \geq 70$ ), as características DFR, PCA, PSE, PFI, PPO, PDR e NSE tiveram altas herdabilidades; ECA e PRO, médias; CFR e NFR, baixas herdabilidades. Neste caso, evidencia-se que componentes importantes de produtividade (NFR e PRO principalmente) são controlados por um complexo gênico, e com isso a manifestação fenotípica torna-se muito variável (Maia et al., 2010).

Para a relação CVg/CVe (coeficiente de variação relativa) da Tabela 1, os valores acima de 1,0 indicam boas chances de ganhos com a aplicação da seleção entre matrizes, sugerem que a característica pode ser trabalhada facilmente no melhoramento, pois, com valores altos de CVg/CVe, tem-se alta acurácia seletiva, mesmo que os CVe sejam altos (Resende; Duarte, 2007). Então, caso se deseje realizar um novo processo de seleção recorrente populacional, têm-se as características DFR, PCA,

PSE, PFI, PPO e PFR como as mais indicadas para base desse processo.

A classificação de médias de Scott-Knott (Tabela 2) foi capaz de diferenciar os clones nas características DFR, ECA, PCA, PSE, PFI, PPO, PFR e

NSE, o que é interessante, pois demonstra existir distinção fenotípica entre os clones. Para CFR, NFR e PRO, o teste não foi capaz de gerar grupos distintos, então se pode considerar que estatisticamente houve comportamento semelhante entre os clones.

**Tabela 2.** Componentes de média (BLUP individual) de quatro clones (C) de cupuaçuzeiro e os respectivos valores genéticos (g), valores genotípicos (m + g), novas médias (NM) e classificação de médias de Scott-Knott (SK) para 11 características em clones de cupuaçuzeiro. Macapá, 2022.

DFR <sup>(1)</sup>					CFR <sup>(2)</sup>				
C	g	m+g	SK	NM	C	g	u+g	SK	NM
2	4,57	29,00	29,13a	29,00	2	0,85	36,46	37,92a	36,46
1	1,26	25,70	25,74b	27,35	4	0,36	35,97	36,60a	36,22
4	0,54	24,98	25,00b	26,56	1	-0,15	35,46	35,20a	35,97
3	-6,37	18,06	17,86c	24,44	3	-1,06	34,56	32,74a	35,62
ECA <sup>(3)</sup>					PCA <sup>(4)</sup>				
C	g	u+g	SK	NM	C	g	u+g	SK	NM
4	0,39	10,19	10,38a	10,19	2	162,80	744,51	754,85a	744,51
2	0,33	10,12	10,29a	10,15	4	97,44	679,16	685,34a	711,83
3	-0,24	9,55	9,42b	9,95	1	-0,87	580,85	580,8a	668,17
1	-0,48	9,31	9,07b	9,79	3	-259,37	322,34	305,88b	581,71
PSE <sup>(5)</sup>					PFI <sup>(6)</sup>				
C	g	u+g	SK	NM	C	g	u+g	SK	NM
2	80,69	259,17	261,54a	259,17	2	50,53	135,92	137,26a	135,92
1	-0,42	178,06	178,05b	218,62	4	3,33	88,73	88,81b	112,32
4	-4,90	173,58	173,43b	203,60	1	-3,17	82,22	82,14b	102,29
3	-75,36	103,12	100,91c	178,48	3	-50,69	34,70	33,36c	85,39
PPO <sup>(7)</sup>					PFR <sup>(8)</sup>				
C	g	u+g	SK	NM	C	g	u+g	SK	NM
2	154,95	538,43	542,46a	538,43	2	434,72	1658,48	1675,25a	1658,48
4	55,30	438,78	440,22b	488,60	4	158,69	1382,46	1388,58b	1520,47
1	3,00	386,47	386,55b	454,56	1	0,25	234,02	1234,42b	1424,99
3	-213,26	170,22	164,68c	383,47	3	-603,67	620,09	596,82c	1223,76
NSE <sup>(9)</sup>					NFR <sup>(10)</sup>				
C	g	u+g	SK	NM	C	g	u+g	SK	NM
1	2,90	27,61	28,07a	27,61	1	4,57	31,07	38,10a	31,07
4	1,72	26,43	26,70a	27,02	3	-0,08	26,42	26,30a	28,74
2	0,40	25,11	25,18a	26,38	2	-2,09	24,41	21,20a	27,30
3	-5,02	19,70	18,91b	24,71	4	-2,40	24,10	20,40a	26,50

Continua...

Tabela 2. Continuação.

C	PRO <sup>(11)</sup>			
	g	u+g	SK	NM
1	7,20	37,74	43,86a	37,74
2	2,40	32,93	34,97a	35,34
4	-2,00	28,54	26,84a	33,07
3	-7,61	22,92	16,45a	30,53

1: Codajás. 2: Manacapuru. 3: Belém. 4: Coari.

<sup>(1)</sup> DFR: diâmetro do fruto. <sup>(2)</sup> CFR: comprimento do fruto. <sup>(3)</sup> ECA: espessura da casca. <sup>(4)</sup> PCA: peso da casca. <sup>(5)</sup> PSE: peso da semente. <sup>(6)</sup> PFI: peso da fibra presente no fruto. <sup>(7)</sup> PPO: peso da polpa. <sup>(8)</sup> PFR: peso total do fruto. <sup>(9)</sup> NSE: número de sementes no fruto. <sup>(10)</sup> NFR: número total de frutos por planta. <sup>(11)</sup> PRO: produtividade de frutos total por planta.

Letras semelhantes na mesma coluna SK indicam classificações iguais para o teste de médias de Scott-Knott.

Com base nos resultados da Tabela 2, para a classificação de médias de Scott-Knott, os clones BRS Codajás, BRS Manacapuru e BRS Belém produziram maior quantitativo de frutos quando comparados aos resultados de Fernandes et al. (2011). Sobre a produtividade por planta, tem-se que BRS Coari, BRS Codajás e BRS Manacapuru tiveram valores superiores, com aproximadamente 26,84 kg por planta, 43,86 kg por planta e 34,97 kg por planta respectivamente; enquanto BRS Belém teve valor similar ao observado por Fernandes et al. (2011). Apesar do menor tamanho dos frutos e da menor produtividade, quantitativo, mas não estatístico, da BRS Belém, esta deve ser mantida nos plantios, pois é a principal polinizadora da população e, portanto, deve-se considerá-la por esse aspecto, e não por sua produção. Resultado importante, pois, conforme relato pessoal do pesquisador Rafael Moyses Alves, da Embrapa Amazônia Oriental, os clones implantados na área experimental da Embrapa Amapá foram selecionados dentre as melhores plantas da população recorrente da cultivar original, o que é comprovado pelos resultados obtidos neste trabalho.

Os resultados relativos às médias dos clones foram superiores em comparação aos citados por Alves (2012) e Alves et al. (2021) para as características NFR e PRO, exceto nessa última característica para o clone BRS Belém, sendo conveniente novamente lembrar que seu uso se deve ao importante papel de polinizador dos outros clones, viabilizando maior produtividade deles.

Convém ressaltar, para os indivíduos que desejem conduzir futuras áreas de produção de frutos de cupuaçuzeiro, que a informação emitida por Alves (2005), de que melhores resultados com plantio de clones de cupuaçuzeiro são obtidos quando plantados com mais de dois clones (plantio policlonal), aqui

foram utilizados quatro clones, satisfazendo essa premissa quanto à instalação de áreas de produção de cupuaçu. Também é citado que os diferentes clones deverão ser arranjados no campo de modo alternado para assim potencializar a polinização e resistência contra pragas e doenças, e como consequência melhorar a produtividade de frutos, com isso a adoção do triângulo equilátero, ofertando, na configuração, seis diferentes plantas polinizadoras para a planta central mostrou-se eficiente ao possibilitar maior produtividade em relação à cultivar BRS Carimbó (Alves, 2012; Alves; Ferreira, 2012).

Comparando-se a cultivar BRS Carimbó, cuja informação de produção de Alves (2012), Alves e Ferreira (2012) e Embrapa Amazônia Oriental (2012) é de 11.600 kg ha<sup>-1</sup> de frutos em 400 plantas, proporcionalmente neste experimento foram obtidos 12.212 kg ha<sup>-1</sup>, valor superior ao citado na cultivar original. Contudo, neste trabalho, a área experimental comporta 772 plantas por hectare, com isso tem-se uma estimativa de produção de 22.042 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, muito superior ao valor por hectare original ao associar a distribuição de plantas em triângulo equilátero.

Complementarmente a análise de modelos mistos com os componentes de média BLUP individual para as características avaliadas é apresentada na Tabela 2. Ressaltando que os valores genotípicos (m+g) devem ser os preferíveis pelos melhoristas, pois são esses os verdadeiros valores a serem preditos. Valores de nova média são as predições feitas pelo BLUP para os cultivos comerciais, ou seja, quais quantitativos nos cultivos comerciais os clones deverão produzir, em média, tais valores. Pela metodologia REML/BLUP, o que realmente se estima e/ou se prediz são esses valores (Borges et al., 2010). Neste estudo, pode ser verificado que os valores genotípicos (u+g) são bem próximos da nova

média e vice-versa, excetuando-se em várias características para o clone 3 (BRS Belém), mas, como este tem sua importância maior como polinizador, não gera problemas à população recorrente.

## Conclusões

A população recorrente apresenta desempenho superior à BRS Carimbó, portanto tem potencial para gerar uma cultivar essencialmente derivada desta.

Há variabilidade genética disponível para a manutenção intraclonal e entre clones de resistência à vassoura de bruxa.

Os resultados obtidos para NFR e PRO confirmam que são características de controle genético quantitativo com baixa herdabilidade, recomendando-se utilizar as demais características avaliadas, caso se deseje realizar um novo processo de seleção recorrente.

## Agradecimentos

A Flávio dos Santos Oliveira pelo apoio na condução e nas avaliações das plantas de cupuaçu, do Campo Experimental da Fazendinha.

## Referências

ALVES, R. M. **Implantação de um pomar de cupuaçuzeiro com a cultivar BRS Carimbó**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 40 p.

ALVES, R. M. **Recomendações técnicas para o plantio de clones de cupuaçuzeiro**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 151).

ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. S.; ALVES, R. S.; SANTOS, T. G.; ARAÚJO, D. G.; RESENDE, M. D. V. Cupuaçu tree genotype selection for an agroforestry system environment in the Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02139, 2021.

ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. S.; GAMA, M. A. P.; PEDROZA NETO, J. L.; SANTOS, T. G. Simultaneous selection of cupuaçu tree and Brazilian mahogany genotypes in an agroforestry system in Pará state, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 50, n. 3, p. 183-191, 2020a.

ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. S.; PEDROZA NETO, J. L.; SANTOS, T. G. Selection of triple-cross *Theobroma grandiflorum* genotypes, aiming at fruit production and resistance to *Moniliophthora perniciosa*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 4, e8058, 2020b.

ALVES, R. M.; CORREA, J. R. V.; GOMES, M. R. de O.; FERNANDES, G. L. C. Melhoramento genético do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) no Estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1., 1996, Belém, PA. **Anais [...]** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: JICA, 1997. p. 127-146. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

ALVES, R. M.; FERREIRA, F. N. **BRS Carimbó – a nova cultivar de cupuaçuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 8 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 232).

ALVES, R. M.; RESENDE, M. D. V.; BANDEIRA, B. S.; PINHEIRO, T. M.; FARIAS, D. C. R. Evolução da vassoura de bruxa e avaliação da resistência em progênies de cupuaçuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1022-1032, 2009.

ALVES, R. M.; SEBBENN, A. M.; ARTERO, A. S.; CLEMENT, C.; FIGUEIRA, A. High levels of genetic divergence and inbreeding in populations of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Tree Genetics & Genomes**, v. 3, n. 4, p. 289-298, 2007.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ato nº 29, 3 de abril de 2013. Divulga Instruções para execução dos ensaios de Distinguidade, Homogeneidade e Estabilidade de cultivares de cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.). **Diário Oficial da União**: seção 31, ano 150, n.85, p. 3, 6 maio 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/do-06-05-2013-s1.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CRUZ, C. D. Genes Software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.

DONADON, F. A. B.; SANTOS, D. F. L. A relevância da eco-inovação para resíduos sólidos na agroindústria da fruticultura. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 18, n. 3, p. 225-246, 2018.

EDWARDS, A. W. F.; CAVALLI-SFORZA, L. L. A method for cluster analysis. **Biometrics**, v. 21, n. 2, p. 362-75, 1965.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **BRS Carimbó**. Belém, PA: 2012. 1 folder.

FERNANDES, J. R. Q.; ALVES, R. M.; OLIVEIRA, C. C. Recuperação de pomares de cupuaçuzeiro com clones resistentes à vassoura de bruxa. In: SEMINÁRIO DE INI-

CIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 15., 2011, Belém, PA. **A ciência de fazer ciência: anais**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

FERREIRA, M. G. R.; ROCHA, R. B.; GONÇALVES, E. P.; ALVES, E. U.; RIBEIRO, G. D. Influência do substrato no crescimento de mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 677-681, 2009.

FRANKLIN, B.; NASCIMENTO, F. D. C. A. Plants for the future: data compilation of nutritional composition of guava-boi, burity, cupuaçu, murici and peach palm. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10174-10189, 2020.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Ipef, 1989. 12 p. (Ipef. Circular técnica, 171).

GIUSTINA, C. D.; CARNEVALLI, R. A.; ROMANO, M. R.; ANTONIO, D. B. A.; ECKSTEIN, C. Growth of different fruit tree species in silvopastoral systems during the establishment phase. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1040-1049, 2017.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

MAIA, M. C. C.; OLIVEIRA, L. C. de; ALVARES, V. de S.; MACIEL, V. T.; LESSA, L. S.; RONCATTO, G. Caracterização agroindustrial de clones experimentais de cupuaçuzeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Frutas: saúde, inovação e responsabilidade: Anais**. Natal: 2010. 4 p.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, L. C.; ALVARES, V. S.; MACIEL, V. T.; LIMA, A. C. Seleção de clones experimentais de cupuaçu para características agroindustriais via modelos mistos. **Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 35- 43, 2011.

OLIVEIRA, T. B.; GENOVESE, M. I. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 929-935, 2013.

PARÁ. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca do Pará. **Cupuaçu**. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1rgcXzKasc4RFC9xYR-g68pxKeogYCWxR/view>. Acesso em: 9 nov. 2022

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.

RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética Biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

SANTOS, V. S.; ALVES, R. M.; MELO, G. F. Estudo comparativo de clones de cupuaçuzeiro em experimento de enxerto x porta-enxerto. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DA UFRA, 7.; SEMINÁRIO [DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA] DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 13.; SEMINÁRIO DE PESQUISA DA UFRA, 1., 2009, Belém, PA. **Pesquisa e desenvolvimento tecnológico na formação do jovem cientista: anais**. Belém, PA: UFRA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 4 p.

SANTOS, A. M. T. B.; SOARES, R. T. C.; SILVA, A. C. P.; TELES, I. M. O.; SOUZA, P. P. L. R. Elaboração do Business Model Generation para uma nova variedade de cupuaçu. In: TÓPICOS em administração. Belo Horizonte: Poisson, 2018. v. 12, p.148-158. E-book.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, A. R.; CECON, P. R.; RÊGO, E. R.; NASCIMENTO, M. Avaliação do coeficiente de variação experimental para caracteres de frutos de pimenteiros. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 168-171, 2011.

SILVA, R. A.; SOUZA, G.; LEMOS, L. S. L.; LOPES, U. V.; PATROCÍNIO, N. G. R.; ALVES, R. M.; MARCELLINO, L. H.; CLEMENT, D.; MICHELI, F.; GRAMACHO, K. P. Genome size, cytogenetic data and transferability of EST-SSRs markers in wild and cultivated species of the genus *Theobroma* L. (Byttnerioideae, Malvaceae). **PLOS ONE**, v. 12, n. 2, p. e0170799, 2017.

SOUZA, A. G. C. **Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 56 p.

SOUZA, A. G. C.; ALVES, R. M.; SOUZA, M. G. **Cupuaçu – Theobroma grandiflorum**. Montevideu: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura: Procisur, 2017. 24 p.

SOUZA, A. G. C.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, S. E. L.; SOUSA, N. R. The cupuaçu genetic improvement program at Embrapa Amazônia Ocidental. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 471-478, 2002.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos da Geografia**, v. 15, n. 50, p. 138-151, jun. 2014.

VASCONCELOS, E. S.; CRUZ, C. D.; BHERING, L. L.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém, PA: Clube do Cupu, 1993. 108 p.

VENTURIERI, G. A.; RIBEIRO FILHO, A. A. Polinização manual do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). **Acta Amazônica**, v. 25, n. 3/4, p. 181-191, 1995.