

## VARIABILIDADE DE ALGUNS CARACTERES FÍSICOS E QUÍMICOS DO FRUTO DO CUPUAÇUZEIRO<sup>1</sup>

CARLOS EDUARDO LAZARINI DA FONSECA<sup>2</sup>, JOSÉ RICARDO ESCOBAR<sup>3</sup> e DALVA MARIA BUENO<sup>4</sup>

**RESUMO** - Foram desenvolvidos estudos referentes a variabilidade, repetibilidade e correlações entre diversos caracteres físicos e químicos dos frutos de dezenove genótipos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) plantados em Manaus, AM. Os caracteres percentagem de sementes e percentagem de polpa mostraram ser os menos influenciados pelo ambiente, com índices de repetibilidade (R) de 0,72 e 0,70, respectivamente. Ganhos provenientes de seleção fenotípica baseada nestes caracteres podem ser significativos. Os caracteres físicos que mais se correlacionaram foram peso do fruto com peso da polpa (0,912), volume do fruto (0,909), peso da casca (0,901) e comprimento do fruto (0,752). Os caracteres químicos apresentaram baixos índices de correlação com todos os caracteres físicos estudados. Seleção fenotípica para peso de polpa poderá resultar em maiores ganhos indiretos no peso do fruto. Seleção para percentagem de polpa no fruto poderá gerar progênies cujos frutos terão menor percentagem de casca.

Termos para indexação: cupuaçu, repetibilidade, variabilidade genética, qualidade do fruto.

### VARIABILITY OF SOME PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERS OF THE "CUPUAÇU" TREE FRUIT

**ABSTRACT** - Studies of variability, repeatability, and correlation were undertaken for several physical and chemical fruit characters from nineteen genotypes of "cupuaçuzeiro" (*Theobroma grandiflorum*) planted in Manaus, AM, Brazil. Repeatability estimates (R) have been found to be high for percentage of seed (R = 0.72) and percentage of pulp (R = 0.70). Phenotypic selection based on these characters may be effective. Correlations among all characters have shown that fruit weight is highly correlated with pulp weight (0.912), volume of the fruit (0.909), peel weight (0.901), and fruit length (0.752). All chemical characters have shown a poor correlation with all physical characters. Phenotypic selection based on pulp weight may increase indirectly the fruit weight. Selection for percentage of pulp will decrease indirectly the percentage of peel.

Index terms: repeatability, genetic variability, fruit quality.

### INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex-Spreng) Schum) é uma árvore frutífera pertencente à família Sterculiaceae, com origem e dispersão natural na região amazôni-

ca. Seus frutos fornecem uma polpa amarela, de sabor ácido, utilizada na fabricação de doces, sorvetes, licores, compotas, geléias, tortas, néctar enlatado, sucos, bombons e biscoitos (Calzavara 1982 e Venturieri & Alves 1984). As sementes são consideradas como matéria-prima de ótima qualidade para a fabricação de chocolate branco (Calzavara 1982). Estudos comparativos das sementes do cupuaçu e do cacau (*Theobroma cacao* L.), feitos por Vasconcelos et al. (1975), mostraram que existem apenas diferenças quantitativas na fração ácida liberada e nas purinas da gordura.

Apesar de inúmeras possibilidades de uso, este fruto ainda não foi devidamente explora-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 23 de dezembro de 1989.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 700.023, CEP 73300 Planaltina, DF.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., UNDP G.P.O., Box 618, 10501 Bangkok, Thailand.

<sup>4</sup> Enga. - Agra., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Caju (CNPc), R. Soares Bulcão nº 1600, CEP 60325 Fortaleza, CE.

do industrialmente, exceto pelas indústrias de gelados, que, atualmente, são responsáveis pela compra de grande parte da produção da região Norte. São poucas também as informações disponíveis em relação às características físico-químicas do fruto e suas variações em relação a diferentes genótipos.

O cupuaçuzeiro é uma planta alógama. A utilização de suas sementes constitui o processo mais utilizado para reprodução. Em consequência, a variabilidade fenotípica encontrada nos cultivos é grande, não se sabendo se deve ser atribuída mais às variações ambientais ou às genéticas. Assim, o conhecimento da amplitude da variação genética dentro desta espécie fornecerá subsídios para o desenvolvimento de programas de seleção de genótipos com características superiores.

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a variação de alguns caracteres físicos importantes para o manuseio, acondicionamento e dimensionamento de equipamentos industriais e alguns caracteres químicos de sua polpa, importantes industrialmente na fabricação de doces, geléias, sucos e congelados.

## MATERIAL E MÉTODOS

A partir de uma população de 450 plantas de cupuaçu, plantadas com mudas oriundas de sementes em uma fazenda particular no Distrito Agropecuário da SUFRAMA em Manaus, AM, foram selecionados 19 indivíduos, com base no bom desenvolvimento vegetativo e ausência de doenças. Esta área apresenta o tipo climático Af segundo classificação de Köppen, tropical chuvoso, com temperatura média do mês mais frio não inferior a 18°C, e com precipitação do mês mais seco acima de 60 mm. O regime climático apresenta precipitação média anual de 2.400 mm, temperatura média anual de 26°C e umidade média relativa do ar de 83%. O plantio está localizado em terra firme com solo do tipo Latossolo Amarelo distrófico, textura muito argilosa e pH entre 4,3 e 4,7.

Durante parte do período de frutificação, fevereiro a março de 1984, foram coletados, aleatoriamente, três frutos de cada indivíduo, os quais foram utilizados para a tomada de dados. As características físicas avaliadas foram: largura (cm), comprimento

(cm), volume (l) e peso (g) dos frutos; pesos (g) da casca, polpa e sementes; número médio de sementes por fruto; e percentagens em peso da casca, polpa e sementes. As características químicas foram acidez total titulável (% de ácidos orgânicos livres no suco), grau Brix (% de sólidos solúveis presentes no suco) e a relação brix/acidez.

As análises foram efetuadas no laboratório da EMBRAPA-UEPAE de Manaus. A acidez foi determinada por titulação do suco com uma solução de NaOH decinormal (4,0008 g/l de água), usando-se a fenolftaleína como indicador (1 g/100 cc de álcool 96°). O teor de sólidos solúveis foi determinado com um hidrômetro de Brix, sendo as leituras corrigidas para uma temperatura de 17,5 graus centígrados.

Foram efetuadas análises de variância de todas as características, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, em que os três frutos por planta foram observações fenotípicas repetidas no mesmo indivíduo. Após a ANOVA, foram estimados os índices de repetibilidade (R) para os caracteres, através da decomposição das esperanças dos quadrados médios em seus devidos componentes, de acordo com Vencovsky (1973). O seguinte modelo foi considerado para as análises dos dados.

$$Y_{ij} = \mu + I_i + W_{ij} \text{ onde:}$$

$\mu$  = média da característica considerada

$i = 1, 2, 3, \dots, 19$  plantas

$j = 1, 2, 3$  frutos

$I_i$  = efeito genético da planta "i" + efeito do ambiente no qual a planta "i" está

$W_{ij}$  = efeito aleatório dos frutos

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	E (Q.M.)	R
Indivíduos	18	$QM_1 = \sigma_w^2 + 3\sigma_I^2$		$\sigma_I^2$
Erro	38	$QM_2 = \sigma_w^2$		$\sigma_I^2 + \sigma_w^2/3$
Total	56			

Note-se que, como não se têm repetições do mesmo genótipo e sim frutos dentro de cada genótipo, o efeito do indivíduo não é apenas genético, mas genético mais ambiental ( $\sigma_I^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2$ ). Portanto, os índices estimados são os coeficientes de repetibilidade, e não, de herdabilidade. Se os genótipos fossem repetidos em diferentes locais e anos, os indi-

ces estimados seriam de herdabilidade, que se traduz na proporção da variação genética sobre a variação fenotípica total (genética + ambiental). Já o coeficiente de repetibilidade mede a maior ou menor capacidade das plantas de repetir a expressão fenotípica de determinada característica, varia de 0 a 1, e seus valores são, no mínimo, iguais aos do coeficiente de herdabilidade (Valois et al. 1979). Correlações simples foram estimadas para todos os caracteres estudados, conforme Steel & Torrie (1980).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores médios das características físicas e químicas dos frutos das 19 plantas avaliadas. As análises de variância demonstraram, pelo teste F, que os genótipos não apresentaram diferenças significativas para comprimento e volume de fruto, peso e número de sementes, percentagem de polpa e  $^{\circ}$ Brix. Já para largura do fruto, pesos da casca, polpa e total do fruto, percentagens de casca, polpa e semente, acidez e brix/acidez, o mesmo teste indicou a existência de variação entre os genótipos. Os índices

de repetibilidade foram calculados para todas as características avaliadas, e são apresentados na Tabela 3.

Em geral, os índices de repetibilidade variaram de 0,28 a 0,72, o que sugere uma boa magnitude da variância genética em relação à ambiental para alguns dos caracteres estudados. Os caracteres percentagem de sementes ( $R = 0,72$ ) e de polpa ( $R = 0,70$ ) mostraram ser os menos influenciados pelo ambiente, ao passo que número de sementes por fruto ( $R = 0,28$ ) e volume do fruto ( $R = 0,39$ ) mostraram ser os caracteres mais influenciados pelo ambiente. Além destes últimos caracteres, os índices de repetibilidade do peso de sementes por fruto ( $R = 0,44$ ), do teor de sólidos solúveis da polpa ( $R = 0,45$ ) e do comprimento do fruto ( $R = 0,46$ ) indicam certa influência do ambiente em suas expressões. Portanto, os ganhos provenientes da seleção fenotípica de genótipos superiores para estes caracteres serão pequenos, isto é, a transmissão destes caracteres através de cruzamentos de indivíduos que se mostrarem fenotipicamente superiores, será de razoável eficiência,

TABELA 1. Médias dos caracteres físicos dos três frutos de cada uma das 19 plantas de cupuaçu avaliadas. Manaus (AM), 1984.

Planta Nº	Larg. (cm)	Comp. (cm)	Volume (l)	Peso (g)				Nº de sem./frt	Percentagem		
				Casca	Polpa	Semente	Total		Casca	Polpa	Semente
01	10,5	18,8	1,18	436	375	159	970	28,7	45,0	38,6	16,5
02	11,7	18,3	1,48	529	480	196	1205	34,3	43,0	40,5	16,5
03	11,3	22,0	1,58	562	516	250	1328	36,3	42,3	38,8	18,9
04	10,2	17,5	1,12	391	385	191	967	36,3	40,3	39,9	19,7
05	11,8	20,0	1,62	508	625	189	1322	30,3	38,9	46,9	14,2
06	11,6	21,3	1,59	637	612	165	1414	25,3	45,3	43,0	11,7
07	11,6	20,4	1,50	581	556	188	1325	25,7	44,2	41,8	14,0
08	11,2	22,0	1,47	605	574	207	1386	35,3	43,8	41,3	14,9
09	10,6	17,6	1,15	482	317	168	968	29,7	49,9	32,8	17,3
10	11,1	17,8	1,11	447	349	148	944	23,0	47,3	37,0	15,7
11	10,6	20,0	1,32	471	464	165	1100	26,0	42,9	42,0	15,1
12	10,9	19,2	1,35	457	387	169	1013	33,3	40,9	38,3	16,7
13	11,5	17,6	1,28	471	387	205	1063	32,3	44,3	36,4	19,3
14	10,9	21,0	1,42	552	437	209	1198	32,7	46,7	36,6	17,3
15	11,6	19,0	1,43	524	483	184	1191	29,7	44,1	40,4	15,5
16	11,7	17,2	1,31	492	420	164	1076	26,7	46,2	38,7	15,1
17	11,6	22,2	1,67	689	556	196	1441	30,7	48,0	38,2	13,8
18	11,7	18,1	1,47	526	483	210	1219	30,7	43,2	39,3	17,5
19	10,9	20,2	1,41	559	476	197	1232	34,0	45,5	38,2	16,3
Máximo	11,8	22,2	1,67	689	625	250	1441	36,3	49,9	46,9	19,7
Mínimo	10,2	17,2	1,11	391	317	148	944	23,0	38,9	32,8	11,7
Média	11,2	19,5	1,39	522	467	187	1177	30,6	44,5	39,4	16,1
Valor F	2,28*	1,86	1,63	2,37*	2,55**	1,79	2,27*	1,38	1,99**	3,34**	3,56**
DMS 5%	0,9	-	-	137	160	-	311	-	5,2	4,7	3,1
DMS 1%	1,3	-	-	183	215	-	417	-	7,0	6,3	4,1
C.V. (%)	4,4	8,6	12,2	14,1	19,1	12,9	13,9	12,9	5,8	7,6	12,5

\*, \*\* - Diferenças significativas aos níveis  $\alpha$  de 0,05 e 0,01, respectivamente.

exceto para número de sementes por fruto, cuja eficiência será baixa.

O número de sementes por fruto está diretamente relacionado ao número de óvulos fecundados. Sendo o cupuaçuzeiro uma planta de fecundação cruzada, cuja polinização é feita principalmente por insetos, a presença e a eficiência desses polinizadores na fertilização das flores é fundamental para a produção de sementes. Portanto, qualquer fator ambiental que venha limitar a população desses insetos estará indiretamente afetando o número de sementes por fruto.

**TABELA 2. Médias dos caracteres químicos dos três frutos de cada uma das 19 plantas de cupuaçu avaliadas. Manaus (AM), 1984.**

Planta Nº	Acidez (%)	Brix (%)	Brix/Acidez
01	2,50	10,50	4,24
02	2,07	9,20	4,64
03	2,60	11,10	4,22
04	2,30	11,20	4,90
05	1,80	10,10	5,88
06	1,83	12,20	7,07
07	1,73	11,20	6,46
08	1,93	9,83	5,34
09	2,07	8,50	4,10
10	2,13	9,83	4,61
11	2,13	10,50	5,08
12	1,60	10,47	6,56
13	1,80	9,83	5,41
14	1,37	10,47	8,17
15	2,20	9,87	4,53
16	2,13	10,57	4,98
17	2,30	9,13	3,96
18	1,83	9,20	5,01
19	2,63	9,80	3,88
Máximo	2,63	12,20	8,17
Mínimo	1,37	8,50	3,88
Média	2,05	10,18	5,21
Valor de F	2,72**	0,69	2,52**
DMS 5%	0,58	-	2,08
DMS 1%	0,78	-	2,79
CV (%)	16,31	8,66	22,13

\*\* Diferenças significativas ao nível  $\alpha$  de 0,05.

Os caracteres percentagens de sementes, de polpa e de acidez merecem destaque, tendo em vista suas importâncias no rendimento industrial do fruto. Da mesma forma, o peso da polpa por fruto é um importante carácter na produção por planta, e, conseqüentemente, na produtividade. Estes caracteres apresentaram índices de repetibilidade que podem traduzir-se em ganhos significativos de seleção fenotípica, ou seja: A transmissão destes caracteres através de cruzamentos de indivíduos fenotipicamente superiores poderá gerar progênes com características também superiores, já que o ambiente exerce menor influência em suas expressões.

Dos caracteres com índices de repetibilidade intermediários (R variando de 0,50 a 0,60), o mais importante é o peso do fruto, tendo em vista sua influência na produtividade. Este carácter apresentou um valor de repetibilidade ( $R = 0,56$ ) que mostra certa influência do ambiente em sua expressão, indicando, ainda, que a seleção fenotípica poderá ter uma razoável eficiência, embora seja preferível o emprego de métodos de melhoramento genético mais sofisticados para melhor controle do efeito ambiental.

Assim, para o estabelecimento de novos plantios, a utilização de sementes de genótipos superiores para percentagem de polpa, percentagem de sementes e peso da polpa por fruto, unidos a boa produtividade e ausência de doenças, poderão assegurar melhor desempenho ou mesmo melhor estabilidade das progênes em anos com condições ambientais adversas.

A Tabela 4 mostra as estimativas dos coeficientes de correlação entre os caracteres avaliados. Os caracteres mais correlacionados, com coeficientes acima de 0,70, aparecem sublinhados. Os caracteres físicos que mais se correlacionaram foram: peso do fruto (PT) com peso da polpa (PP), volume do fruto (VF), peso da casca (PC) e comprimento do fruto (CF); volume do fruto com peso da casca (PC), peso da polpa e comprimento do fruto; comprimento do fruto com peso da casca; e

**TABELA 3.** Quadrados médios (QM) e repetibilidade para as características largura (LF), comprimento (CF) e volume (VF) dos frutos, pesos da casca (PC), polpa (PP), sementes (PS) e total (PT), n° de sementes/frutos (SF), percentagens de casca (%C), polpa (%P) e sementes (%S), acidez da polpa (%A), brix (<sup>o</sup>B) e relação brix/acidez (BA). Manaus (AM), 1984.

Fonte de variação →	Plantas	Erro	Total	$\sigma_1^2$	Repetibilidade
Graus de liberdade	18	38	56	-	-
QM (%S)	12,199	3,424	-	2,92	0,72
QM (%P)	26,719	8,000	-	6,23	0,70
QM (%A)	0,336	0,124	-	0,07	0,63
QM (PP)	24004,595	9428,561	-	4858,68	0,61
QM (BA)	3,993	1,586	-	0,81	0,60
QM (PC)	16276,704	6871,14	-	3135,19	0,58
QM (LF)	0,728	0,319	-	0,14	0,56
QM (PT)	80483,815	35445,561	-	15012,70	0,56
QM (%C)	19,638	9,863	-	3,25	0,50
QM (CF)	8,438	4,537	-	1,30	0,46
QM ( <sup>o</sup> B)	2,329	3,376	-	0,35	0,45
QM (PS)	1756,928	978,877	-	259,35	0,44
QM (VF)	0,087	0,053	-	0,01	0,39
QM (SF)	46,735	33,807	-	4,30	0,28

**TABELA 4.** Matriz de correlação entre os caracteres largura (LF), comprimento (CF) e volume (VF) dos frutos, pesos da casca (PC), polpa (PP), sementes (PS) e total (PT), n° de sementes/fruto (SF), percentagens de casca (%C), polpa (%P) e sementes (%S), acidez da polpa (%A), brix (<sup>o</sup>B) e relação brix/acidez (BA). Manaus (AM), 1984.

	LF	CF	VF	PC	PP	PS	PT	SF	%C	%P	%S	%A	<sup>o</sup> B
CF	0,173	1,000											
VF	0,609	<b>0,799</b>	1,000										
PC	0,542	<b>0,798</b>	<b>0,864</b>	1,000									
PP	0,614	0,648	<b>0,821</b>	<b>0,728</b>	1,000								
PS	0,418	0,373	0,569	0,453	0,435	1,000							
PT	0,647	<b>0,752</b>	<b>0,909</b>	<b>0,901</b>	<b>0,912</b>	0,669	1,000						
SF	0,146	0,258	0,353	0,206	0,292	<b>0,815</b>	0,407	1,000					
%C	-0,207	0,065	-0,135	0,187	-0,459	-0,480	-0,213	-0,446	1,000				
%P	0,369	0,163	0,320	0,126	<b>0,715</b>	0,121	0,402	0,045	<b>-0,728</b>	1,000			
%S	-0,280	-0,418	-0,355	-0,490	-0,437	0,416	-0,340	0,505	-0,275	-0,404	1,000		
%A	-0,084	-0,078	-0,111	-0,084	-0,023	0,032	-0,047	0,085	-0,046	0,024	0,161	1,000	
<sup>o</sup> B	0,049	-0,008	-0,022	0,005	0,043	0,087	0,047	0,080	-0,131	0,100	0,047	0,035	1,000
BA	0,075	0,115	0,094	0,068	0,045	-0,002	0,066	-0,066	-0,027	0,048	-0,123	<b>-0,743</b>	0,538

Coefficientes de correlação (r) acima de 0,3395 são significativos ao nível  $\alpha$  de 0,01, 55 G.L.

percentagem de casca (%C) inversamente correlacionada com percentagem de polpa (%P).

Em geral, os caracteres químicos apresentaram baixos índices de correlação com todos os caracteres físicos estudados. Isto mostra que a qualidade química da polpa é independente das características físicas do fruto. Logo, qualquer seleção baseada nas características físicas estudadas pode não afetar diretamente a qualidade da polpa, ou vice-versa.

O peso da polpa, que apresentou razoável índice de repetibilidade ( $R = 0,61$ ), mostrou alta correlação com o peso do fruto ( $r = 0,912$ ), que, por sua vez, apresentou índice mais baixo de repetibilidade ( $R = 0,56$ ). Portanto, a seleção fenotípica para peso de polpa poderá resultar em maiores ganhos indiretos no peso do fruto do que os ganhos diretos na seleção baseada no próprio peso do fruto. Por outro lado, a seleção para volume do fruto, que se mostrou altamente correlacionado com peso do fruto ( $r = 0,909$ ), não proporcionaria ganhos indiretos significativos, haja vista seu baixo índice de repetibilidade ( $R = 0,39$ ).

A boa correlação negativa apresentada entre percentagem de polpa e percentagem de casca ( $r = -0,728$ ), aliada ao bom índice de repetibilidade apresentado pelo primeiro ( $R = 0,70$ ), sugere que a seleção fenotípica para percentagem de polpa no fruto resultará na obtenção de progênies nas quais os frutos teriam menor percentagem de casca. Isto é uma vantagem para o produtor em termos de produtividade de polpa, já que a maior parte do peso do fruto poderá ser atribuída a um aumento no peso da polpa em detrimento do peso da casca.

### CONCLUSÕES

1. Os índices de repetibilidade indicam que existe diversidade genética entre os genótipos

estudados para os caracteres percentagem de sementes, percentagem de polpa, acidez da polpa e peso da polpa. Portanto, os ganhos provenientes de seleção fenotípica baseada nestes caracteres podem ser significativos.

2. A relação entre as características químicas da polpa com as características físicas do fruto mostraram-se independentes. Logo, qualquer seleção baseada em um dos dois grupos de características pode não afetar diretamente o outro.

3. Há indicação de que a seleção fenotípica para peso de polpa poderá resultar em maiores ganhos indiretos no peso do fruto do que os ganhos diretos provenientes da seleção baseada no próprio peso do fruto.

4. A seleção fenotípica para percentagem de polpa no fruto tende a favorecer a obtenção de progênies nas quais os frutos teriam menor percentagem de casca.

### REFERÊNCIAS

- CALZAVARA, B.B.G. O cupuaçuzeiro - *Theobroma grandiflorum*, Schum. Belém, s. ed., 1982. 11p. (Série Cultivos Pioneiros).
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- VALOIS, A.C.C.; CORREA, M.P.F.; VASCONCELOS, M.E.C. Estudo de caracteres correlacionados com a produção de amêndoa seca no guaranazeiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 14(2):175-79, 1979.
- VASCONCELOS, M.N.; SILVA, M.L.; MAIA, J.G.S.; GOTTLIEB, O.R. Estudo químico das sementes do cupuaçu. *Acta amaz.*, 5(3):293-95, 1975.
- VENCOVSKY, R. *Princípios de genética quantitativa*. Piracicaba, ESALQ, 1973. 97p.
- VENTURIERI, G.A. & ALVES, M.L.B. *A cultura do cupuaçuzeiro*. Manaus, INPA, 1984. 21p.