



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA**

**Parâmetros genéticos e seleção genotípica de cacauero na Amazônia
brasileira**

Aluno: Elpídio Francisco Neto

Orientador: Prof. Dr. Heyder Diniz Silva

Co-Orientador: Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna

**Uberlândia – MG
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA**

**Parâmetros genéticos e seleção genotípica de cacauero na Amazônia
brasileira**

Aluno: Elpídio Francisco Neto

Orientador: Prof. Dr. Heyder Diniz Silva

Co-Orientador: Prof. Dr. Júlio César Viglioni Penna

**Tese apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Genética e Bioquímica,
para obtenção do título de Doutor
(Área de concentração Genética)**

**Uberlândia – MG
2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F814p Francisco Neto, Elpídio, 1957-
Parâmetros genéticos e seleção genotípica de cacauero na Amazônia brasileira / Elpídio Francisco Neto. - 2008.
121 f. : il.

Orientador: Heyder Diniz Silva.
Co-orientador: Júlio César Viglioni Penna.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica.
Inclui bibliografia.

1. Genética quantitativa - Teses. I. Silva, Heyder Diniz. II. Penna, Júlio César Viglioni. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica. IV. Título.

CDU: 575:51

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

PALAVRAS-CHAVES DO TRABALHO: *Theobroma cacao*, melhoramento de plantas, híbrido, repetibilidade, herdabilidade, modelos mistos e REM/BLUP.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA**

**Parâmetros genéticos e seleção genotípica de cacaueteiro na Amazônia
brasileira**

Aluno: Elpídio Francisco Neto

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. Heyder Diniz Silva

Examinadores: Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho

Prof. Dr. José Baldin Pinheiro

Prof. Dr. Fernando César Juliatti

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

Data da Defesa: 31.07.2008

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PPGB para o formato da Tese forma contempladas.

Prof. Dr. Heyder Diniz Silva

À minha família FRANCISCO, dedico.

Aos meus pais, Dalci e Florinda, aos meus irmãos Edson (*in memoriam*), Edinízio, Eurídice, Eraldo, Alana, Adelson e Dalciane e, a todos meus sobrinhos, ofereço.

AGRADECIMENTO

Ao poderoso DEUS, em primeiro lugar, pela oportunidade, pelo sustento e pela capacitação, além do meu merecimento.

À Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Genética e Bioquímica (UFU/Ingeb) pela oportunidade de ingresso no Programa de Pós-graduação em Genética e Bioquímica para a realização do curso de doutorado.

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac) pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Secretaria de Ciência e Tecnologia/Fundo Estadual de Ciência e tecnologia (Sectam/Funtec) pela concessão da Bolsa - CT do Programa Paraense para Formação e Fixação de Recursos Humanos (PPRH), atualmente gerenciado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará – FAPESPA.

Ao professor Heyder Diniz Silva, pela amizade e pela disposição em oferecer a orientação indispensável à realização do curso e deste trabalho.

Ao professor Júlio César Viglioni Penna, pela amizade e disposição de oferecer a co-orientação igualmente indispensável à realização do curso e deste trabalho.

Ao professor Rogério de Melo Costa Pinto, pela acolhedora amizade e grandes auxílios na interpretação dos dados, elaboração de tabelas, bem como dedicada revisão do texto.

À minha esposa Sandra FRANCISCO pelo estímulo e motivação da realização deste curso e, pelo reconhecimento da minha capacidade, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos nossos filhos Danielle FRANCISCO, Danillo FRANCISCO e Fellipe FRANCISCO, pelo apoio e pela compreensão nos momentos ausentes.

Aos pastores Pedro A. Jansson e Josefina G. Jansson pela amizade e ministração espiritual durante os dias de caminhada no decorrer do curso.

Ao pastor Júlio Mário Arruda, sua esposa irmã Maria Marta V. Arruda e suas filhas Anna Myrian, Maria Luíza e Elizabeth pela amizade e pela ministração espiritual durante boa parte do tempo de dedicação aos estudos.

Aos meus irmãos da Igreja Cristã Memorial e da Igreja Batista Nova Filadélfia pelas orações e apoio nos momentos de comunhão.

À amiga e irmã Elena Rosa Pereira pelo incentivo e ministração espiritual, principalmente nos dias finais à realização desta.

À dona Zilane Pinto (Zilá), dona Tereza Kurashima, Mirtes Kurashima, Guilherme Ohara e Letícia Ohara pelo acolhimento e amizade.

Aos colegas Vilma Lúcia Quirino de Britto e Marcelo Magri Lellis, pela amizade, pelo apoio nas horas de dificuldades durante o curso.

A todos os professores, amigos, colegas e servidores da Universidade Federal de Uberlândia, bem como aos colegas da Ceplac que de algum modo colaboraram durante o curso e no desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
APRESENTAÇÃO.....	1
CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	2
1. ABORDAGEM GERAL SOBRE O CACAUEIRO E A CULTURA DO CACAU.....	2
1.1. O CACAUEIRO.....	2
1.2. A CULTURA DO CACAU.....	5
2. O CACAUEIRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.....	7
2.1. OCORRÊNCIA E CULTIVO DA ESPÉCIE.....	7
2.2. EXPLORAÇÃO COMERCIAL DA ESPÉCIE.....	8
2.2.1. Período Colonial.....	8
2.2.2. Período pós-colônia (Antes da Ceplac).....	9
2.2.3. Período pós-colônia (Pós - Ceplac).....	10
3. MELHORAMENTO GENÉTICO DO CACAUEIRO.....	11
3.1. HISTÓRICO E INFORMAÇÕES GERAIS.....	11
3.2. MELHORAMENTO DO CACAUEIRO NO BRASIL.....	13
3.2.1. Informações gerais.....	13
3.2.2. Melhoramento na Amazônia brasileira.....	15
3.3. CARACTERES E PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO.....	17
3.4. ESTRATÉGIAS DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	20
4. SELEÇÃO E PROCEDIMENTOS GENÉTICO-ESTATÍSTICOS.....	21
4.1. PARÂMETROS GENÉTICO-ESTATÍSTICOS.....	28
4.1.1. Herdabilidade.....	28
4.1.2. Valores genéticos, genotípicos e fenotípicos.....	31
4.1.3. Repetibilidade.....	32
4.1.4. Número de medições, precisão do procedimento e predição do valor real do indivíduo.....	37
REFERÊNCIAS.....	40

	Página
CAPÍTULO II - REPETIBILIDADE E NÚMERO DE OBSERVAÇÕES NECESSÁRIAS EM AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE CACAUEIRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
1. INTRODUÇÃO.....	53
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4. CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	68
CAPÍTULO III - PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO INDIVIDUAL DE PLANTAS EM POPULAÇÕES HÍBRIDAS DE CACAUEIRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.....	73
RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	74
1. INTRODUÇÃO.....	75
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.1. MATERIAIS GENÉTICOS, LOCAL, DELINEAMENTO E DADOS.....	79
2.2. PROCEDIMENTOS E ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICOS.....	86
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	88
3.1. ANÁLISES DOS DOIS ENSAIOS ISOLADAMENTE.....	88
3.2. ANÁLISE CONJUNTA DOS ENSAIOS.....	99
4. CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS.....	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
ANEXOS.....	119

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 – Relação dos híbridos biclonais em avaliação nos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA, agrupados por parental feminino.....	58
Quadro 2 - Lista dos clones de cacaueteiro utilizados na obtenção dos híbridos, com indicação de origem geográfica, tipo botânico e reação de compatibilidade.....	59
Quadro 3 – Relação dos híbridos biclonais em avaliação nos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA, agrupados por parental feminino.....	82
Quadro 4 - Lista dos clones de cacaueteiro utilizados na obtenção dos híbridos, com indicação de origem geográfica, tipo botânico e reação de compatibilidade.....	83
Quadro 5 - Relação e identificação seqüencial dos híbridos biclonais, número de indivíduos por família de progênies dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....	85

LISTA DE TABELAS

	Página
<p>Tabela 1 - Estimativas dos componentes de variância devidos aos efeitos de híbridos ($\hat{\sigma}_g^2$), parcelas (híbrido x bloco) ($\hat{\sigma}_e^2$), planta dentro de parcela ($\hat{\sigma}_\delta^2$) e de ambiente temporário ($\hat{\sigma}_\gamma^2$) nos ensaios 1 e 2, para a variável NTFC por planta, com respectivos valores dos testes de hipóteses de Wald, obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição não viciada (REML/BLUP).....</p>	62
<p>Tabela 2 – Estimativa dos coeficientes de repetibilidade ao nível de indivíduo dentro de parcela ($\hat{\rho}_\delta$), ao nível de médias de safras (colheitas) ($\hat{\rho}_{jk}$) e das correlações intraclasses devidas ao ambiente comum (parcela) ($\hat{\rho}^*$), nos ensaios 1 e 2, para a variável NTFC por planta.....</p>	63
<p>Tabela 3 – Estimativa do número de medições necessárias (η_0) para avaliação do número total de frutos (NTFC) produzidos ao nível de indivíduo (planta na parcela) e ao nível de safras (média da parcela) nos ensaios 1 e 2.....</p>	63
<p>Tabela 4 – Estimativas das variâncias e herdabilidades em híbridos de cacaueteiro para o caráter NTFC, obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e procedimento da melhor predição não viciada (BLUP), no ensaio 1 e ensaio 2 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....</p>	89
<p>Tabela 5 – Médias do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP e respectivos erros padrões para os híbridos a partir dos dados de número de frutos colhidos (NTFC) por planta tomados em três anos, no ensaio 1 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....</p>	91

- Tabela 6** – Médias do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP e respectivos erros padrões para os híbridos a partir dos dados de número de frutos colhidos (NTFC) por planta tomados em três anos, no ensaio 2 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA..... 92
- Tabela 7** – Relação dos indivíduos selecionados a partir dos valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, para os indivíduos/híbrido e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}) nos três anos, no ensaio 1 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA..... 94
- Tabela 8** – Relação dos indivíduos selecionados a partir dos valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, para os indivíduos/híbrido e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}) nos três anos, no ensaio 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA..... 96
- Tabela 9** – Estratégia de seleção, número de famílias e número de indivíduos selecionados, média dos valores genotípicos (\bar{g}) preditos pelo procedimento BLUP, e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), nos três anos, por análise individualizada dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA..... 99
- Tabela 10** - Estimativas dos componentes de variância devidos aos efeitos de híbridos ($\hat{\sigma}_g^2$), parcelas (híbrido x bloco) ($\hat{\sigma}_e^2$), planta dentro de parcela ($\hat{\sigma}_\delta^2$) e de ambiente temporário ($\hat{\sigma}_\gamma^2$) e herdabilidades para a variável NTFC por planta, com respectivos valores dos testes de hipóteses de Wald,

obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição não viciada (REML/BLUP), por análise conjunta, nos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....	100
Tabela 11 - Médias do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), Valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, Probabilidade para os híbridos obtidos com os dados de três anos, nos ensaios 1 e 2 (Análise conjunta) de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....	102
Tabela 12 – Relação dos indivíduos selecionados a partir dos valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, para os indivíduos/híbrido e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}) nos três anos, por análise conjunta dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....	105
Tabela 13 – Estratégia de seleção, número de famílias e número de indivíduos selecionados, média dos valores genotípicos (\bar{g}) preditos pelo procedimento BLUP, e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), nos três anos, por análise conjunta dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.....	111

RESUMO

FRANCISCO NETO, Elpídio. Doctor of Science, Universidade Federal de Uberlândia, julho de 2008. **Parâmetros genéticos e seleção genotípica em cacauero na Amazônia brasileira.** Orientador: Heyder Diniz Silva. Co-Orientador: Júlio César Viglioni Penna.

O presente estudo, de estimação de parâmetros genético-estatístico e determinação de valores genéticos e genotípicos, conduzido com vista à seleção entre e dentro de híbridos foi realizado utilizando os dados tomados em plantas individuais em dois ensaios de competição de combinações híbridas de cacauero instalados com delineamento experimental e conduzidos adequadamente pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Ceplac na Estação Experimental “Paulo Dias Morelli” localizada na principal região produtora de cacau da Amazônia brasileira. Assim sendo, devido o desbalanceamento nos conjuntos de dados, peculiaridade inerente à condição perenal da espécie, depreendeu-se a necessidade a utilização do método REML/BLUP. Para as análises foi utilizada a variável número total de frutos colhidos (NTFC) por planta tomados por três anos consecutivos, sendo um ano antes do clímax, e dois anos no período clímax, de produção. Os parâmetros estimados foram repetibilidade e herdabilidade a partir das estimativas das variâncias genotípica e fenotípica com as decomposições para as respectivas estimações. Igualmente foram determinados os valores genéticos (híbridos) e valores genotípicos (indivíduos). Os valores das repetibilidades permitiram inferir, com um nível de precisão de 90%, sobre o número de medições necessárias para discriminar os híbridos, em nível de parcela, que foi de 7 para o ensaio 1 e, de 6 para o ensaio 2, números aquém daquele utilizados em ambos os ensaios. E, de 4 e 5 safras para discriminar os híbridos. Sendo que, o número de medições utilizado ao nível de safras, que efetivamente foi 3, teve uma precisão de aproximadamente 80%, é perfeitamente aceitável. As análises para as herdabilidades e valores genéticos e genotípicos (BLUP) foram realizadas para ambos os ensaios isolada e conjuntamente. Os valores das herdabilidades foram de baixa magnitude (0,20 a 0,21 para híbridos e 0,13 a 0,19 para indivíduos). Entretanto, houve alta

significância para todas as estimativas das variâncias genéticas e genotípicas, independente do tipo de análise. Os resultados obtidos em ambas as análises realizadas (individual ou conjunta) para as discriminações tanto pelos BLUP de híbridos, como para os BLUP individuais foram semelhantes, tanto no tocante aos híbridos selecionados e seus posicionamentos, como do número famílias selecionadas tanto para simulação de melhoramento de curto e médio prazos. Com relação à discriminação individual houve pequena discrepância entre as diferentes análises. Pela análise conjunta ocorreu a exclusão de 3 genótipos, sendo 1 do ensaio 2 e acréscimo de 14 genótipos no ensaio 1, sendo que entre estes 2 foram do mesmo híbrido que teve os genótipos excluídos. Assim, concluiu-se que a análise conjunta foi adequada, bem como o procedimento REML/BLUP na seleção de híbridos *per se* e de genótipos. Os resultados do presente estudo no que tange a seleção dos híbridos *per se* indicam ser imperiosa a necessidade de se realizar avaliação em todos os ensaios que têm na sua composição combinações híbridas recomendadas para plantios comerciais aplicando a metodologia REML/BLUP com dados tomados por planta e com os números de medidas repetidas (parcelas e safras) adequados. No caso dos híbridos não selecionados no presente estudo que figuram entre os que são atualmente recomendados deverão ser eliminados da mistura híbrida que é fornecida aos agricultores, devendo as mesmas ser substituídas por sementes das duas variedades sintéticas que poderão ser imediatamente produzidas a partir da utilização dos indivíduos selecionados nos respectivos ensaios.

Palavras Chave: *Theobroma cacao*, melhoramento de plantas, híbrido, repetibilidade, herdabilidade, modelos mistos e REML/BLUP.

ABSTRACT

FRANCISCO NETO, Elpídio. Doctor of Science, Universidade Federal de Uberlândia, July 2008. **Genetic Parameters and genotypic Selection of Cacao in the Brazilian Amazon.** Adviser: Heyder Diniz Silva. Co-adviser: Júlio César Viglioni Penna.

This research aimed at the estimation of genetic and statistical parameters as well as the determination of genetic and genotypic values utilized for selection among and within hybrid populations of Cacao (*Theobroma cacao* L.). The data utilized were taken of individual plants in two field experiments of competition of hybrid combinations installed in proper experimental design and conducted at the experimental farm "Paulo Dias Morelli" (CEPLAC) located at the main producing region of the Brazilian Amazon basin. Due to the unbalance of the original set of data, a peculiarity of the perennial habit of the species, it was used the REML/BLUP, an mixed model. The variable in study was the total number of harvested fruits per plant taken for three consecutive years from one year before through one year immediately after the climax. The parameters repeatability and heritability were estimated based on the estimates of phenotypic and genotypic variances. Similarly the breeding values of the hybrids and of the individuals were estimated. The repeatability values found allowed to infer, with 95% precision, on the number of measurements needed to discriminate among hybrids at plot level (seven for experiment 1 and six for experiment 2). Such numbers are smaller than the ones really utilized in both experiments. Furthermore, four to five seasons were enough to discriminate amongst hybrids. With the level of precision of 80%, both the number of measurements and seasons were three, which is practically acceptable. The analyses for heritability, genetic and genotypic values (BLUP) were performed for both the individual experiments and the combined trials. Heritabilities estimates were of low magnitude (0.20 to 0.21 for hybrids and 0.13 to 0.19 on individual plant basis. High significant estimates were found, however, for all the estimates of genetic and genotypic variances, regardless of the type of analysis. The results obtained for both analyses individual and combined, on discrimination by hybrids and individual plant BLUP were similar as to the hybrids

selected and their rank, as well as to the number of selected families regarding both breeding simulations on the short and on the medium range. With regard to the discrimination among individual plants there was a slight discrepancy among the different analyses. According with the combined analysis, three genotypes would be excluded (one in experiment 2) and fourteen extra genotypes would be selected in experiment 1 (two of those of the same hybrid that had their genotypes excluded). It was concluded that the combined analysis was adequate as well as the REML/BLUP procedure for the selections of hybrids *per se* and genotypes. These results as far as selection of hybrids *per are* is concerned, indicate the strong necessity of performing evaluations in all the field experiments that have in their composition the hybrid combinations recommended for commercial plantations applying the REML/BLUP methods with data taken on an individual plant basis and with number of measurements adequately repeated (plots and seasons). In the case of non-selected hybrids on the present study, that in turn are presently recommended, they should be eliminated of the hybrid mixtures offered to the growers. They should be also substituted by seeds of the two synthetic varieties which may be immediately produced from the selected individual plants in their respective experiments.

Key words: *Theobroma cacao*, plant breeding, hybrid, repeatability, heritability, mixed models and REML/BLUP.

APRESENTAÇÃO

A seleção de cultivares de cacau para a Amazônia brasileira tem sido realizada com avaliações de combinações híbridas em ensaios locais ou regionais.

As combinações híbridas avaliadas são oriundas de cruzamentos biclonais, cuja segregação é evidente, utilizando genitores que têm complexos gênicos divergentes, porém ainda muito elevada heterozigose, fazendo-se necessária a inferência sobre o potencial de produção de cada genótipo, o que possibilita a realização de seleção individual.

A realização de estudo sobre a determinação do número de medições necessárias num mesmo genótipo é fundamental para a inferência sobre o seu potencial de produção. Isso é possível utilizando-se do parâmetro repetibilidade.

Nas avaliações para a seleção com base no potencial de produção de cada genótipo foram utilizados ensaios com delineamentos experimentais que permitiram a realização das análises pertinentes com a utilização da metodologia da máxima verossimilhança restrita e do procedimento da melhor predição linear não viciada (REML/BLUP).

No presente estudo, objetivou-se: a) obter os parâmetros de repetibilidade e a determinação do número de medidas sucessivas em um mesmo genótipo para a avaliação e seleção em populações híbridas de cacau; b) obter os parâmetros genéticos (variâncias e herdabilidades) e valores genéticos e genotípicos para avaliação e seleção em populações híbridas de cacau; c) selecionar cultivares híbridas *per se* com base no potencial de produção de frutos tomada por planta e seleção individual dentro das progênies e, c) aferir as possibilidades de seleção de genótipos para utilização clonal nas condições ecológicas da principal região produtora de cacau da Amazônia brasileira.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. ABORDAGEM GERAL SOBRE O CACAUEIRO E A CULTURA DO CACAU

1.1. O CACAUEIRO

A espécie foi citada pela primeira vez na literatura botânica quando Charles de L'Écluse (1526-1609) a descreveu com o nome de *Cacao fructus* (L'ÉCLUSE, 1601; HORTICULTURE..., 2008). Em 1737, foi classificada pelo botânico sueco Carolus Linneu (Linnaeus) (1707-1778) com a designação de *Theobroma fructus*, cuja designação genérica significa *alimento dos deuses* em alusão à crença indígena na origem *divina* do cacauero. Mais tarde (1753), foi modificado, pelo próprio Linnaeus, para *T. cacao*, designação que permanece até hoje. A palavra cacau deriva de *cacahuatl*, diretamente do *Nahuatl*, a língua maia. (DIAS, 2001c; COMISSÃO..., 2008).

Classicamente tem-se que o cacauero (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie neotropical encontrada de forma espontânea e dispersa nas florestas úmidas do hemisfério ocidental entre as latitudes 18° N e 15° S, estendendo-se do sul do México até a bacia amazônica. O gênero *Theobroma*, que pertence à família *Sterculiaceae*, compreende 22 espécies alocadas em seis seções (CUATRECASAS, 1964). Entretanto, em classificação recente o gênero é apresentado como pertencente à família *Malvaceae* e subfamília *Sterculioideae* (BAYER et al., 1999).

As 22 espécies de *Theobroma* são diplóides dotadas de 20 cromossomos (CARLETTO, 1946b; MUÑOZ ORTEGA, 1948; SIMMONDS, 1954). Embora sejam todas diplóides com um mesmo número de cromossomos, quando em cruzamentos, apresentam alguma dificuldade para a geração de híbridos viáveis (ADDISON & TAVARES, 1952), o que denota ser a inviabilidade mais de natureza gênica, do que cromossômica, ou seja, devido à incompatibilidade. Apenas duas espécies de *Theobroma* (*T. cacao* e *T. grandiflorum*) têm importância do ponto de vista de exploração comercial (ALMEIDA, 2001).

A espécie *T. cacao* ($2n = 2x = 20$) é de domesticação relativamente recente, tendo ocorrida nos últimos 2000 a 4000 anos (KERR & CLEMENT, 1980)

sendo classificada por Clement (1990), considerando o grau de modificação genética de fruteiras indígenas da Amazônia, como espécie semidomesticada. Para Almeida (1996) o maior tamanho dos frutos e das sementes que têm sido selecionados pelo homem no decurso de várias gerações é talvez o único aspecto indicativo da ocorrência de domesticação na ato da coleta dos frutos.

O cacaueteiro é uma planta perene, arbórea, típica de clima tropical e, nativa da região de floresta úmida da América, onde vegeta no sub-bosque e tem, juntamente, com as demais espécies do gênero *Theobroma*, como seu centro de diversidade e provável centro de origem a região onde se localizam os rios Napo, Putumayo e Caquetá, na bacia do Alto Amazonas compreendendo parte dos territórios do Equador e Colômbia (CHEESMAN, 1944).

De acordo com Dias (2001c) é consenso na literatura, encontrando suporte em pesquisas com marcadores moleculares, isoenzimáticos, agrônômicos e morfológicos, de que, muito provavelmente, a partir dessa região o cacaueteiro tenha dispersado em duas direções, sendo uma para o leste, sentido do curso do rio Amazonas e a outra para o norte transpondo os contrafortes da cordilheira dos Andes, rumo a Mesoamérica, dando origem aos dois grupos raciais, Crioulo e Forasteiro Amazônico, respectivamente. A partir de cruzamentos espontâneos entre os dois referidos tipos, ocorridos em Trinidad, originou-se um terceiro tipo denominado Trinitário. Além do que, conforme proposto por Toxopeus (1969), a população do grupo Forasteiro pode-se subdividi-lo em Forasteiro do Alto Amazonas e Forasteiro do baixo Amazonas, conforme a localização de sua ocorrência.

O cacaueteiro é uma planta monóica e tipicamente cauliflora, cujas flores são formadas no tronco, em minúsculas inflorescências denominadas almofadas florais, de onde se desenvolvem e formam os frutos. Suas flores são hermafroditas e homógamas, e apresenta sistema reprodutivo misto que se caracteriza pela predominância de fecundação por cruzamentos, ocorrendo autofecundações inferiores a 50% e superiores a 5%, podendo a taxa de cruzamento alcançar até 100% (VELLO & NASCIMENTO, 1971).

Devido às características morfológicas das estruturas florais, as quais impedem a autofecundação natural (ASCENSO, 1962), bem como a características dos grãos de pólen em formar agrupamento em massa, dada a

sua viscosidade, o que dificulta o seu transporte pelo vento, faz com que a polinização seja essencialmente entomófila (VELLO & NASCIMENTO, 1971).

Tal dificuldade de transporte propicia a deposição de grãos de pólen de flores da própria planta e de plantas vizinhas sobre o estigma, resultando assim na heterogeneidade na obtenção das sementes (TOXOPEUS, 1972).

A polinização natural no cacauero é realizada, principalmente, por um pequeno grupo de dípteros da família Ceratopogonidae e do gênero *Forcipomyia* pode também ter a participação acidental de outros grupos como trips, formigas e afídeos. Tais insetos pelo hábito de locomoção garantem, na maioria das vezes, a ocorrência da polinização cruzada (SORIA et al., 1975; CHAPMAN & SORIA, 1983).

A auto-incompatibilidade no cacauero, que é a incapacidade da planta hermafrodita produzir zigotos por autopolinização, foi observada pela primeira vez por Harland (1925). Posteriormente Cheesman (1938) confirmou o fenômeno em cacaueros cultivados em Trinidad e propôs o agrupamento das plantas conforme a reação à polinização em: 1) plantas autocompatíveis que frutificam ao serem polinizadas por pólen de outras plantas autocompatíveis; 2) plantas autocompatíveis que podem frutificar quando polinizadas com pólen de plantas auto-incompatíveis; 3) plantas auto-incompatíveis que frutificam ao serem polinizadas com pólen de outras plantas auto-incompatíveis; e, 4) plantas auto-incompatíveis que não frutificam ao serem polinizadas por pólen de outras plantas auto-incompatíveis. Esse fenômeno amplifica o fluxo gênico e a heterozigidade dentro da espécie.

A espécie apresenta reação de incompatibilidade, que é complexa, única entre as plantas superiores, cuja localização está no saco embrionário, sob ambos os controles genéticos, esporofítico e gametofítico (DE NATTANCOURT, 1977). Inicialmente foi proposto que a regulação do sistema se dá por um simples loco S, multi-alélico de cinco alelos (KNIGHT & ROGERS, 1953 e 1955), posteriormente encontrado um sexto alelo S (COPE, 1958), sendo ainda encontrados dois locos complementares A e B determinando a regulação de forma independente entre si e do alelo da série S (COPE, 1958 e 1962; PURSEGLOVE, 1968), além de apresentar, o referido fenômeno, gradações em sua expressão (COPE, 1958 e 1962).

O fruto do cacau é indeiscente do tipo bacóide drupissarcídio, pentalocular, com ampla variação de tamanho, formato, pigmentação, rugosidade, profundidade do sulco longitudinal na superfície da casca, espessura da casca e serosidade. O período de fertilização da flor até a maturação do fruto varia entre cinco a seis meses. As sementes constituem a parte de maior interesse econômico do cultivo, variando em cor, formato, peso e tamanho, de acordo com o grupo racial e a cultivar (SOUZA & DIAS, 2001).

1.2. A CULTURA DO CACAU

Almeida (2001) citando Bergmann (1969) informa que o primeiro contato dos europeus com o cacau ocorreu em julho de 1502, quando a embarcação de Cristóvão Colombo, em sua quarta viagem às Américas, encontrou na costa norte de Honduras, na região do Caribe, uma canoa indígena que transportava mercadorias do comércio local, dentre elas grande suprimento desse produto. O autor informa ainda, que naquela ocasião, o cultivo e a utilização do cacau já constituíam característica cultural bem estabelecida das comunidades indígenas que habitavam a América Central. Afirmativa que é corroborada pela informação de León (1968) o qual enfatiza que a domesticação de *T. cacao* já havia ocorrido quando da chegada dos espanhóis, sendo seu cultivo e utilização das sementes, à época, bem conhecidos pelos Maias. Entretanto, o cultivo do cacau na América do Sul foi introduzido posteriormente pelos colonizadores.

A exploração comercial da espécie *T. cacao* remonta às épocas das “grandes viagens”, quando o colonizador Hernan Cortez descobriu a bebida ***tchocolati*** utilizada pelos Astecas, a qual foi levada para o velho mundo, onde foi muito apreciada dando origem ao chocolate que hoje conhecemos, com o adição de açúcar e leite (SOUZA & DIAS, 2001). A espécie talvez tenha sido a árvore de maior valor de todo o continente americano, antes da conquista espanhola, a qual foi mantida em tão elevada estima pelos povos primitivos, seja pelo uso como fonte do chocolate, como moeda corrente, como peça para acender fogo ou ainda como remédio. Registros históricos apontam a América Central como a sede dos primeiros cultivos de cacau, iniciados há mais de dois mil anos (DIAS, 2001b).

A utilização econômica do cacau, porém, não se restringe hoje ao uso direto de suas amêndoas (cacau) na fabricação de chocolate. Ao longo dos anos se desenvolveu uma industrialização que processa o cacau extraindo a matéria-prima para a produção do chocolate, a manteiga de cacau, o pó de cacau, o líquido e a torta (SOUZA & DIAS, 2001). Acrescenta-se ainda, a possibilidade do uso da casca e da polpa, que constituem mais de 90% do fruto maduro, na produção de energia (biogás) e de alimentos (geléia, sorvete, suco, etc.) ou ainda na reciclagem de matéria orgânica no solo. Especificamente, do material mucilaginoso que reveste as sementes, fabrica-se ainda vinagre e destilados (FREIRE et al., 1992). Além de possibilidades, segundo Holden (2000) da aplicação em controle terapêutico preventivo do enfarto no homem pelo consumo moderado de chocolate amargo, propiciado pela atuação dos flavonóides, contidos no chocolate, no combate aos radicais livres que são os responsáveis pela obstrução das artérias.

Atualmente, o cacau é cultivado e explorado economicamente em mais de 50 países e envolve aproximadamente 06 (seis) milhões de pessoas nessa atividade. A produção mundial de cacau está acima de três milhões de toneladas por ano. Atualmente é produzido nas Américas, na África, na Ásia e na Oceania. Os maiores produtores mundiais são Costa do Marfim, Nigéria, Indonésia, Gana, Malásia e Brasil (WORLD..., 2008).

No Brasil, temos o cultivo do cacau na região tradicional do Estado da Bahia, que representa 85% de toda a área plantada com a espécie, na região norte do Estado do Espírito Santo, além das regiões cacauíferas da Amazônia distribuídas nos Estados do Amazonas, Acre, Mato Grosso, Pará e Rondônia, cuja produção de amêndoas no ano 2005/2006 foi correspondente a 30% da produção nacional que foi de 214.853 toneladas (INSTITUTO..., 2007).

De acordo com Souza e Dias (2001), no Brasil, a cadeia produtiva do cacau envolve atualmente investimentos da ordem de 2,3 bilhões de reais; é responsável por aproximadamente três milhões de empregos e, destes, algo em torno de 300 mil são empregos diretos.

As atividades do agronegócio cacau no que se concerne à pesquisa, assistência técnica e comercialização (classificação/exportação) estão afeto à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Ceplac, órgão do

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, criado em 20 de fevereiro de 1957, à época em que a economia cacaueteira atravessava uma grave crise, quando teve sua atuação, nos seus primórdios, centrada basicamente no apoio à cacauicultura nas regiões cacaueteiras do sul da Bahia e do norte do Espírito Santo.

A Ceplac tem sua sede em Brasília - DF e exerce atividades atualmente nas regiões cacaueteiras de seis estados do Brasil - Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso, Pará e Rondônia. A Ceplac tem como objetivo a promoção da diversificação vertical e horizontal da atividade agropecuária, com o apoio à implantação de agroindústrias e o plantio e/ou expansão de novos cultivos; e a implementação de ações voltadas para a conservação ambiental, através de parcerias com organizações públicas e não governamentais, visando o desenvolvimento de atividades agro-sócio-economicamente sustentáveis e a preservação dos fragmentos florestais remanescentes nos dois mais estratégicos ecossistemas do Brasil - a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica - onde estão inseridas as regiões cacaueteiras.

2. O CACAUEIRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

2.1. OCORRÊNCIA E CULTIVO DA ESPÉCIE

De acordo com Almeida (2001), as populações naturais de *T. cacao* da Amazônia brasileira são encontradas nas regiões compreendidas, aproximadamente entre as latitudes 3º 41' N (em Roraima) e 11º 47' S (em Rondônia) e as Longitudes 44º 00' E (no Maranhão) e 72º 46' W (no Acre). Estando incluídos, também, no polígono de ocorrência os Estados do Amapá, Amazonas, Mato Grosso e Pará, nas áreas correspondentes à Hiléia Amazônica.

A Hiléia Amazônica denominação dada à floresta amazônica por Alexandre von Humboldt, cuja delimitação, de acordo com Ducke & Black (1954) citados por Almeida (2001) pode ser feita pelos limites de ocorrência de certos taxa florestais, como os gêneros *Hevea* (seringueira) e *Theobroma* e a espécie *Bertholletia excelsa* (Castanha-do-brasil).

De acordo com Bartley (1977) o cacaueteiro na Amazônia é encontrado sob três formas básicas: i) espontânea – sem interferência do homem; ii)

subespontânea – árvore silvestre explorada pelo homem e iii) cultivada – plantas provenientes de sementes de cacauzeiros silvestres.

Segundo Almeida (2001), na forma cultivada pode-se visualizar três situações distintas da ocorrência do cacauzeiro na Amazônia brasileira: i) pomares caseiros ou quintais – cacauzeiros estabelecidos em quantidade variável e de modo desordenado, juntamente com outras frutíferas ou ornamentais, nas proximidades das casas dos agricultores; ii) plantios comerciais – cacauzeiros estabelecidos, constituindo maciços tecnicamente formados a partir de sementes oriundas de plantas silvestres ou em associação com material botânico melhorado (cacau híbrido), em plantios de dimensões variadas e iii) plantas isoladas – cacauzeiros encontrados em áreas de pastagens ou plantações diversas formadas a partir de rebrotos ou tocos de cacauzeiros que subsistiram ou escaparam da ação da queimada.

Ainda, segundo Almeida (2001), os plantios comerciais de cacauzeiro formados a partir de sementes oriundas de cacauzeiros silvestres se estabeleceram geralmente nas áreas de várzeas e nas ilhas, especialmente do baixo e médio Amazonas, nos cursos inferiores dos seus principais tributários e no baixo Tocantins, constituindo formações vegetais de extensão variada e idade indefinida, estabelecidas tradicionalmente, pelos ancestrais de povos ribeirinhos. Registra-se também a existência de pequenas plantações em Rondônia, derivadas das “experiências” de produtores rurais advindos à região, especialmente nos projetos de assentamento coordenados pelo INCRA, em áreas destinadas à colonização e reforma agrária.

2.2. EXPLORAÇÃO COMERCIAL DA ESPÉCIE

2.2.1. Período Colonial

A exploração tradicional do cacau na Amazônia brasileira data dos tempos coloniais e por muito tempo fora de base extrativista. Durante séculos foi o principal produto da pauta de exportação da colônia que buscou incentivar o seu cultivo. No início da década de 1730, o cacau tornou-se o principal produto de exportação da Amazônia brasileira, posição que continuaria a ocupar por mais de um século (ALVIM, 1989).

O cultivo do cacau na Amazônia brasileira tem seu marco originário na Carta Régia de 1678, que determinava a exploração da droga do sertão com o plantio nas regiões úmidas da então Província do Grão-Pará. Entretanto, há registro de plantios que foram realizados no Maranhão, no ano de 1674, por iniciativa do padre jesuíta João Felipe Bettendorf, fundador da cidade de Santarém no Pará, que levou sementes de cacau e as semeou nas dependências do Colégio Jesuíta de São Luis, para o qual fora nomeado reitor (RUSSELL-WOOD, 1991).

As iniciativas coloniais proporcionaram a expansão do cultivo por diversas localidades tanto às margens do rio Amazonas, quanto às margens do baixo Tocantins, chegando a existir no Pará grandes plantações como as mencionadas por Aldren (1974) na localidade de Gurupá, além das que foram implementadas em Alenquer, Monte Alegre e Santarém, no médio Amazonas. Apesar dos estímulos governamentais à produção, o cacau silvestre imperava sobre o cultivado até o início do século XIX, principalmente pelas despesas e problemas com a mão-de-obra.

2.2.2. Período pós-colônia (Antes da Ceplac)

Esforços para aumentar a produção de cacau na Amazônia brasileira continuaram a ser empreendidos, também, no Brasil pós-colônia, destacando a tentativa ocorrida na década de 1930, em se promover o cultivo do cacau entre os imigrantes japoneses que se estabeleciam em grande quantidade nas localidades de Acará e Tomé-Açu, às proximidades de Belém, PA, levada ao fracasso pelo abandono da cultura pelos colonos, por considerar o cacau impróprio para a região, dando preferência ao cultivo da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*). Outra iniciativa ocorreu na década de 1940 com a criação do Instituto Agrônomo do Norte – IAN, com sede em Belém, quando se deu início a um programa de pesquisa com o cacau na Amazônia brasileira, contudo sem qualquer iniciativa no campo da extensão rural e, a produção regional de cacau manteve-se estagnada no patamar de 1.500 a 2.000 toneladas/ano até a década de 1970 (ALVIM, 1989).

Em tempos mais recentes teve-se a retomada do cultivo do cacau na Amazônia brasileira em meados da década de 1960, com o advento dos Projetos

Integrados de Colonização sob os auspícios do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, bem como de iniciativas do Governo do Estado do Pará, em que a Ceplac foi instada a colaborar com a prestação de assistência técnica e realização de pesquisa para inserção do cultivo como atividade nas áreas das emergentes fronteiras agrícolas (ÁLVARES-AFONSO, 1975).

A Ceplac iniciou suas atividades na Amazônia brasileira em 1965, no Estado do Pará, com a implantação de um programa básico de experimentação com cacaueteiro, em Belém, numa área cedida pelo então Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte – IPEAN (ÁLVARES-AFONSO, 1975; ALVIM, 1989), bem como, com a atividade de assistência técnica aos agricultores, inicialmente realizadas através de Convênio com a Associação de Crédito e Assistência Técnica - ACAR-Pará.

2.2.3. Período pós-colônia (Pós - Ceplac)

Com o estabelecimento da Ceplac na Amazônia brasileira e, com o seu programa de expansão da cacauicultura nacional – PROCACAU (COMISSÃO..., 1977), o qual estabeleceu meta de implantação de 160 mil hectares de cacaueteiros em seis estados da Amazônia foi criado o Departamento Especial da Amazônia – Depea, com sede em Belém, PA, o qual passou a coordenar as atividades da Ceplac nos estados do Acre, Amazonas, Goiás (parte que hoje é o Tocantins), Maranhão, Mato Grosso, Pará e Rondônia, todos considerados à época potencialmente produtores de cacau.

As atividades da Ceplac são desenvolvidas atualmente, na Amazônia Legal, através de Superintendências Estaduais localizadas nos estados do Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia, os quais confirmaram a vocação ao cultivo do cacaueteiro, cuja atuação resultou na substituição do sistema extrativista pelo cultivado com plantios de cacaueteiros em sistema agroflorestal (SAF), em quase sua totalidade, consolidando a cultura na região.

Atualmente, a Amazônia brasileira possui uma área cultivada de aproximadamente 90 mil hectares, correspondendo a 13,5 % da área plantada em todo o Brasil, e produz mais de 60 mil toneladas de cacau por ano, tendo o Pará como principal produtor com mais de 50% dessa produção (INSTITUTO..., 2007).

Mendes & Lima (2007), citando Lima (1998) e Lima et al. (2000) mostram a situação da cacauicultura de Medicilândia no Estado do Pará, maior município produtor de cacau da Amazônia brasileira, o qual tem 70% de suas receitas advindas dessa atividade. Os autores destacam a preocupante situação com respeito à incidência da vassoura-de-bruxa nos cacauais desse importante pólo produtor.

3. MELHORAMENTO GENÉTICO DO CACAUEIRO

3.1. HISTÓRICO E INFORMAÇÕES GERAIS

As mais antigas cultivares de cacauero derivam de populações de Crioulos (*Theobroma cacao* var. *cacao*), originalmente domesticadas na planície do Iucatã pelos Maias e, possivelmente também por seus ancestrais, há mais de 3 mil anos atrás. Estudo dessa espécie não pode ser realizado sem considerar a participação do homem, sendo evidente, pelos relatos históricos, a presença da espécie nas práticas culturais dos Maias e dos Astecas. Evidência essa que leva a se conceber que tais povos tenham praticado seleção consciente em favor dos Crioulos (DIAS, 2001c).

A história do melhoramento genético do cacauero de uma forma organizada e sistematizada pode ser dividida em antes e depois do desenvolvimento do cacauero híbrido e teve sua implementação em Trinidad, no início da década de 1930, sendo realizados os primeiros estudos sobre a frutificação, a propagação vegetativa e a herança da pigmentação dos cotilédones e dos componentes de produção (CHEESMAN & POUND, 1934). Também, foi a partir de estudos realizados em Trinidad que se detectou a presença da auto-incompatibilidade em cacaueros do Alto Amazonas e, ainda, de forma também pioneira, foram definidos os critérios de seleção de cacaueros superiores (Dias, 2001a).

Iniciou-se o melhoramento com a seleção clonal apoiado na propagação vegetativa do cacauero desenvolvida na década de 1930 (PYKE, 1933), a qual foi utilizada na realização dos plantios comerciais em Trinidad nas décadas de 1930 e 1940, até o advento do híbrido que passou a predominar a ponto de muitas das

áreas plantadas com clones terem sido substituídas por plantios seminais (PURSHECLOVE, 1968).

Na cacauicultura, a estaquia, como método de propagação vegetativa, é conhecida desde a década de 1930 (Pike, 1933) e, segundo Purseglove (1968), foi utilizada em escala comercial em Trinidad nas décadas de 30 e 40. Entretanto, com o lançamento de híbridos biclonais, no final da década de 50, o plantio clonal foi suplantado pela reprodução seminal.

Baez (1984) refere-se que o melhoramento genético do cacau baseia-se principalmente em dois métodos, a saber: 1) seleção individual de plantas para a obtenção de clones e propagação vegetativa, com o qual se deu o início do melhoramento; 2) aproveitamento do vigor híbrido de progênies provenientes do cruzamento entre clones. Tais métodos correspondem aos dois tipos de população melhorada de referência para plantas perenes (RESENDE, 2002).

A utilização de híbridos superiores tem dado significativa contribuição para alavancar a produtividade de cacau, em particular no Brasil, tanto em novos plantios como na renovação de lavouras decadentes. Atributos inerentes a precocidade, alta produção e alguma resistência a doenças têm norteado os objetivos na obtenção dessas variedades. O tipo de híbrido selecionado para produção em escala comercial é similar ao milho híbrido intervietal, um híbrido não tradicional, sintetizado a partir de cruzamento entre genitores clonais não endogâmicos (DIAS, 2001b).

Tradicionalmente os programas para obtenção de variedades híbridas e a produção de sementes de cacau em grande quantidade requerem longo período de pesquisa. São requeridos seleções locais e um ativo programa de introduções. Muitos cruzamentos têm que ser feitos e as progênies resultantes devem ser testadas em vários locais. Produção e características devem ser registradas em torno de dez anos antes da avaliação final das progênies (TOXOPEUS, 1985).

Visando o encurtamento do ciclo seletivo, a diminuição da demanda de área para o estabelecimento de novos campos de produção de sementes e diminuição do tempo na obtenção das sementes, além da capitalização do efeito de ambiente permanente e da maximização do ganho genético, Dias (2001b) recomenda utilização da metodologia de obtenção de variedade sintética (VS) em

cacaueiro com a recombinação de híbridos selecionados nos próprios testes de progênies.

Outra metodologia plausível é a utilização dos campos de teste de progênies para obtenção de variedades de cacaueiro de propagação seminal através de cruzamentos triplos (“tricross”). O “tricross” tem segundo Miranda Filho & Viégas (1987) citando Allard & Bradshaw (1964) a grande vantagem de uma menor interação genótipo x ambiente em relação ao híbrido simples utilizado como parental, devido à homoestase de população o que lhes confere uma menor variação em uma gama de ambientes.

Característica peculiar da espécie, a auto-incompatibilidade em termos de produção de variedades melhoradas tem sido útil pela possibilidade de síntese de híbridos sem a necessidade de realização de cruzamentos manuais, os quais demandam muita mão-de-obra, o que torna a atividade de produção de sementes híbrida altamente onerosa (CARLETTO, 1946b; ALMEIDA & ANTÔNIO NETO, 2000). Embora, não se conheça os mecanismos de herança da incompatibilidade na maioria dos clones parentais utilizados na produção de sementes híbridas (TERREROS et al., 1992), tal estratégia é amplamente consagrada nos países produtores de cacau.

3.2. MELHORAMENTO DO CACAUEIRO NO BRASIL

3.2.1. Informações gerais

No Brasil, o melhoramento genético do cacaueiro teve por objetivo obter genótipos de alta produção, que fossem ao mesmo tempo, resistentes à doença conhecida como podridão parda (agente causal *Phytophthora* spp.) e portadores de sementes grandes, visando à melhoria do rendimento industrial, tendo sido os trabalhos iniciados pelos extintos, Instituto Agrônomo do Leste – IAL e Instituto de Cacau da Bahia – ICB, que realizaram a seleção, em lavouras comerciais dos Estados da Bahia e Espírito Santo, de 300 matrizes de alta produção, sendo estas clonadas e implantadas juntamente com materiais oriundos da Amazônia brasileira e introduções de outros países, constituindo assim a base do programa implementado pela Ceplac através do Centro de Pesquisa do Cacau – Cepec localizado em Ilhéus, na região cacaueira do sul da Bahia (VELLO et al., 1969).

Seguindo a orientação adotada nos centros de pesquisa com cacauero, notadamente o de Trinidad e o da Costa Rica, no Brasil, a propagação vegetativa do cacauero foi utilizada no final da década de 1950 na implantação e renovação de cacauais improdutivos, conforme os registros de Yungtay (1958), citado por Pereira (2001). Durante quatro décadas (1960 a 1990), a exemplo do ocorrido em outros países, houve no Brasil, em razão do baixo custo de implantação com as sementes doadas pela Ceplac e dos incrementos de produtividade dos híbridos, uma predominância dos plantios seminais.

A estratégia adotada para a produção de sementes híbridas, no Brasil e nos demais países produtores de cacau, desde então, tem sido basicamente aquela em que se utiliza a auto-incompatibilidade para obtenção da polinização cruzada natural entre os pares clonais, auxiliado com o reforço de polinizações artificiais realizadas manualmente. Ressalta-se que embora amplamente consagrada nos países produtores de cacau, a utilização da auto-incompatibilidade não confere segurança absoluta da polinização cruzada' (GLENIDING, 1960; OPEKE & JACOB, 1969; LANAUD et al. 1987).

Além dessa insegurança, na produção das sementes híbridas em cacauero há outros problemas relacionados à necessidade do isolamento físico entre os parentais de cada par desejado, o que requer um perfeito planejamento da disposição espacial das fileiras nos campos de produção de sementes híbridas visando diminuir os efeitos de contaminação por pólen indesejado, a qual num esquema de produção de sementes planejado, onde se utilizou um clone mutante homocigoto de sementes brancas (marcador morfológico) foi de encontrado ser da ordem de 12% (VELLO et al. 1972a).

Com a disseminação da vassoura-de-bruxa - VB, doença causada pelo fungo *Moniliophthora (=Crinipellis) perniciosa* (Stahel), conforme Aime & Phillips-Mora (2005), nos cacauais do sul da Bahia a partir de 1989 (PEREIRA et al., 1989) os métodos de melhoramento visando à obtenção de variedades clonais, bem como, a utilização da clonagem para a rápida substituição de plantas suscetíveis, quer na implantação de plantios novos ou por substituição de copas, tornou-se estratégia para a recuperação da cacauicultura daquela região e conseqüentemente o resgate da cacauicultura nacional.

Na propagação clonal têm sido adotados os métodos de enxertia e estaquia, com destaque à estaquia como a principal. Tal destaque está evidente na instalação pelo Governo do Estado da Bahia de uma grande unidade de obtenção de mudas de cacaueteiro, denominada Biofábrica, para atender ao programa emergencial de recomposição das lavouras afetadas pela Vassoura-de-bruxa.

Com o retorno recente à utilização da propagação vegetativa, conforme acima mencionado, impulsionou-se a busca por materiais resistentes a VB nos Ensaio de Competição de Combinações Híbridas – ECCH, nos bancos de germoplasma e em plantio comerciais (PINTO & PIRES, 1998). Os materiais selecionados são utilizados na composição dos jardins clonais para avaliação de seus desempenhos e obtenção de propágulos, de acordo com as indicações de PEREIRA (2001).

3.2.2. Melhoramento na Amazônia brasileira

O programa de melhoramento genético do cacaueteiro na Amazônia brasileira constituiu atividade pioneira da Ceplac iniciada em 1965 na sua base de pesquisa instalada, em Belém, PA, na área do antigo Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte – IPEAN (hoje, Embrapa Amazônia Oriental), denominada Campo Experimental de Belém – Cebel, onde foi implantado o primeiro campo de produção de sementes híbridas de cacaueteiro. Posteriormente, o Cebel foi desativado e as pesquisas transferidas para o Centro de Introdução de Theobroma da Amazônia - Citea, hoje, Estação de Recursos Genéticos “José Haroldo” – Erjoh, localizada no município de Marituba, PA. As atividades do referido programa foram expandidas nas demais Estações Experimentais instaladas pela Ceplac nos estados do Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e mais uma no Pará, em Medicilândia (ALVIM, 1989; ALMEIDA et al., 1995).

Com o advento do PROCACAU e a criação do Departamento Especial da Amazônia – Depea, a produção de sementes híbridas de cacaueteiro foi ampliada através dos novos Campos de Produção de Sementes Híbridas - CPSH instalados nas Estações Experimentais de Altamira, no Pará; de Ouro Preto d'Oeste, em Rondônia e do Rio Negro, no Amazonas (FRANCISCO NETO et al.,

1999b). Recentemente, dois novos CPSH foram implantados no Pará e um em Mato Grosso visando atender a crescente demanda de sementes para novos cultivos.

O programa de melhoramento genético do cacauero na Amazônia desde a sua concepção inicial teve por objetivo a obtenção de cultivares híbridos de alta produção, que fossem ao mesmo tempo, resistentes às doenças, incluindo-se a Vassoura-de-bruxa, e que apresentassem sementes grandes (MACHADO et al., 1977 e MARIANO & BARTLEY, 1981).

Um total de 382 combinações híbridas biclonais compõe os ECCH instalados nas estações experimentais localizadas nas diversas regiões produtoras de cacau da Amazônia brasileira, as quais, a partir de 1982, passaram a ser avaliadas, o que reuniu uma significativa quantidade de dados (FRANCISCO NETO et al., 1998). Não diferente da situação mencionada por Dias e Resende (2001a) no que diz respeito à herança dos componentes de produção e de outros caracteres de importância para ao melhoramento genético do cacauero, também são escassos estudos utilizando esses dados com aplicação na determinação de parâmetros genéticos que possibilitem a seleção dessas cultivares e a identificação de genótipos superiores dentro das populações híbridas.

Apenas dois estudos pioneiros com a aplicação de metodologias de inferência genético-estatística foram até então realizados utilizando dados obtidos em ECCH de cacauero na Amazônia brasileira.

No primeiro, Almeida (1991) utilizando doze híbridos de dois ensaios estabelecidos no Pará, avaliou o potencial agrônomo e genético estimando-se as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre dez caracteres agrônomo, bem como a possibilidade de seleção precoce, com a aplicação do desdobramento das correlações, com base nos efeitos diretos e indiretos, pela análise de trilha e, aplicação de modelos de regressão linear múltipla, respectivamente.

No segundo, Carvalho (1999) utilizando vinte híbridos de um ensaio em Rondônia, avaliou-se a determinação de valores paramétricos e os respectivos estimadores de ANOVA para as repetibilidades como correlação entre médias das unidades experimentais, tomadas nas sucessivas avaliações de um mesmo

genótipo, comparando o modelo fatorial e parcela subdividida, em delineamentos em blocos completos casualizados, com a aplicação do parâmetro repetibilidade na avaliação de sete componentes de rendimento e determinação do período necessário para a avaliação, além de selecionar os híbridos com a aplicação de análises de adaptabilidade e estabilidade temporal.

Assim sendo, considerando a necessidade de se ter uma melhor avaliação das cultivares, bem como, a indicação de estratégias que possibilitem atender a crescente demanda dos agricultores, faz-se necessária a determinação dos parâmetros genéticos e genotípicos, que possibilitem a seleção adequada de cada híbrido nos diferentes ensaios, a seleção individual para a formação de populações de melhoramento seminal e, que possibilite a indicação, alternativamente, de cultivares para a utilização clonal.

3.3. CARACTERES E PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO

De acordo com a natureza da herança, os caracteres genéticos podem ser qualitativos ou quantitativos. Os caracteres qualitativos são governados por um gene ou pequeno número de genes (monogênica ou oligogênica) e têm por consequência a ocorrência de pequeno número de genótipos e distribuição descontínua de fenótipos, podendo a cada fenótipo serem associados um ou poucos genótipos, tornando o estudo de tais caracteres bastante simplificado com resoluções pela Genética Qualitativa ou Mendeliana, enquanto que a herança dos caracteres quantitativos é de natureza poligênica podendo condicionar distribuição contínua (peso e medidas – variáveis aleatórias contínuas) e descontínua (contagem – variáveis aleatórias discretas) de fenótipos e requerem para seus estudos a utilização de procedimentos estatísticos mais elaborados, atributos da Genética Quantitativa (GARDNER & SNUSTAD, 1986).

Os caracteres quantitativos são governados por um grande número de genes, o que conduz a apresentarem um grande número de genótipos e/ou uma grande influência ambiental, além do que os caracteres quantitativos com distribuição descontínua (variáveis aleatórias discretas) de fenótipos são denominados características de limiar (FALCONER, 1989).

Na sua maioria, os caracteres de interesse econômico, quer seja em plantas ou animais, apresentam herança poligênica e têm na Genética

Quantitativa o ferramental para o estudo dos componentes determinantes de sua variação e consiste em separar as frações da média e variância que são herdáveis (ALLARD, 1971; GARDNER & SNUSTARD, 1986; RESENDE, 2002; CRUZ, 2005).

Devido às peculiaridades das espécies vegetais perenes, como sobreposição de gerações, ciclo reprodutivo longo, reprodução sexuada e assexuada, expressão dos caracteres ao longo de várias idades, enumerados por Resende (2002), tem-se por determinante a utilização de métodos de melhoramento genético diferenciados aos utilizados em culturas anuais.

O uso desses métodos diferenciados tem como reflexos a necessidade de observação dos seguintes requisitos: i) a utilização dos indivíduos selecionados, para produção durante vários anos, fato que condiciona - a demanda de muito rigor e precisão nos métodos de seleção; ii) o uso de avaliações repetidas em cada indivíduo ao longo do tempo; iii) a seleção envolvendo comparações de indivíduos de diferentes gerações e, portanto, avaliados em diferentes condições ambientais, fato que requer o uso de métodos de avaliação genética mais elaborados; seleção também para os efeitos não aditivos (além da seleção para efeitos aditivos) dos alelos, tendo em vista a propagação vegetativa dos indivíduos selecionados; iv) a relevância da unidade de seleção "indivíduo" em detrimento da unidade de seleção "média de grupos de indivíduos"; v) a ocorrência de redução na taxa de sobrevivência das plantas nos experimentos ao longo das idades, propiciando a sobreposição de gerações e conseqüente desbalanceamento dos dados para uso na estimação de parâmetros genéticos e na predição dos valores genéticos individuais, além da possível alteração no controle genético dos caracteres ao longo das idades, o que caracteriza o fenômeno da juvenilidade.

Em plantas perenes os atributos de produção são aqueles que mais interessam nos estudos que visam à seleção. Assim, em cacauero a medição da produção de frutos e de seus componentes úteis é determinante em um programa de melhoramento genético, além daqueles que lhes são associados, como aspectos agromorfológicos, resistência genética e qualidade.

Os programas pioneiros de melhoramento genético e a implantação dos cacauais foram conduzidos pelo estabelecimento da propagação vegetativa.

Entretanto, com a comprovação do vigor híbrido a partir dos cruzamentos entre clones de cacauzeiro realizados em Trinidad, na década de 1940 (RUSSEL, 1952; SWARBRICK et al., 1964), houve um direcionamento do cultivo utilizando a reprodução seminal. O novo método chegou a suplantar o clonal, em detrimento das peculiaridades da espécie, o que se constitui um caso raro entre as plantas perenes cultivadas (DIAS, 1993).

Especificamente, Almeida et al. (1994) em avaliação por análise de Trilha utilizando dados obtidos em ECCH cacauzeiro encontraram que o número de frutos sadios por planta e o peso das amêndoas secas por fruto foram os componentes principais, enquanto que o número de sementes por fruto e o índice de sementes (IS) foram classificados como componentes secundários.

Dias e Resende (2001a) apresentam com detalhes os atributos de produção e seus componentes no cacauzeiro e indicam com apoio em vasta literatura que o número de frutos e o índice de frutos (IF) estão entre os mais importantes componentes de produção. Citam ainda que a produção de frutos apresenta-se como confiável para estimar o potencial produtivo de dada cultivar e, que é de fácil mensuração em grande número de cacauzeiros candidatos à seleção. E, que o número total de frutos (sadios e doentes) por planta ou por área representa a produção potencial e o número de frutos sadios representa a produção real. Tais componentes são muito utilizados nos estudos visando à seleção.

Dias & Kageyama (1995) demonstraram com base nas médias dos quadrados dos efeitos a importância relativa dos efeitos gênicos não aditivos sobre os aditivos, para componentes de produção de cacauzeiro como número de frutos colhidos e sadios e o peso de sementes úmidas por planta.

Segundo Atanda (1972b) o índice IF juntamente com o índice de semente (IS) fornece detalhes das características de produção do cacauzeiro podendo ser utilizados no refinamento da seleção, após “screening” para produção de frutos.

Dias e Resende (2001a) evidenciam, apoiados na literatura já mencionada, que há marcante influência ambiental sobre a produção de cacau e seus componentes, sendo a produção propriamente dita aquela que se refere ao peso de amêndoas secas por hectare que é de avaliação difícil e tediosa.

3.4. ESTRATÉGIAS DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O sucesso do melhoramento genético depende, sobretudo, da adoção de acurados procedimentos de seleção, os quais têm sua estruturação baseada na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos, que são variáveis aleatórias desconhecidas, utilizando modelos e procedimentos estatísticos adequados à avaliação genética dos candidatos à seleção.

Resende & Duarte (2007) abordam a essencialidade de experimentos de campo nos programas de melhoramento genético e também no processo de recomendação de cultivares melhoradas, quer se trate de espécies perenes ou anuais. Nesses experimentos é desejável um alto grau de precisão experimental e, conseqüentemente uma alta acurácia na inferência sobre as médias genótípicas dos tratamentos genéticos em avaliação. No Brasil essa média genotípica é denominada valor de cultivo e uso (VCU), pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do Ministério da Agricultura, da Agropecuária e do Abastecimento, para fins legais de recomendação, registro e proteção de cultivares (FRANCISCO NETO, 2006).

As espécies perenes são as que apresentam a possibilidade dos indivíduos se reproduzirem mais de uma vez e/ou permitir mais de uma avaliação de um dado caráter no decorrer de suas vidas, desta forma englobando-se todas as espécies de propagação vegetativa. Estas, segundo Simmonds (1979), são essencialmente perenes, dada à imortalidade potencial dos clones, o que possibilita o atendimento de ambos os requisitos têm-se que tal enquadramento requer a aplicação de metodologias biométricas adequadas ao aumento da eficiência do processo seletivo. Tais metodologias são abordadas com aprofundamento e riqueza de detalhes por Resende (2002).

Especificamente aplicado ao melhoramento do cacaueteiro tem-se a abordagem de Dias e Resende (2001b) que elencam os fatores experimentais, como o tamanho ótimo de parcela e número de repetições, escolha do delineamento, as estratégias de análises estatísticas, bem como a repetibilidade e a acurácia experimental. Indicam os referidos autores que dados desbalanceados são comuns na experimentação com o cacaueteiro, porém isso não deve se constituir dificuldades se forem adequadamente tratados e, que são várias as

possibilidades de análises, contudo deve ser escolhida aquela que reúna simplicidade, robustez e exeqüibilidade.

Farias Neto e Resende (2001) realizaram estudo sobre a estimação de componentes de variância, herdabilidade e predição de valores genéticos para vários caracteres em teste de progênies de pupunheira. Na comparação entre os processos de estimação dos componentes de variância e herdabilidade obtidas pelas metodologias de estimacões e predições pelo procedimento REML/BLUP e pelo método tradicional (ANOVA) constataram que as estimativas foram melhores pelo REML/BLUP.

Os referidos autores observaram estimativas negativas de componentes de variância quando se utiliza a ANOVA, resultado normalmente observado quando o valor paramétrico do componente de variância é próximo de zero. Neste caso, o procedimento REML/BLUP, que apresenta restrição de não-negatividade, conduz a melhores resultados. Com base nos resultados, os autores concluíram que os procedimentos REML/BLUP e ANOVA conduziram a resultados divergentes para a maioria dos caracteres e, ainda, que o procedimento REML/BLUP deve ser o preferido para a estimação/predição no melhoramento de plantas perenes, cujos experimentos, em geral, geram dados desbalanceados.

Dias e Resende (2001b) alertam ainda⁴ que a ocorrência de dados excepcionais, inesperados e ditos aberrantes é possível, em certas ocasiões. No entanto, tais dados não devem ser omitidos das análises, *a priori*. Somente devem ser descartados, após investigação da origem dos mesmos.

4. SELEÇÃO E PROCEDIMENTOS GENÉTICO-ESTATÍSTICOS

O termo seleção é definido como reprodução diferencial dos diferentes genótipos na natureza ou sob ação antrópica. A seleção natural opera independentemente das ações humanas e se realiza por meio de diferenças em fertilidade e sobrevivência das progênies dos diferentes indivíduos, tendo como conseqüência a evolução orgânica, ou seja, são favorecidos os mais aptos, conforme a viabilidade. A seleção artificial, por sua vez, é praticada pelo homem e é baseada em critérios definidos pelo próprio melhorista, sendo assim, fator primordial para o melhoramento genético, pois atua promovendo a alteração das

freqüências alélicas nos locos que controlam o caráter alvo da seleção, direcionando a alteração na média genotípica da população (Resende, 2002).

Resende (2002) enumera a predição do valor genético dos indivíduos e a decisão sobre a melhor forma de utilização dos indivíduos com os maiores valores preditos, como as duas etapas básicas de atuação do melhorista na prática da seleção. Ainda, tratando-se de plantas perenes, dois tipos de população melhorada de referência - uma formada por descendentes dos indivíduos selecionados - outra formada pelos próprios indivíduos selecionados, propagados clonalmente.

Para atender aos objetivos da seleção visando à população da geração seguinte à da seleção é relevante a predição dos valores genéticos (VG) aditivos, enquanto que para a população concomitante à da seleção, obtida agamicamente, a predição dos valores genotípicos (VGp) é que é determinante, pois nesta última têm-se capitalizados os efeitos de dominância, além dos efeitos aditivos.

A estimação dos parâmetros genéticos é a ferramenta da genética quantitativa que utiliza o valor fenotípico (y) conhecido para a predição, tanto dos valores genéticos (VG), como dos valores genotípicos (VGp), que são variáveis aleatórias desconhecidas, de acordo com as indicações clássicas e de relevante utilização em estudos tanto no melhoramento vegetal como animal (Resende, 2002; Cruz, 2005).

Em sua abordagem sobre a prática de seleção em plantas perenes Resende (2002) diz que o melhorista pode ter por alvo três tipos de população melhorada de referência formada pelos: (i) descendentes dos indivíduos selecionados; (ii) próprios indivíduos selecionados, propagados clonalmente e (iii) próprios indivíduos selecionados, mantidos no mesmo microambiente em que estão plantados, mediante o desbaste das piores plantas. Tais populações são denominadas populações-alvo.

Conforme as populações-alvo, o mencionado autor classifica o melhoramento de perenes em três tipos: de curto, médio e longo prazo. Assim, no melhoramento de curto prazo a população-alvo será aquela formada pelos indivíduos selecionados mantidos no próprio microambiente (iii); no de médio prazo será a formada pelos indivíduos selecionados propagados agamicamente

(ii) e no de longo prazo será a formada pelos descendentes dos indivíduos selecionados.

Conforme indicado por Resende (2002), de maneira genérica, o princípio da regressão linear deve ser empregado para predição de VG e VGp , ou seja, a técnica de regressão permite inferir em que proporção y explica ou prediz VG e VGp . Assim:

$$VG = \mu + \beta_{ay}(y - \mu)$$

$$VGp = \mu + \beta_{gy}(y - \mu), \text{ em que:}$$

μ : média fenotípica ou média geral;

β_{ay} : coeficiente de regressão do valor genético aditivo sobre o valor fenotípico y ;

β_{gy} : é o coeficiente de regressão do valor genotípico sobre o valor fenotípico y .

Pelo princípio da regressão tem-se que:

$$\beta_{ay} = \frac{COV [(\mu + a), y]}{\sigma_y^2} = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_y^2} = h_a^2;$$

$$\hat{\beta}_{gy} = \frac{COV [(\mu + g), y]}{\sigma_y^2} = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_d^2}{\sigma_y^2} = h_g^2.$$

Em que:

h_a^2 : herdabilidades individuais no sentido restrito;

h_g^2 : herdabilidades individuais no sentido amplo.

Considerando covariância zero entre os efeitos em y (a covariância entre efeitos genéticos e ambientais pode ser assumida como nula desde que haja casualização na distribuição dos genótipos nos ambientes, ou seja, desde que não seja dado tratamento preferencial aos melhores genótipos) tem-se:

$$\sigma_y^2 = Var(\mu + a + d + ep + et) = \sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_{ep}^2 + \sigma_{et}^2, \text{ em que:}$$

σ_y^2 : variância fenotípica;

σ_a^2 : variância genética aditiva;

σ_d^2 : variância genética de dominância;

σ_{ep}^2 : variância ambiental permanente;

σ_{et}^2 : variância ambiental temporária.

Conforme Resende (2002), os estimadores de β apresentados são adequados à seleção individual e são utilizados na conceituação e apresentação do progresso genético e seus componentes.

Resende (2002) citando Turner & Young (1969) indica o modelo (ignorando a epistasia) para um caráter, como produção de frutos, e, observações fenotípicas em um dado estágio, como sendo:

$$y = \mu + a + d + e_p + e_t, \text{ em que}$$

y : valor fenotípico temporário;

μ : média genotípica ou média geral;

a : efeito aditivo;

d : efeito de dominância;

e_p : efeito de ambiente permanente;

e_t : efeito de ambiente temporário;

$\mu + a$: valor genético aditivo (é um parâmetro similar à capacidade geral de combinação, equivalendo a essa capacidade multiplicada por um regressor, que é função da herdabilidade, e somada à média geral);

$\mu + a + d = \mu + g$: valor genotípico;

$\mu + a + d + e_p$: valor fenotípico permanente.

Considerando os modelos lineares para predição de valores genéticos Resende (2002) diz que o vetor de dados fenotípicos pode ser expresso pelo seguinte modelo: $y = X\beta + Za + \varepsilon$, em que:

y : vetor de médias associadas aos efeitos aleatórios;

β : vetor de efeitos fixos;

a : vetor aleatório de valores genéticos;

ε : vetor aleatório de erros (resíduos);

X : matriz de incidência para β ;

Z : matriz de incidência para a .

Ao vetor β estão associados os efeitos ambientais identificáveis, como por exemplo, efeito de local, de ano de avaliação e, também o efeito da média geral da população. Estes efeitos são quantificáveis e utilizados para o ajuste dos dados por meio de $(y - X\beta)$. O vetor ε contém efeitos ambientais não

identificáveis, embora quantificáveis, pois ocorrem aleatoriamente. Assim, na predição de a deve-se adotar um procedimento que permita isolar ε da fração $(y - X\beta) = (Za + \varepsilon)$.

Os valores genéticos expressos como desvios da média geral podem ser preditos genericamente conforme explicitado por Henderson (1984), pelo seguinte:

$$\hat{a} = C^d V^{-1} (y - E(y)) = GZ' V^{-1} (y - E(y)), \text{ em que:}$$

C : matriz de covariância entre a e y ;

G : matriz de covariância de a ;

V : matriz de covariância de y ;

$E(y)$: vetor de valores esperados de y , equivalendo a $E(y) = X\beta$.

De acordo com Resende (2002), para a predição de variáveis aleatórias em que a e y são os vetores dessas variáveis, conjuntamente distribuídas, em que y é observável (dados) e a não observável (valores genéticos) três procedimentos de predição são disponíveis, quais sejam: melhor predição (BP); melhor predição linear (BLP) e melhor predição linear não viciada (BLUP).

Há uma hierarquização para a aplicação desses procedimentos, a qual está diretamente relacionada com a distribuição conjunta de y e a , seja o conhecimento de $f(y, a)$. Assim, os procedimentos: - BP se aplica quando há iguais quantidades e precisões das informações associadas a todos os candidatos à seleção, primeiros momentos (médias) e segundos momentos (variâncias) conhecidos - BLP se aplica quando há diferentes quantidades e precisões das informações associadas aos candidatos à seleção, primeiros e segundos momentos conhecidos e, BLUP quando há diferentes quantidades e precisões das informações associadas aos candidatos à seleção, segundo momentos conhecidos, primeiros momentos não conhecidos.

O BLUP constitui-se na metodologia de modelos mistos que foi derivada por Henderson (1949) e trata-se do procedimento que contempla o ajustamento dos dados para os efeitos ambientais identificáveis (tais quais os efeitos de blocos, do ano de medição, do local de plantio, dentre outros) e simultaneamente prediz os valores genéticos dos indivíduos. Resende (2002) apresenta uma

cronologia do desenvolvimento do procedimento BLUP por Henderson e seus colaboradores, compreendendo um período de quase 40 desde a sua primeira derivação e a última realizada por Quass (1988) e Westell et al. (1988). O autor faz referência também da designação de modelo animal, para o BLUP individual, cunhada por Quass & Pollak (1980).

A combinação do modelo animal (BLUP) e do método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) desenvolvido por Patterson & Thompson (1971) e aprimorado por Thompson (1973) é adequado para obter as estimativas fidedignas de componentes da variância, em situações de dados desbalanceados em que o número de equações independentes (posto de X) para os efeitos fixos for relativamente grande em relação ao número (N) de observações.

O REML apresenta uma correção ao estimador da Máxima Verossimilhança (ML), que foi idealizado por Fisher (1922) e desenvolvido por Hartley & Rao (1967), eliminando seu vício, permitindo assim, a maximização apenas da porção da verossimilhança que é invariante aos efeitos fixos.

Segundo Resende (2002) a combinação REML/BLUP tem se tornado o método padrão para estimação de componentes de variância a partir de dados desbalanceados em plantas perenes.

Resende (2002), depois de apresentar e discutir a avaliação genética pela metodologia tradicional, compreendendo: teste de progênie de meios-irmãos, com os vários métodos de seleção a ele aplicados; testes clonais; medidas repetidas aplicada à “seleção massal estratificada”, apresenta que os procedimentos ótimos de predição de valores genéticos e seleção no melhoramento de espécies perenes podem ser resumidos em dois, quais sejam, índice usando todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico (índice multiefeitos) para o caso balanceado e o BLUP individual para os casos balanceado e desbalanceado.

Para a derivação considerando μ_y [$\mu_y = E(y)$: média de y] não conhecido, condição em que se aplica o BLUP, o preditor é forçado a ser não viciado e o melhor preditor linear não viciado é:

$$\hat{a} = \mu_a + C'V^{-1}(y - X\hat{\beta}), \text{ em que:}$$

$$\mu_a = E(a): \text{ média de } a;$$

C : matriz de covariância entre a e y ;

V : matriz variância de y ;

$\hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}y$: estimador de quadrados mínimos generalizados (GLS) ou melhor estimador linear não viciado (BLUE) do vetor (β) de efeitos fixos;

X : matriz de incidência para β .

O BLUP tem menor erro quadrático médio dentre todos os preditores lineares não viciados de a . No BLUP, não vício é um critério do procedimento de predição e não uma consequência como no BP e BLP. Essa condição como critério é que condiciona o aparecimento de $\hat{\beta}$ no preditor.

Schaeffer & Mao (1988), citado por Resende (2002), informam que são sutis as diferenças entre BP, BLP e BLUP, porém importantes estatisticamente. Informam ainda que, na prática os primeiros e os segundos momentos não são conhecidos, mas sim estimados dos dados amostrais, a rigor nas aplicações práticas não se tem BLP e BLUP, mas sim EBLP e EBLUP. Estes são os respectivos preditores empíricos, devido à substituição dos valores paramétricos (primeiros e segundos momentos no caso BLP e segundos momentos no caso BLUP) por suas estimativas.

O modelo estatístico para o vetor fenotípico no procedimento BLUP é:

$y = X\beta + Zg + e$, em que:

y : vetor de observações (valores fenotípicos);

β : vetor de variáveis fixas (valores de blocos, anos);

g : vetor de variáveis aleatórias (valores genéticos);

e : vetor de erros;

X : matriz de incidência para β ;

Z : matriz de incidência para g .

O preditor linear de g $\left(\hat{g} = B'y \right)$ o qual é não viciado $\left[E(\hat{g}) = 0 \right]$ e com

mínima variância do erro de predição é a solução do sistema:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

G : matriz de covariância de g ;

R : matriz de covariância do erro.

Resende (2002) apresenta uma variedade de aplicações do BLUP associado com vários delineamentos e metodologias de predição de parâmetros genéticos, contemplando métodos tradicionais de seleção, como aqueles mais complexos, incluindo a seleção auxiliada por marcadores e análise de QTL (Quantitative Trait Loci).

Embora seja recente a utilização da metodologia REML/BLUP em vegetais no Brasil, inaugurada com o trabalho de Resende et al. (1993), na literatura nacional são encontrados trabalhos com as mais variadas aplicações no melhoramento de espécies perenes, dentre as quais: a aceroleira (PAIVA et al., 2001), o bacurizeiro (FARIAS NETO et al., 2004), o cacauzeiro (RESENDE E DIAS, 2000; DIAS & RESENDE, 2002), o cafeeiro (RESENDE et al., 2001); o cupuaçuzeiro (COSTA et al., 1997), o dendezeiro (LOPES et al., 2007), a erva-mate (RESENDE et al., 1995), o eucalipto (RESENDE et al., 1993; RESENDE 1999, ROCHA et al., 2007), o guaranazeiro (ATROCH et al., 2004), a pupunheira (PADILHA, 2001), o Pinus (RESENDE et al., 1996b), a seringueira (RESENDE et al. 1996a; KALIL FILHO et al., 2000) e o umbuzeiro (OLIVEIRA et al., 2004).

Dias e Resende (2001a) apontam a utilização da metodologia dos modelos mistos no melhoramento do cacauzeiro como procedimento adequado à realização da estimação de parâmetros genéticos, dentre os quais o procedimento combinado REML/ BLUP individual com medidas repetidas.

4.1. PARÂMETROS GENÉTICO-ESTATÍSTICOS

4.1.1. Herdabilidade

Cruz (2005) apresenta a definição clássica em que a herdabilidade, representada por h^2 é a razão entre a Variância Genotípica [$V(G)$] e a variância fenotípica [$V(F)$], esta por sua vez resultante da soma da $V(G)$ com a variância ambiental [$V(M)$]. Como somente o valor fenotípico do indivíduo pode ser diretamente medido, porém é o valor genético que determina sua influência na próxima geração, têm-se pelo cálculo da herdabilidade a determinação da variabilidade existente numa dada população segregante, que é de natureza genética.

Assim sendo:

$$h^2 = \frac{V(G)}{V(G)+V(M)} = \frac{V(G)}{V(F)}$$

Ainda, cada indivíduo expressa um valor fenotípico, porém seu verdadeiro potencial é dado pelo valor genotípico. Se ambos fossem conhecidos, poder-se-ia calcular a correlação (r) entre valores fenotípicos e genotípicos pela expressão:

$$r = \frac{Cov(F,G)}{\sqrt{V(G).V(F)}}, \text{ em que:}$$

$Cov(F,G)$: covariância entre valores fenotípicos e genotípicos;

$V(G)$: variância entre valores genotípicos;

$V(F)$: variância entre valores fenotípicos.

Sendo que $F = G + M$, em que:

F : fenótipo

G : genótipo

M : ambiente

Assim temos que:

$$Cov(F,G) = Cov(G + M, G) = Cov(G,G) + Cov(G,M) = V(G)$$

Na expressão acima é admitido que os efeitos do ambiente que atuam de forma aleatória, não apresentem covariância com os efeitos genotípicos. Assim, pode-se expressar:

$$r = \sqrt{\frac{V(G)}{V(F)}}$$

ou seja, a herdabilidade é igual ao quadrado da correlação entre valores fenotípicos e genotípicos ($h^2 = r^2$). Assim temos que se a herdabilidade for alta, haverá alta correlação entre o valor fenotípico e o genotípico, de forma que as diferenças mensuradas entre os indivíduos traduzirão as verdadeiras diferenças genéticas e garantirão, portanto, o sucesso da estratégia de seleção que estiver sendo adotada. Se a herdabilidade for baixa, o valor fenotípico não é uma média confiável do valor genotípico, e a superioridade aparente de um indivíduo em relação a outro poderá não ser devida à causa genética – o processo seletivo, nesta situação, poderá estar comprometido (Cruz, 2005), porém se há

significância para as variâncias genéticas pode-se obter ganho por seleção mesmo com valores de herdabilidade de baixa magnitude.

A herdabilidade, como parâmetro genético aplicado no melhoramento pode ser tomado tanto no sentido restrito, quanto no sentido amplo. A herdabilidade no sentido restrito (h_a^2) é o quadrado da correlação entre o valor genético aditivo e o valor fenotípico, ou coeficiente da regressão do valor genético aditivo sobre o valor fenotípico, ou coeficiente de determinação do valor genético aditivo pelo fenótipo. A herdabilidade no sentido amplo (h_g^2) é o quadrado da correlação entre o valor genotípico e o valor fenotípico, ou a regressão do valor genotípico sobre o valor fenotípico, ou coeficiente de determinação do valor genotípico pelo fenótipo (RESENDE, 2002).

Conforme Resende (2002), o conceito do coeficiente de herdabilidade no sentido restrito foi definido por Lush (1936), em termos de ação aditiva dos genes. O autor apresenta que em geral são quatro as definições para a herdabilidade no sentido restrito, as quais se aplicam também para a herdabilidade no sentido amplo, bastando substituir a σ_a^2 , por $\sigma_g^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2$ no numerador das expressões que abaixo são apresentadas:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_e^2}, \text{ aplicável para caracteres avaliados uma vez nos indivíduos e}$$

populações experimentais com uma planta por parcela.

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_{ep}^2 + \sigma_{et}^2}, \text{ aplicável para caracteres avaliados mais de uma vez nos}$$

indivíduos e populações experimentais com uma planta por parcela.

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}, \text{ aplicável para caracteres avaliados uma vez nos}$$

indivíduos e populações experimentais com várias plantas por parcela.

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_c^2 + \sigma_{e'p}^2 + \sigma_{e't}^2}, \text{ aplicável para caracteres avaliados mais de uma}$$

vez nos indivíduos e populações experimentais com várias plantas por parcela.

Em que:

σ_a^2 : variância genética aditiva;

σ_d^2 : variância genética de dominância;

σ_c^2 : variância entre parcelas;

σ_e^2 : variância ambiental;

σ_{ep}^2 : variância ambiental permanente;

σ_{et}^2 : variância ambiental temporária.

As expressões apresentadas referem-se à herdabilidade no estrato denominado bloco. A denotação ' associada aos componentes de variância indica que estes podem se alterar quando são usados uma planta por parcela (ou uma medição por indivíduo) ou várias plantas por parcela (ou várias medições por indivíduo).

4.1.2. Valores genéticos, genotípicos e fenotípicos

A predição dos valores genéticos aditivos (V_a), dos valores genotípicos (V_g) e dos valores fenotípicos permanentes (V_{fp}) é relevante e atende às três possíveis populações-alvo (mencionadas anteriormente) que pode obter, na prática, o melhorista de plantas perenes. Isto porque somente os efeitos aditivos dos alelos são transmitidos à descendência por reprodução sexuada [descendentes dos indivíduos selecionados - população de referência (i)] e porque na manutenção dos indivíduos selecionados no próprio ambiente de seleção, visando quantificar as produções futuras destes mesmos indivíduos [população de referência (iii)], capitalizam-se os efeitos aditivos, de dominância e de ambiente permanente, e, finalmente porque, na população formada pelos próprios indivíduos selecionados, propagados clonalmente referenciada em (ii), capitalizam-se os efeitos aditivo e de dominância (RESENDE, 2002).

Os valores acima mencionados, representados por V_a ; V_g e V_{fp} são variáveis aleatórias desconhecidas e devem ser preditas a partir do conhecimento de y , que com base no modelo estatístico: $y = \mu + a + d + e_p + e_t$ são representados com base nas expressões: $\mu + a$; $\mu + a + d = \mu + g$ e $\mu + a + d + e_p$, respectivamente. De maneira genérica, o princípio da regressão linear deve ser empregado para estimação de V_a , V_g e V_{fp} , ou seja, a técnica de regressão

permite inferir em que proporção, y explica ou estima V_a , V_g e V_{fp} (RESENDE, 2002).

4.1.3. Repetibilidade

Sob o ponto de vista estatístico, repetibilidade é a correlação entre medidas tomadas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo (LUSH, 1945).

Conforme Resende (2002), a repetibilidade foi conceituada por Lush (1937) como correlação intraclasse e, portanto, no caso de indivíduos, refere-se às correlações fenotípicas entre medições repetidas no mesmo indivíduo, sendo esta a repetibilidade individual. Há ainda o conceito de repetibilidade maternal o qual apresenta maior relevância para o melhoramento genético animal (RESENDE & ROSA-PEREZ, 1999 e RESENDE & FREITAS, 1998).

Nas avaliações em que sucessivas medições de um caráter em um grupo de indivíduos; são realizadas, espera-se que a superioridade ou inferioridade inicial de determinado indivíduo em relação aos demais, mantenha-se em medições posteriores. A medida da consistência da posição relativa dos indivíduos durante as sucessivas medições é tradicionalmente denominada repetibilidade (TURNER & YOUNG, 1969).

Tais medidas podem repetir tanto no tempo, quanto no espaço. Exemplificando, tem-se a produção de fruto de um cacaueteiro, avaliada em sucessivas safras, é um exemplo de repetibilidade no tempo, enquanto que a avaliação em caracteres estruturais ou anatômicos constitui exemplos de repetibilidade no espaço, como é o caso da avaliação do número de sementes/fruto em alguns frutos apresentados por uma mesma planta (CRUZ; REGAZZI, 1997).

A avaliação genética de indivíduos com a possibilidade de realização de medidas repetidas (no tempo ou no espaço) é viável pela determinação do coeficiente de repetibilidade, o qual mede a capacidade dos organismos em repetir a expressão do caráter, ao longo de vários períodos de tempo ou em espaços diversos, no decorrer de suas vidas. Do ponto de vista prático este parâmetro apresenta importância fundamental na predição de valores genéticos e genotípicos e na inferência sobre o aumento da eficiência seletiva pelo uso de um determinado número ($>$ que 1) de medições por indivíduo, fator que permite

determinar o número de safras a ser adotado em um programa prático de melhoramento genético (RESENDE, 2002).

Para Cruz & Regazzi (1997), estatisticamente uma característica medida no i -ésimo indivíduo e no j -ésimo tempo (ou espaço) pode ser descrita pelo modelo:

$$Y_{ij} = \mu + (G + E_p + GE_p)_i + (E_t + GE_t)_{ij} \quad (I)$$

em que:

Y_{ij} : valor fenotípico da característica referente ao i -ésimo indivíduo no j -ésimo tempo;

μ : média geral;

G_i : efeito genotípico sobre a característica do i -ésimo indivíduo;

E_p : efeito de ambiente permanente;

$(E_p + GE_p)_i = E_p / G_i$: efeito permanente do meio sobre a característica no i -ésimo indivíduo;

E_t : efeito de ambiente temporário;

$(E_t + GE_t)_{ij} = (E_t / G)_{ij}$: efeito temporário, ou localizado, do i -ésimo ambiente sobre o j -ésimo indivíduo.

Denominando-se p a parte permanente e ε a parte temporária, tem-se:

$$p_i = (G + E_p + GE_p)_i$$

$$\varepsilon_{ij} = (E_t + GE_t)_{ij}$$

Assim, o modelo (I) se reduz a:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + \varepsilon_{ij} \quad (II)$$

Pela sua conceituação o coeficiente de repetibilidade (ρ) pode ser obtido

então por: $\rho = \frac{Cov(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{V(Y_{ij})V(Y_{ij'})}}$, em que Y_{ij} e $Y_{ij'}$ são as diferentes medidas tomadas

em um mesmo indivíduo, em diferentes locais ou tempo.

Considerando que:

$$Cov(Y_{ij}, Y_{ij'}) = Cov(\mu + p_i + \varepsilon_{ij}, \mu + p_i + \varepsilon_{ij'}) = \sigma_p^2$$

e

$$V(Y_{ij}) = V(Y_{ij'}) = \sigma_Y^2$$

tem-se:

$$\rho = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_Y^2} \quad (1)$$

Logo, a repetibilidade expressa a proporção da variância total, que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Os autores demonstram ainda, a partir do modelo (II), aleatório, tomando a partição da variância fenotípica em seus dois componentes, ambientais e genéticos, estes últimos confundidos com as influências permanentes do ambiente, a relação entre repetibilidade de herdabilidade, podendo-se observar que:

$$\sigma_Y^2 = \sigma_p^2 + \sigma_\varepsilon^2$$

E, pelo modelo (I), que:

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2 \quad (2)$$

$$\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_{ep/g}^2$$

Assim, quando as medidas de um caráter são obtidas repetidas vezes nos indivíduos de uma população a variância fenotípica poderá ser parcelada em dois componentes, sendo a variância “dentro” de indivíduos (σ_ε^2) e a variância entre indivíduos (σ_p^2).

Os autores demonstram ainda, que na estimação da repetibilidade de um caráter é possível separar o componente causado pelo ambiente casual (temporário ou localizado), σ_ε^2 , mas normalmente deixa-se o componente de variância de ambiente permanente, $\sigma_{ep/g}^2$, permanecer confundido com a variância genotípica. Assim, substituindo-se σ_p^2 , na equação 1, pelos seus componentes apresentados na equação 2, tem-se que:

$$\rho = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2}{\sigma_Y^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_Y^2} + \frac{\sigma_{ep/g}^2}{\sigma_Y^2}$$

Logo, a Repetibilidade representa o máximo valor que a herdabilidade no sentido amplo ($h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_y^2}$) pode atingir.

Ao se escolher determinado genótipo, espera-se que a sua superioridade inicial perdure durante toda a sua vida produtiva. E ainda, de maneira semelhante, também se espera que o bom desempenho manifestado em certas estruturas ou partes integrantes do indivíduo reflita o potencial do genótipo a ser utilizado como um todo. A veracidade desta expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade da característica estudada, cuja estimação é possível quando a medição do caráter é feita repetidas vezes num mesmo indivíduo (CRUZ & REGAZZI, 1997).

A variância “dentro” de indivíduos σ_e^2 mede as diferenças dos desempenhos do mesmo indivíduo e corresponde o componente as variações entre desempenhos sucessivos causadas somente por diferenças temporais de ambiente (repetibilidade no tempo) ou diferenças localizadas (repetibilidade no espaço) que operam durante o desenvolvimento do indivíduo. Enquanto que a variância entre indivíduos σ_p^2 mede as diferenças permanentes entre os mesmos sendo este componente estabelecido pelas variações de ambientes e pelas diferenças genóticas, sendo que a parte relativa ao ambiente é causada pelas circunstâncias que afetam permanentemente o indivíduo (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Cruz & Regazzi (1997) destacam que o coeficiente de repetibilidade, pode ser utilizado para verificar a expectativa de que a superioridade de um dado material perdure por toda a sua vida útil, bem como para a determinação do número de medições necessárias para se ter um determinado nível de precisão para a característica em questão. A repetibilidade varia com a natureza do caráter, com os parâmetros genéticos da população e com as condições ambientais nas quais os indivíduos são avaliados. De acordo com a magnitude da repetibilidade é possível determinar o número de medições, tanto em termos de indivíduos quanto em termos de safras necessárias para garantir a precisão na seleção de genótipos superiores.

Assim, quando a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada, a repetibilidade aproxima-se da estimativa da herdabilidade (CRUZ & REGAZZI, 1997). E, de acordo com Resende (2002), uma condição essencial para a adoção do modelo de repetibilidade é que as medidas repetidas apresentem correlação genética igual ou próxima a 1, fato que confirma ser o mesmo caráter de uma medição para outra.

Resende (2002) descreve o modelo estatístico para estimação do valor fenotípico temporário, apresentando (ignorando a epistasia) a decomposição do efeito genético em efeito aditivo e efeito de dominância, do efeito de ambiente em efeito permanente, e efeito temporário, sendo o referido modelo, o seguinte:

$$y = \mu + a + d + e_p + e_t, \text{ em que:}$$

y : valor fenotípico temporário.

μ : média genotípica ou média geral.

a : efeito aditivo.

d : efeito de dominância.

e_p : efeito de ambiente permanente.

e_t : efeito de ambiente temporário.

Com base no modelo genérico, $y = \mu + g + e_p + e_t$, o referido autor indica que, a repetibilidade individual para duas medições (y_1 e y_2) repetidas pode ser assim descritas em termos de modelos lineares:

$$y_1 = \mu + g + e_p + e_1, \text{ para a medição 1.}$$

$$y_2 = \mu + g + e_p + e_2, \text{ para a medição 2, em que:}$$

μ : efeito da média geral, fixo.

g : efeito genético, aleatório.

e_p : efeito de ambiente permanente, aleatório.

e_t : efeito de ambiente temporário, aleatório.

E a correlação intraclassa ou repetibilidade (ρ) neste caso equivale a:

$$\rho = \frac{Cov(y_1, y_2)}{Var(y)} = \frac{Cov_g(y_1, y_2) + Cov_{ep}(y_1, y_2)}{Var(y)}, \text{ em que:}$$

$$Cov_g(y_1, y_2) = Cov_g(I, I) = \sigma_i^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2 ;$$

$$Cov_{ep}(y_1, y_2) = \sigma_{ep}^2 : \text{variância ambiental permanente.}$$

$$V(y) = \sigma_y^2$$

A repetibilidade é dada por:

$$\rho = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_{ep}^2}{\sigma_y^2}$$

A realização de medidas repetidas (no tempo ou no espaço) em um caráter no indivíduo é prática comum no melhoramento de espécies perenes, como a aceroleira (PAIVA et al., 2001), o bacurizeiro (FARIAS NETO et al., 2004), o cacauzeiro (DIAS & SOUZA, 1993; DIAS & KAGEYAMA, 1998; CARVALHO, 1999; RESENDE E DIAS, 2000; CARVALHO et al., 2001 e CARVALHO et al., 2002), o coqueiro (SIQUEIRA, 1982), o cupuaçuzeiro (FONSECA et al., 1990 e COSTA et al., 1997), o dendezeiro (LOPES et al., 2007), a erva-mate (RESENDE & SILVA, 1991 e RESENDE et al., 1995), o eucalipto (RESENDE, 1999), o guaranazeiro (VALOIS et al., 1979 e ATROCH et al., 2004), a pupunheira (PADILHA, 2001) e a seringueira (VASCONCELOS et al., 1985; GONÇALVES et al., 1990 e RESENDE et al. 1996a).

4.1.4. Número de medições, precisão do procedimento e predição do valor real do indivíduo

Cruz & Regazzi (1997) desenvolvem as equações elucidativas para obtenção do estimador da repetibilidade (ρ) em relação ao número de medições (η), com base no valor fenotípico que é dado pelo modelo:

$$Y_{ij} = \mu + (G + E_p + GE_p)_i + (E_t + GE_t)_{ij} ,$$

e na expressão para a variância fenotípica, que é dada por:

$$\sigma_Y^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2 + \sigma_{et/g}^2 \quad (3)$$

Assim, o valor médio do indivíduo, com relação a η medições, será dado por:

$$\bar{Y} = \frac{1}{\eta} \sum_j Y_{ij} = \mu + (G + E_p + GE_p)_i + \frac{1}{\eta} \sum_j (E_t + GE_t)_{ij}$$

e, conseqüentemente, a variância do valor fenotípico médio será expressa por:

$$\sigma_{\bar{Y}_i}^2 = \sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2 + \frac{1}{\eta} \sigma_{et/g}^2 \quad (4)$$

Então, dividindo-se a equação (4) pela equação (3), tem-se:

$$\frac{\sigma_{\bar{Y}_i}^2}{\sigma_Y^2} = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2 + \frac{1}{\eta} \sigma_{et/g}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2 + \sigma_{et/g}^2} \quad (5)$$

Reestruturando a equação (5), obtém-se:

$$\frac{\sigma_{\bar{Y}_i}^2}{\sigma_Y^2} = \frac{1 + \rho(\eta - 1)}{\eta} \quad (6)$$

Assim, o estimador $\left(1 - \frac{\hat{\sigma}_{\bar{Y}_i}^2}{\hat{\sigma}_Y^2}\right)$ constitui-se numa medida do ganho de

precisão da inferência sobre o desempenho do indivíduo, com relação a um determinado caráter, quando se utiliza η medições em vez de uma única. Com base na equação (6) estima-se:

$$1 - \frac{\sigma_{\bar{Y}_i}^2}{\sigma_Y^2} = \frac{(\eta - 1)(1 - \rho)}{\eta}$$

Com base no resultado da demonstração pode-se concluir que: a) quando a repetibilidade é alta, o acréscimo do número de medições resultará em pouco acréscimo na precisão, em relação à que se teria se um indivíduo fosse avaliado por meio de uma única observação; b) quando a repetibilidade é baixa, o aumento de medidas repetidas poderá resultar num acréscimo significativo de ganho de precisão e c) com níveis intermediários de repetibilidade, raramente é vantajoso fazer mais de três medidas em cada indivíduo para cada caráter (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Os referidos autores demonstram a predição do valor real do indivíduo utilizando a média de medidas repetidas culminando na demonstração da relação entre repetibilidade, precisão ou determinação e número de medições.

A precisão da estimativa do valor real do indivíduo com base na média de η é:

$$R^2 = \rho^2 = \frac{\eta\rho}{1 + \rho(\eta - 1)}$$

O restante, isto é, o que falta para a determinação completa, é dado por:

$$1 - R^2 = \frac{1 - \rho}{1 + \rho(\eta - 1)}$$

Com base nestas deduções apresentadas por Cruz & Regazzi (1997) tem-se que a precisão do procedimento [determinação - (R^2)] está relacionada com a repetibilidade e o número de medições, de forma que se esta assumir níveis altos, pode-se prever o valor real do indivíduo com um número relativamente pequeno de medidas repetidas, enquanto se estes níveis forem baixos é necessário um grande número de medidas, para uma mesma determinação. Os autores apresentam uma tabela contendo diferentes valores de R^2 para diferentes níveis de repetibilidade e números de medidas repetidas, qual está transcrita neste documento (ANEXO 1).

Cruz e Regazzi (1997) indicam ainda que Lush (1964) tem recomendado estimar a capacidade mais provável de um indivíduo por meio da expressão:

$$\hat{Y}_{ri} = R^2 \bar{Y}_i + (1 - R^2) \bar{Y}, \text{ em que:}$$

\hat{Y}_{ri} = estimador do valor real do i -ésimo indivíduo;

\bar{Y}_i = média do i -ésimo indivíduo, obtida a partir de η avaliações;

\bar{Y} = média geral da população, incluindo todos os p indivíduos e as η avaliações.

E apresentam também o cálculo para a predição do número de medições necessário (η_0) para se ter um determinado nível de precisão (ou determinação), na comparação entre genótipos, para uma dada característica cujo coeficiente de repetibilidade (r) é conhecido, como sendo:

$$\eta_0 = \frac{R^2 (1 - r)}{(1 - R^2) r}.$$

REFERÊNCIAS

- ADDISON, G. O.; TAVARES, R. M. Hybridation and grafting in species of *Theobroma* which occur in Amazônia. **Evolution**, 6: 380-386, 1952.
- AIME, M.C.; PHILLIPS-MORA, W. The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. **Mycologia**, v. 97, p.1012-1022, 2005.
- ALDREN, D. O significado da produção de cacau na região amazônica no fim do período colonial: um ensaio de história econômica comparada. NAEA/FIPAM Monografia. Universidade Federal do Pará, Belém, 1974.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo:Edgard Blucher, 381p. 1971
- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental breeding. **Crop science**. v. , n. 4 p. 503-508, 1964.
- ALMEIDA, C. M. C. V. **Correlações entre caracteres no estádio adulto e possibilidades de seleção precoce em híbridos de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 1991. 194p. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP, Piracicaba, 1991.
- ALMEIDA, C. M. V. C. de Aspectos ecológicos e evolutivos do cacau (*Theobroma cacao* L.) na Amazônia brasileira. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 8, n. 1, p. 1-14, 1996.
- ALMEIDA, C. M. V. C. de. Ecologia de populações naturais. In: DIAS, L.A.S. (editor) **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001, p. 129-162
- ALMEIDA, C. M. V. C. de; ANTONIO NETO, F. Custo de produção de sementes de variedades híbridas de cacau em Rondônia, Brasil. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 12, n. 2, p. 129-134, 2000.
- ALMEIDA, C. M. V. C. de; VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D.; BARTLEY, B. G. D. Path analysis of yield components of cacao hybrids (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetic**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 2, p. 181-186, 1994.
- ALMEIDA, C. M. V. C.; MACHADO, P. F. R.; BARRIGA, J. P.; SILVA, F. C. O. **Coleta de cacau (*Theobroma cacao* L.) da Amazônia brasileira: Uma abordagem histórica e analítica**. Porto Velho, RO: Ceplac/Supoc, 1995. 92p.
- ALVAREZ-AFONSO, F. M. **Os pólos cacauzeiros da Amazônia**. Belém, PA: Ceplac, 1975. 17p.

ALVIM, P. de T. Tecnologias apropriadas pra agricultura nos trópicos úmidos. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 1, n. 1, p. 5-26, 1989.

ASCENSO, J. C. O seminário sobre seleção e melhoramento do cacau da VIII conferência internacional do cacau. **Estudos Agronômicos**, Lisboa, v. 3, n. 8, p. 135-141, 1962.

ATANDA, O. A. Correlation studies in *Theobroma cacao* L. **Turrialba**, Costa Rica, v. 22, n. 1, p.81-89, 1972a.

ATANDA, O. A. Heterotic pod production of double over single crosses in *Theobroma cacao* L.. In: International Cocoa Research Conference, 4th, **Proceedings**. Government of Trinidad and Tobago, Port-of-Spain, p. 82-89.

ATROCH, A. L.; RESENDE, M. D. V. de; NASCIMENTO FILHO Seleção clonal em guaranazeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista de Ciências Agrárias**, n.41, p. 193-201, jan./jun. 2004.

BAEZ, O. L. **Herencia de ciertos caracteres de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.)**. Turrialba: Universidade da Costa Rica, 1984. 93p. Dissertação (Mestrado em genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade da Costa Rica, 1984.

BARTLEY, B. G. D. Relatório de viagem à região amazônica. Ceplac/Cepec, Ilhéus, 1977 (Mimeografado)

BAYER, C.; FAY, M. F.; BRUIJN, A. Y. de; SAVOLAINEN, V.; MORTON, C. M. KUBITZKI, K.; ALVERSON, W. S.; CHASE, M. W. Support for an expanded family concept of Malvaceae within recircumscribed order Malvales: A combined analysis of plastid atpB and rbcL DNA sequences. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n.129, v. 4, p. 267-304, 1999.

BERGMANN, J. F. The distribution of cacao cultivation in pre-columbian America. **Annals Association American of Geographers**. n. 59, p. 85-96.

BORÉM, A.; MILACH, S.C.K. O melhoramento de plantas na virada do milênio. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.2, n.7, p.68-72. 1999.

BOREM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de Plantas. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. v. 1, 525 p.

CHAPMAN, R. K.; SORIA, V. J. Comparative *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae) pollination of cacao in Central America and South Mexico. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v.13, n. 2, p. 129-139, 1893.

CARLETTO, G. M. A polinização controlada na flor do cacau. **Boletim Técnico do Instituto de Cacau**. n. 6, p. 5-30, 1946a.

CARLETTO, G. M. O número de cromossomos em cacauzeiros. **Boletim Técnico do Instituto de Cacau da Bahia**. n. 6, p. 35-39, 1946b.

CARVALHO, C. G. P. **Repetibilidade e seleção de híbridos de cacauzeiro**. 1999. 177p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

CARVALHO, C. G. P.; ALMEIDA, C. M. V. C.; CRUZ, C. D.; MACHADO, P. F. R. Avaliação e seleção de híbridos de cacauzeiro em Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1043-1051, 2001.

CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; ALMEIDA, C. M. V. C.; MACHADO, P. F. R. Yield repeatability and evaluation period in hybrid cocoa Assessment. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Viçosa, v. 2, n. 1, p. 149-156, 2002.

CHEESMAN, E. E. The botanical programme of 1937. In: **Annual Report on Cacao Research**. Trinidad: ICTA, 1938, n. 7, p. 1-2.

CHEESMAN, E. E. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. **Tropical Agriculture** 21:144-159, 1944.

CHEESMAN, E. E.; POUND, F. J. Further notes on criterion of selection in cacao. In: **Annual Report on Cacao Research**. Trinidad: ICTA, 1934, n. 3, p. 21-24.

CLEMENT, C. R.. **Origin, domestication and genetic conservation of Amazonian fruit tree species**. In: POSEY, D. A.; OVERAL, W. L.; CLEMENT, C.R.; PLOTKIN, M.J.; ELISABETSKY, E.; MOTA, C.N.; BARROS, J.F.P. (Org.). **Ethnobiology: Implications and Applications**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1990, v.1, p. 249-263.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Diretrizes para a expansão da cacauicultura nacional; 1976-1985 – PROCACAU**. Brasília, 1977. 200p.

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Cacau: História e Evolução**. Disponível em: http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm Acesso em 04 de junho de 2008.

COSTA, J. G.; LEDO, A. S.; OLIVEIRA, M. N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n.3, p. 313-318, 1997.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 394p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 2ª ed. (Revisada), 390p.

CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contributions from the United States National Herbarium**. n. 35, p. 379-614, 1964.

DIAS, L. A. S. DESAFIO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO CACAUEIRO. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, 45, Anais. SBPC, Recife, p. 20. 1993.

DIAS, L.A.S. Contribuições do melhoramento. In: DIAS, L.A.S. (editor) **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001a, p. 493-529

_____. Novos rumos no melhoramento. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001b, p. 531-578

_____. Origem e dispersão de *Theobroma cacao* L.: um novo cenário. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001c, p. 81-127

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Combining-ability for cacao (*Theobroma cacao* L.) yield components under southern Bahia conditions. **Theoretical Applied Genetics**, n. 90, p. 534-541, 1995.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in southern Bahia. **Euphytica**, Dordrecht, v. 102, n. 1, p. 29-35, 1998.

DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. Estimation of genetic parameters and prediction of breeding values by mixed model in the cacao improvement. In: International Cocoa Research Conference, 13th, 2000, Kota Kinabalu. **Proceedings**. Kuala Lumpur : Cocoa Producers' Alliance, 2002. p. 189-194.

DIAS, L. A. S.; SOUZA, C. A. S. Aplicação do coeficiente de repetibilidade na seleção de cacaueros em plantação comercial. **Revista Brasileira de Genética**. n. 16: 364 (Supplement).

DUCKE, A.; BLACK, G. A. Notas sobre a Fitogeografia da Amazônia. **Boletim do Instituto Agrônomo do Norte**, v. 8, p. 3-20, 1954.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1989. 483p.

FARIA, J. C.; SACRAMENTO, C. K. do. Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauero (clones Cepec 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, 2003.

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 23 n. 2, p. 102-107, 2001.

FARIAS NETO, J. T. de; CARVALHO, J. U.; MÜLLER, C. H. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 300-305, 2004.

FISHER, R. A. On the mathematical foundations of theoretical statistics. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. Ser. A.**, n. 222, p. 309-368, 1922.

FONSECA, C. E. L.; ESCOBAR, J. R.; BUENO, D. M. Variabilidade de alguns caracteres físicos e químicos do fruto do cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 7, p. 1079-1084, 1990.

FRANCISCO NETO, E.; MACEDO, B. E. B.; COSTA, F. C. M.; SANTOS, E. E.; SANTOS, J. A. Desenvolvimento e avaliação de cultivares de cacauero para a Amazônia brasileira. In: **Informe de Pesquisas – 1994-1996**, Belém, PA: Ceplac/Supor, 1998, p. 100-121.

FRANCISCO NETO, E.; ALMEIDA, L.C.; MACHADO, P.F.R. Incidência da podridão parda (*Phytophthora* spp) em híbridos de cacauero (*Theobroma cacao*) sob pressão natural de inóculo na região da Transamazônica. In: International Cocoa Research Conference, 12^a, 1996, Salvador. **Proceedings...** Lagos, Nigéria: Cocoa producer's Alliance, 1999a. p. 207-210.

FRANCISCO NETO, E.; ALMEIDA, L.C.; MACHADO, P.F.R. Desempenho de híbridos de cacauero (*Theobroma cacao* L) sob pressão natural de inóculo de *Crinipellis pernicioso* na Amazônia brasileira. In: International Cocoa Research Conference, 12^a, 1996, Salvador. **Proceedings...** Lagos, Nigéria: Cocoa producer's Alliance, 1999b. p. 210-213.

FRANCISCO NETO, E. **O Direito de proteção de cultivares no Brasil: implicações e aplicações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Direito), 2006, 78p. Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

GARDNER, E. J.; SNUSTAD, D. P. **Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara. 7. ed. 1986. 497p.

GLENDINNING, D. R. Selfing or self-incompatible cocoa. **Nature**, n. 187, p. 170, 1960.

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; SÁES, L. A. Estimativas de repetibilidade na seleção de árvores de seringueira. **Pesquisas Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 25, n. 7, p. 1031-1038, 1990.

HARLAND, S. C. Some botanical problems of cacao. **Tropical agriculturist**. n. 62, p. 289-291, 1925.

HARTLEY, H. O.; RAO, J. N. K. maximum likelihood estimation for the mixed analysis of variance model. **Biometrika**, v. 54, p. 93-108, 1967.

HENDERSON, C. R. Estimation of changes in herd environment. **Journal of Dairy Science**. v. 32, p.709, 1949.

HORTICULTURE & CROP SCIENCE IN VIRTUAL PERSPECTIVE. **History of Horticulture**. Disponível em: <http://www.hcs.ohio-state.edu/hort/history/040.html>
Acesso em 04 de junho de 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário Estatístico do Brasil – 2007. Rio de Janeiro, v. 67, 2007.

KALIL FILHO, A. N.; RESENDE, M. D. V. de; KALIL, G. P. da C. Componentes de variância e predição de valores genéticos em seringueira pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1883-188, 2000.

KERR, W. E.; CLEMENT, C. R. Práticas agrícolas de conseqüências genéticas que possibilitaram aos índios da Amazônia uma melhor adaptação às condições regionais. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, n. 2, p. 251-261, 1980.

KNIGHT, R.; ROGERS, H. Sterility in *Theobroma cacao*. **Nature**. n. 172, p. 164, 1953.

KNIGHT, R.; ROGERS, H. Incompatibility in *Theobroma cacao*. **Heredity**. n. 9, p. 67-69, 1955.

L'ÊCLUSE, C. de. **Rariorum plantarum historia**. 1601. Disponível em: <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/ecluse/index.html> (Acessado em 10.06.2008).

LIMA, E. L. **Diagnóstico da Cacaucultura na SUPOR: Município de Medicilândia**. Belém: CEPLAC/SUPOR, 1998. 55 p. v. 7.

LIMA, E. L.; MENDES, F. A. T.; REYS, S. M. dos; HERERROS, M. M. A. G. Transamazônica: an alternative to restore Brazil leading position among major cocoa producers. **Anais**. XXXVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural e X Congresso Mundial de Sociologia Rural. SOBER. Rio de Janeiro 2000. www.ibge.gov.br/sidra. Acesso em 25/6/2007.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. [online]. 2001, vol. 36, no. 3 [cited 2008-07-16], pp. 507-513. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?>

LOPES, R.; CUNHA, R. N. V. da; RODRIGUES, M. do R. L.; TEIXEIRA, P. C.; ROCHA, R. N. C. Repetibilidade de caracteres associados à produção de cachos de híbridos de caiaué com dendezeiro. In: Congresso Nacional de melhoramento de Plantas, 4, 2007, São Lourenço, MG. **Anais...** Lavras, MG : Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007.

LUSH, L. J. **Animal's breeding plans**. 3. ed. Ames: Iowa State University Press. 1945. 443p.

LUSH, L. J. **Melhoramento genético dos animais domésticos**. Tradução de G. G. CARNEIRO; J. M. P. MEMORIA; G. DRUMOND, Rio de Janeiro: [s.n.] 1964. 570p.

MENDES, F. A. T.; LIMA, E. L. Tendências de um crescimento agudo nos níveis de infecção da vassoura de bruxa (*Crinipellis perniciosa*), na cacauicultura de Medicilândia no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 3, n. 3, p. 227-232, set-dez/2007. Disponível em: [http://www.rbgdr.net/revista/index.php?journal=rbgdr&page=article&op=viewFile&path\[\]=97&path\[\]=90](http://www.rbgdr.net/revista/index.php?journal=rbgdr&page=article&op=viewFile&path[]=97&path[]=90) Acesso em 28 de junho de 2008.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E. e VIÉGAS, G. P. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas, SP, Fundação Cargill, 2ª ed., v. I Revista e melhorada. p. 277-340, 1987.

MUÑOZ ORTEGA, J. M. **Estudios cromosómicos em el género *Theobroma* L.** 1948, 43p. Tese (Magister Science). Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, Turrialba, Costa Rica..

OLIVEIRA, V. R. de; RESENDE, M. D. V. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; DRUMOND, M. A.; SANTOS, C. A. F. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 26, n. 1, 2004.

OPEKE, L. K.; JACOB, V. J. Studies on methods of overcoming self-incompatibility in *Theobroma cacao* Linn. In: International Cocoa Research Conference, 2, 1969. **Proceedings**. Ceplac, Salvador/Itabuna, p. 356-359, 1969.

PADILHA, N. C. C.; OLIVEIRA, M. do S. P. de; MOTA, M. G. da C. Estimativa da repetibilidade em caracteres morfológicos e de produção de palmito em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.435-442, 2003.

PAIVA, J. R. de; RESENDE, M. D. V. de; CORDEIRO, E. R. Avaliação do número de colheitas na produção de progênies de acerola, repetibilidade e herdabilidade de caracteres. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n.1, p. 102-107, 2001.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, London, v. 58, p. 545-554, 1971.

PEREIRA, A. B. Melhoramento clonal. In: DIAS, L.A.S. **Melhoramento genético do cacauero**. FUNAPE, UFG, Viçosa, MG, 2001. 578p.

PEREIRA, J. L.; RAM, A.; FIGUEIREDO, J. M.; ALMEIDA, L. C. C. Primeira ocorrência de vassoura - de - bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. **Agrotropica**, n.1, v. 1, p. 79-81, 1989.

PIKE, E.E. The vegetative propagation of cacao. II. Softwood cuttings. **Annual Report on Cacao Research** n.2, p.3-9, 1933.

PINTO, L. R. M. ; PIRES. J. L. **Seleção de Plantas de cacau resistentes à vassoura de bruxa**. Ilhéus, BA: Ceplac/Cepec, 1998. 34p. (Boletim Técnico N° 181)

PURSEGLOVE, J.W. **Tropical Crops: Dicotyledons 2**. London, Longman, 1968, p.570-598.

QUASS, R. L. Additive genetic model with groups and relationships. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 1338-1345, 1988.

QUASS, R. L.; POLLAK, E. J. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. **Journal Animal Science**, v. 51, p. 12277-1287, 1980.

RESENDE, M. D. V. **Predições de valores genéticos, componentes de variância, delineamento de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal**. 1999. 434p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

_____. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. de; DIAS, L. A. S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 22, n. 1, p. 44-52, 2000.

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

RESENDE, M. D. V. de; FREITAS, A. R. Estimadores para a repetibilidade envolvendo efeito materno em caracteres de bovinos de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1998. v. 3, p. 234-236.

RESENDE, M. D. V. de; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética quantitativa e estatística no melhoramento animal**. Curitiba: Imprensa Universitária- UFPR, 1999. 496p.

RESENDE, M. D.V. de; SILVA, H. D. Estratégia de melhoramento para a erva-mate baseada no coeficiente de repetibilidade. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO-AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 241-251.

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hill.)**. Colombo: Embrapa/CNPF, 1995. 33p. (Embrapa/CNPF. Documentos, 25)

RESENDE, M. D. V. de; MORAES, M. L. T.; PAIVA, J. R. Comparação de métodos de avaliação genética e seleção no melhoramento da seringueira. **Floresta**, Curitiba, v. 26, n. 1/2, p. 25-47, 1996a.

RESENDE, M. D. V. de; PRATES, D. F.; JESUS, A.; YAMADA, C. K. Estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 18-45, jan./dez. 1996b.

RESENDE, M. D. V. de; FURLANI-JÚNIOR, E.; MORAES, M. L. T. de; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, 2001.

ROCHA, M. das G. de B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *eucalyptus grandis* e de *eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore, Viçosa-MG**, v.31, n.6, p.977-987, 2007

RUSSEL, T. A. The vigour some cacao hybrids. **Tropical Agriculture**. n. 29, p. 102-106, 1952.

RUSSEL-WOOD. Fidalgos e Filantropos: a santa casa de misericórdia da Bahia. Brasília: Ed. unb, 1991. 383p.

SIMMONDS, N. W. Chromosome behavior in some tropical plants. **Heredity**, n. 8, p. 139-146, 1954

SIMMONDS, N. W. **Principles of crop improvement**. New York: Longman, 1979. 386p.

SIQUEIRA, E. R. Coeficiente de repetibilidade da produção de frutos de coqueiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. , v. 17, n. 3, p.573-574, 1982.

SORIA, J. S. de; TONOSAKI, S.; MORENO, J. A polinização do cacau vivo. **Cacau Atualidades**. n. 3, v. 12, p. 14-18, 1975.

SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S. Melhoramento ambiental e sócio-economia. In: DIAS, L. A. S (editor). **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001, p. 1-47

SWARBRICK, J. T.; TOXOPEUS, H.; HISLOP, E. C. State cocoa in Fernando Pó. **World crops**. 16 (2), 35-40. 1964.

TERREROS, J. R.; CHAVARRO, G.; OCAMPO, F. R. Determinacion de los genótipos de incompatibilidad o compatibilidad em vários cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.). **Revista ICA**, n. 17, p. 93-99, 1982.

THOMPSON, R. The estimation of variance and covariance components when records are subjectic to culling. **Biometrics**, v. 29, p. 527-550, 1973.

TOXOPEUS, H. Cacao (*Theobroma cacao* L.). In: FERWERDA, F. P. WIT, F. **Outlines of perennial crop breeding in the tropics**. Wageningen: H. Veenman & Zonen N. V., 1969. p. 79-108.

TOXOPEUS, H. Cacao breeding: a consequence of mating system, heterosis and population structure. In: International Cocoa Research Conference, 4th, 1972. St. Augustine. **Proceedings...**Port-of-Spain: Government of Trinidad and Tobago, 1972. p. 3-12.

TOXOPEUS, H. Planting material. In: WOOD, G. A. R.; LASS, R. A. **Cocoa**. 4^a ed. London and New York: Longman, 1985. p.81-92.

TURNER, H. N.; YOUNG, S. S. Y. **Quantitative genetics in sheep breeding**. Melbourne: McMillan, 1969, 332p.

VALOIS, A. C. C.; NASCIMENTO, J. C. Estimativa de parâmetros genéticos em cacauzeiros sem utilização de testes de progênies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. n. 21, v. 9, p. 965-970, 1986.

VALOIS, A. C. C.; CORREA, M. P. F.; VASCONCELLOS, M. E. C. Estudos de caracteres correlacionados com a produção de amêndoa seca no guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 14, n. 2, p. 175-179, 1979.

VASCONCELLOS, M. E. C.; GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 433-437, 1985.

VELLO, F.; NASCIMENTO, I. F. Influência da origem do grão de pólen na produção do cacauzeiro. **Revista Theobroma**, Ilhéus, n.1, v. 1, p. 7-14, 1971.

VELLO, F.; MAGALHÃES, W. S.; NASCIMENTO, I. F. Método simplificado pra produzir sementes híbridas de cacau por polinização manual controlada. **Revista Theobroma**, Ilhéus, v.2, .1, p. 35-44, 1972a.

VELLO, F.; MARIANO, A. H.; GARCIA, J. R.; MAGALHÃES, W. S. O programa de melhoramento genético do cacau na Bahia. In: International Cocoa Research Conference, 2ª, 1969, Salvador. **Proceedings**. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Itabuna, 1969, p. 43-56

WESTELL, R. A.; QUASS, R. L.; VLECK, L. D. van. Genetic group in an animal model. **Journal Dairy Science**, v. 71, p.1310-1318, 1988.

WORLD COCOA FOUNDATION (WCF). Cocoa Information Center. Cocoa market: world supply and outlook. **Cocoa Production Statistics**. Disponível em: <http://www.worldcocoafoundation.org/info-center/outlook.asp> Acesso em 10 de junho 2008.

YUNGTAY, Y. A. Melhoramento preliminar do cacauzeiro. In: Interamerican Cacao Conference, 7, **Acta**. Palmira, Peru, p. 606, 1958.

CAPÍTULO II

REPETIBILIDADE E NÚMERO DE OBSERVAÇÕES NECESSÁRIAS EM AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE CACAUEIRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO

Realizou-se o presente estudo com o objetivo de estimar a repetibilidade e o número de medições necessárias para avaliação de desempenho de cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) em dois ensaios de competição de combinações híbridas nas condições ecológicas da principal região cacauzeira da Amazônia brasileira. Para estimar os parâmetros utilizaram-se dados referentes ao número total de frutos coletados (NTFC) tomados mensalmente por planta, durante três anos. As estimativas de repetibilidade utilizando o método REML/BLUP foram de 0,55 e 0,61 ao nível de indivíduo na parcela e de 0,95 e 0,96 ao nível de médias de safras, respectivamente para os experimentos 1 e 2. As estimativas para número de medições são de 6 e 7 repetições em 4 e 5 anos de avaliação, com precisão de 90%, respectivamente para os experimentos retro citados. O número de medições, efetivamente utilizado, ao nível de safras, que foi 3, é aceitável com uma precisão de aproximadamente 80%.

Termos para indexação: *Theobroma cacao*, melhoramento de plantas e híbrido.

ABSTRACT

REPEATABILITY AND NUMBER OF MEASUREMENTS IN THE EVALUATION OF CACAO HYBRIDS IN THE BRAZILIAN AMAZON BASIN

This research aimed at the estimation of the repeatability and of the number of measurements needed to evaluate the trait total number of harvested fruits (NTFC) collected monthly per plant in cacao trees (*Theobroma cacao*). Two field experiments with hybrid genotypes under competition grown at an ecologically representative site of the main producing region of Brazilian Amazon basin were utilized. In order to estimate the parameters, data concerning the trait were fruits collected monthly in an individual-plant (NTFC) basis during three years. The estimates of repeatability were obtained through the methods REML/BLUP values were 0.55 and 0.61 for individual plants within plots and 0.95 and 0.96 for seasonal averages, respectively for experiments 1 and 2. The estimates of number of measurements needed for efficient selection are six and seven repetitions for four and five years with 90% precision, respectively for the two trials cited. The number of measurements, effectively used, to the level of harvests, that was 3, is acceptable with a precision of approximately 80%.

Index terms: *Theobroma cacao*, plant breeding and hybrid

1. INTRODUÇÃO

O melhoramento genético do cacauero, de uma forma organizada e sistematizada, foi implementado em Trindade e Tobago, no início da década de 1930, onde foram definidos os critérios para seleção de cacaueros superiores, dentre os quais, os componentes de produção (Dias, 2001a).

No Brasil, o melhoramento genético do cacauero a princípio teve por objetivo a obtenção de genótipos de alta produção e ao mesmo tempo, resistentes à doença podridão parda (agente causal *Phytophthora* spp.) e portadores de sementes grandes, visando à melhoria do rendimento industrial (VELLO et al., 1972b).

O programa de melhoramento do cacauero na Amazônia brasileira teve sua implementação a partir de 1965 com a instalação da Ceplac em Belém (ALMEIDA et al., 1995; ALVAREZ-AFONSO, 1975). O citado programa foi estabelecido com um total de 382 combinações híbridas biclonais em avaliação as quais compõem os Ensaio de Competição de Combinações Híbridas – ECCH implantados nas estações experimentais da Ceplac no Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia (FRANCISCO NETO et al., 1998).

Em espécies arbóreas, como o cacauero, há necessidade de áreas experimentais extensas, que juntamente com o longo tempo de avaliação e a complexidade na coleta de dados visando à seleção, torna altos os custos de implantação e manutenção de experimentos. Torna-se necessário, portanto, buscar meios que possibilitem o uso racional dos recursos aplicados nas avaliações sem, contudo comprometer a confiabilidade e segurança das mesmas (DIAS & RESENDE, 2001b).

Cruz & Regazzi (1997) destacam que o coeficiente de repetibilidade, pode ser utilizado para verificar a expectativa de que a superioridade de um dado material perdure por toda a sua vida útil, bem como para a determinação do número de medições necessárias para se ter um determinado nível de precisão para a característica em questão. A repetibilidade varia com a natureza do caráter, com os parâmetros genéticos da população e com as condições ambientais nas quais os indivíduos são avaliados. Esse coeficiente é possível de ser estimado quando a medição de um caráter é feita repetidas vezes em um mesmo indivíduo. De acordo com a magnitude da repetibilidade é possível

determinar o número de medições, tanto em termos de parcelas quanto em termos de safras, necessárias para garantir a precisão na seleção de genótipos superiores.

Na literatura são encontrados trabalhos que utilizam estimativas de repetibilidade para diversos caracteres em várias espécies arbóreas, tais como aceroleira (PAIVA et al., 2001), bacurizeiro (FARIAS NETO et al., 2004), cacaueteiro (DIAS & SOUZA, 1993; DIAS & KAGEYAMA, 1998; CARVALHO, 1999; RESENDE E DIAS, 2000; CARVALHO et al., 2001 e CARVALHO et al., 2002), coqueiro (SIQUEIRA, 1982), cupuaçueteiro (FONSECA et al., 1990 e COSTA et al., 1997), o dendezeiro (LOPES et al., 2007), erva-mate (RESENDE & SILVA, 1991 e RESENDE et al., 1995), eucalipto (RESENDE, 1999), guaraneteiro (VALOIS et al., 1979 e ATROCH et al., 2004), pupunheira (PADILHA, 2001) e seringueira (VASCONCELOS et al., 1985; GONÇALVES et al., 1990 e RESENDE et al. 1996). Entretanto, na maioria destas pesquisas são utilizadas informações de médias de famílias e não em plantas individuais, o que neste caso, segundo Dias & Resende (2001b) aumentaria a eficiência da seleção. No caso específico do cacaueteiro, conforme Carvalho (1999) são raros os trabalhos que aplicam o referido coeficiente na determinação do número de medições necessárias para discriminar genótipos.

Carvalho (1999), utilizando dados de médias de parcelas de um ECCH de cacaueteiro instalado em Rondônia, com o estimador ANOVA obteve estimativas da repetibilidade para vários caracteres como número médio de frutos coletados por planta (NMFPC) e número total de frutos coletados (NFTC), os quais foram utilizados na determinação do período necessário para avaliação.

Dias e Resende (2001a) citam que a produção de frutos apresenta-se como confiável para estimar o potencial produtivo de dada cultivar e, que é de fácil mensuração em grande número de cacaueteiros candidatos à seleção. Os autores relatam também que o número total de frutos (sadios e doentes) por planta ou por área, representa a produção potencial e o número de frutos sadios, representa a produção real. Tais afirmativas acham-se apoiadas em resultados obtidos em estudos, visando ao desenvolvimento de cultivares de cacaueteiro utilizando os referidos caracteres, como aqueles realizados por Glendining (1963), Esquivel & Soria (1967), Soria & Esquivel (1969), Atanda & Toxopeus (1971),

Atanda, (1972a), Atanda & Jacob (1975), Soria (1977 e 1978), Mariano & Bartley (1981), Almeida (1991), Almeida et al. (1994), Dias & Kageyama (1995) e Carvalho (1999) e Carvalho et al. (2001).

Carvalho et al. (2001) destacam que dentre os componentes de rendimento utilizados na avaliação de cultivares, o número total de frutos coletados (NTFC) em um genótipo de cacaueteiro reflete o seu potencial genético para produção, sendo essa variável pertinente nas avaliações para seleção de materiais genéticos para uma determinada região.

Especificamente, o cacaueteiro apresenta variação crescente de produção até o 7º ano de plantio (período pré-clímax) atingindo a estabilidade a partir do 8º ano de plantio (período clímax).

Apesar de corrente a abordagem da equivalência do coeficiente de repetibilidade ao coeficiente de correlação intraclasse, tanto por estatísticos como por geneticistas, Resende (2002) ressalta que parece ter sido pouco estudado o coeficiente de correlação individual associado a medidas repetidas e ao delineamento experimental de blocos ao acaso. O que faz com que sejam, cada vez mais, realizados estudos de repetibilidade nas condições em que medições são tomadas entre avaliações nos indivíduos com o referido desenho experimental.

O presente estudo teve por objetivo estimar a repetibilidade e o número de medições necessárias para a avaliação de genótipos híbridos de cacaueteiro (*Theobroma cacao*) utilizando o caráter número total de frutos coletados (NTFC) por planta em dois ECCH conduzido nas condições ecológicas da principal região cacaueteira da Amazônia brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de dois ECCH (Ensaio 1 e Ensaio 2) provenientes de cruzamentos bi-parentais de clones de cacaueteiro (Quadro 1) instalados pela Ceplac na então Estação Experimental de Altamira – Estal (atualmente denominada Estação Experimental “Paulo Dias Morelli” – Espam) localizada em Medicilândia, Centro-Oeste do Estado do Pará, município maior produtor de cacau da Amazônia brasileira. Os dois ensaios foram escolhidos por apresentarem os dados contemporizados de forma adequada ao presente estudo.

A unidade experimental encontra-se localizada à latitude 3° 30' 30"S e longitude 52° 58' 30"W. O município apresenta temperatura média anual 24,4°C, com média das temperaturas máximas de 30,4°C e média das temperaturas mínimas de 19°C.

A precipitação média anual é de 2.084 mm, com a maior concentração pluviométrica no mês de março (365,6mm) e a menor no mês de agosto (49,1mm). Entre dezembro e maio ocorrem 79,8 % da precipitação pluvial, com precipitações médias mensais superiores a 200 mm. Entre junho e novembro as precipitações mensais não atingem a média de 100 mm. A umidade relativa média anual é de 85% e todos os meses do ano apresentam pelo menos 80% de UR (SCERNE & SANTOS, 1994).

A altitude média da região é de 80m e o clima é classificado como tipo Aw pela classificação de Köppen, ou seja, tropical com temperatura média superior a 18°C (PEREIRA & RODRIGUES, 1971).

O solo da unidade experimental é classificado como Terra Roxa Estruturada (Tropudalf) de acordo com Neves et al. (1981).

Os híbridos resultantes dos cruzamentos entre clones, dois a dois, previamente selecionados, foram obtidos utilizando a metodologia de polinização artificial (CARLETTO, 1946a) que estabelece os procedimentos para a realização de polinizações controladas com obtenção segura dos produtos desejados.

Todos os híbridos são resultantes do cruzamento de tipos Alto-Amazônico x Baixo-Amazônico, excetuando-se o cruzamento 'SCA 6 x ICS 1' (Alto-Amazônico x Trinitário). Tais cruzamentos foram planejados visando se obter indivíduos com a combinação da rusticidade do Alto Amazônico e a produtividade e qualidade das sementes do Baixo Amazônico.

Os clones utilizados para obtenção dos cruzamentos são provenientes de seleções realizadas a partir de coleções do Peru e Equador (Alto Amazônico); de Trinidad (Trinitário) e do Brasil (Baixo Amazônico), estes últimos procedentes de coleções da Amazônia (Pará, Acre e Amazonas) e do sul da Bahia, cuja discriminação é apresentada no Quadro 2.

Os experimentos foram implantados no ano de 1978 utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com 20 tratamentos, 7 repetições, 12 plantas por parcela, distribuídas em três linhas e quatro colunas,

com espaçamento entre plantas de 3,0 x 3,0 m. Duas fileiras de cacauzeiros, no mesmo espaçamento, foram plantadas ao redor da área compreendida pelas parcelas dos ensaios, como bordadura dos experimentos.

A implantação dos cacauzeiros contou com a utilização de sombreamento provisório com bananeiras (*Musa* sp.) intercaladas no mesmo espaçamento de 3,0 x 3,0m, após o qual foi estabelecido o definitivo com Eritrina (*Erythrina glauca*) e Canafístula (*Senna multijuga*). As práticas culturais nas áreas dos experimentos foram conduzidas conforme as recomendações para o cultivo do cacauzeiro na Amazônia brasileira (GARCIA et al., 1985).

Quadro 1 – Relação dos híbridos bicionais em avaliação nos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas de cacauero da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA, agrupados por parental feminino.

Ensaio 1		Ensaio 2	
Híbrido	Compatibilidade ¹	Híbrido	Compatibilidade ¹
IMC 67 x CA 4	I x I	IMC 67 x BE 8	I x C
IMC 67 x MOCORONGO 1	I x I	IMC 67 x SIC 813	I x C
IMC 67 x BE 9 (Testemunha 2)	I x C	IMC 67 x BE 9 (Testemunha 2)	I x C
IMC 67 x CATONGO (Testemunha 3)	I x C	IMC 67 x CATONGO (Testemunha 3)	I x C
PA 150 x BE 7	I x C	IMC 67 x SIAL 169 (Suprimido)	I x C
PA 150 x SIC 17	I x C	PA 150 x BE 10	I x C
PA 150 x SIC 864	I x C	PA 150 x MA 11	I x C
PA 150 x SIC 328	I x C	PA 150 x SIAL 505 (Suprimido)	I x C
POUND 7 x SIAL 505	I x C	POUND 7 x CA 4	I x I
POUND 7 x SIC 644	I x C	POUND 12 x SIC 329	I x C
POUND 7 x MA 15	I x I	POUND 12 x SIAL 505	I x C
POUND 7 x BE 10	I x C	POUND 12 X MA 14 (Suprimido)	I x C
POUND 7 x SIC 864	I x C	SCA 6 x SIC 801	I x C
POUND 12 x SIC 831	I x C	SCA 6 x ICS 1 (Testemunha 1)	I x C
POUND 12 x BE 10	I x C	SCA 12 x MOCORONGO 1	I x I
SCA 6 x BE 10	I x C	PA 121 x SIC 329	I x C
SCA 6 x MOCORONGO 1	I x I	MA 13 x MOCORONGO 1	I x I
SCA 6 x ICS 1 (Testemunha 1)	I x C	MA 15 x MOCORONGO 1	I x I
SCA 6 x BE 9(Suprimido)	I x C	MOCORONGO 1x CA 6	I x C
PA 121 x CEPEC 16	I x C	RB 45 x IMC 67	I x I

¹I – Auto-incompatível e C – Autocompatível

Fonte: Fichas de acessos das coleções de cacauero da Estação de Recursos Genéticos “José Haroldo” - ERJOH (Almeida et al., 1995).

Quadro 2. Lista dos clones de cacaueteiro utilizados na obtenção dos híbridos, com indicação de origem geográfica, tipo botânico e reação de compatibilidade.

Clone	Origem geográfica	Tipo botânico	Compatibilidade
BE 7	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
BE 8	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
BE 9	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
BE 10	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
CA 4	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
CA 6	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
CATONGO	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
CEPEC 16.	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
ICS 1	River State, Trinidad	Trinitário	Autocompatível
IMC 67	Iquitos, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
MA 11	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
MA 13	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
MA 15	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
MOCORONGO 1	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
PA 121	Parinari, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
PA 150	Parinari, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
POUND 7	Iquitos, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
POUND 12	Iquitos, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
RB 45	Acre, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
SCA 6	Scavino, Equador	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
SIAL 169	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIAL 505	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 17	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 328	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 329	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 644	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 801	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 813	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 831	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 864	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível

Fonte: Fichas de acessos das coleções de cacaueteiro da Estação de Recursos Genéticos "José Haroldo" - ERJOH (Almeida et al., 1995).

Para a obtenção dos dados de NTFC, foram realizadas as colheitas, em número de uma ou duas por mês durante os doze meses do ano, com a contagem de frutos por planta durante três anos consecutivos, do 7º ao 9º ano de plantio.

Para efeito de análises as colheitas quinzenais foram somadas, padronizando-se assim o NTFC em uma informação por mês. Ressalta-se que no primeiro ano os dados foram coletados a partir do mês de fevereiro, portanto perfazendo apenas onze meses de avaliação. A inexistência de dados no mês de Janeiro do primeiro ano da avaliação, bem como a falta de observações devido à morte de plantas em número variado nas diversas parcelas e nos diversos blocos proporcionou o desbalanceamento dos dados.

Também, para realização das análises, o Ensaio 1 constou de 19 (dezenove) tratamentos, uma vez que foi suprimido o tratamento IMC 67 x SIAL 169. Enquanto que o Ensaio 2 constou apenas de 17 (dezessete) tratamentos por conta da supressão dos tratamentos: 'IMC 67 x SIAL 169'; 'PA 150 x SIAL 505' e 'POUND 12 X MA 14'.

As análises de variância foram realizadas para os dois ensaios isoladamente utilizando-se a análise de parcela subdividida no delineamento de blocos casualizados.

O modelo estatístico (RESENDE, 2002) utilizado para análise dos dados foi o seguinte:

$$y_{ijkm} = \mu + g_i + b_j + e_{ij} + \delta_{ijk} + a_k + \gamma_{ijkm}, \text{ em que:}$$

y_{ijkm} : valor observado da planta m ($m = 1, 2, \dots, 12$) do híbrido i , ($i = 1, 2, \dots, 17$ ou 19) no bloco j ($j = 1, 2, \dots, 7$) no ano k ($k = 1, 2, 3$);

μ : constante inerente a todas as observações;

g_i : efeito aleatório do híbrido i , $g_i \sim N(0, \sigma_g^2)$;

b_j : efeito fixo do bloco j , $E(b_j) = b_j$ e $E(b_j^2) = V_b$;

e_{ij} : efeito aleatório da parcela ij , $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$;

δ_{ijk} : efeito aleatório do indivíduo k dentro da parcela ij , $\delta_{ijk} \sim N(0, \sigma_\delta^2)$;

a_k : efeito fixo do ano k , $E(a_k) = a_k$ e $E(a_k^2) = V_m$;

γ_{ijkn} : efeito aleatório do ambiente temporário (erro) , $\gamma_{ijkn} \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$

Os estimadores utilizados foram aqueles conforme Resende (2002), considerando o Modelo 1, para o caso de dados desbalanceados:

a) Repetibilidade ao nível de indivíduo na parcela:

$$\hat{\rho}_\delta = \frac{\hat{\sigma}_\delta^2}{\hat{\sigma}_\delta^2 + \hat{\sigma}_\gamma^2}$$

b) Repetibilidade ao nível de média de safras

$$\hat{\rho}_{jk} = \frac{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_\delta^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_\delta^2 + \frac{\hat{\sigma}_\gamma^2}{m}}$$

c) Correlação intraclasse devida ao ambiente comum da parcela

$$\hat{\rho}^* = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_\delta^2 + \hat{\sigma}_\gamma^2}$$

Em que:

$\hat{\sigma}_g^2$: variância devido a efeito de híbridos;

$\hat{\sigma}_e^2$: variância de parcelas (híbrido x bloco);

$\hat{\sigma}_\delta^2$: variância de planta dentro de parcela;

$\hat{\sigma}_\gamma^2$: variância do ambiente temporário.

As estimativas dos componentes de variância $\hat{\sigma}_g^2$, $\hat{\sigma}_e^2$, $\hat{\sigma}_\delta^2$ e $\hat{\sigma}_\gamma^2$ foram obtidas por meio do método da máxima verossimilhança restrita (REML). As análises foram realizadas com o software Statistical Analysis System (SAS).

Utilizou-se para estimar o número de medições necessárias (η_0), a fórmula proposta por Cruz & Regazzi (1997):

$$\eta_0 = \frac{R^2(1-r)}{(1-R^2)r}, \text{ onde } r \text{ é o coeficiente de repetibilidade e } R^2 \text{ é o coeficiente de}$$

determinação. Para tal, foi utilizado o nível de precisão de 90% [determinação (R^2) = 0,90] na comparação entre genótipos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos componentes de variância devidos aos efeitos dos híbridos, das parcelas, das plantas dentro de parcelas e dos ambientes temporários obtidas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativas dos componentes de variância devidos aos efeitos de híbridos ($\hat{\sigma}_g^2$), parcelas (híbrido x bloco) ($\hat{\sigma}_e^2$), planta dentro de parcela ($\hat{\sigma}_\delta^2$) e de ambiente temporário ($\hat{\sigma}_\gamma^2$) nos ensaios 1 e 2, para a variável NTFC por planta, com respectivos valores dos testes de hipóteses de Wald, obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição não viciada (REML/BLUP).

Componente	Ensaio 1			Ensaio 2		
	Valor	Z-valor	P-valor(*)	Valor	Z-valor	P-valor(*)
$\hat{\sigma}_g^2$	83,71	2,78	0,0027	90,48	2,60	0,0047
$\hat{\sigma}_e^2$	13,33	2,07	0,0192	23,56	2,80	0,0025
$\hat{\sigma}_\delta^2$	305,27	20,77	<0,001	328,51	20,79	<0,0001
$\hat{\sigma}_\gamma^2$	247,30	39,38	<0,0001	209,30	37,50	<0,0001

(*) Todos os componentes foram altamente significativos, exceto para a variância de parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$).

Com estas estimativas, foram por sua vez, estimados os coeficientes de repetibilidade para indivíduo dentro de parcela, para a média de safras e a correlação intraclasse (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativa dos coeficientes de repetibilidade ao nível de indivíduo dentro de parcela ($\hat{\rho}_\delta$), ao nível de médias de safras (colheitas) ($\hat{\rho}_{jk}$) e das correlações intraclasse devidas ao ambiente comum (parcela) ($\hat{\rho}^*$), nos ensaios 1 e 2, para a variável NTFC por planta.

Parâmetro	Ensaio 1	Ensaio 2
$\hat{\rho}_\delta$	0,55	0,61
$\hat{\rho}_{jk}$	0,95	0,96
$\hat{\rho}^*$	0,02	0,04

De posse das estimativas dos coeficientes de repetibilidade (Tabela 2), estimou-se o número de medições necessárias (η_0), para avaliação do número total de frutos produzidos tanto para a média individual dentro da parcela, quanto para a média de safras (Tabela 3).

Tabela 3 – Estimativa do número de medições necessárias (η_0) para avaliação do número total de frutos (NTFC) produzidos ao nível de indivíduo (planta na parcela) e ao nível de safras (média da parcela) nos ensaios 1 e 2.

Estimador/Repetibilidade	Ensaio 1	Ensaio 2
Indivíduo (planta na parcela)	7,3 (7)*	5,7 (6)*
Safras (média da parcela)	4,7 (5)*	3,9 (4)*

()* Valores arredondados.

Os valores encontrados para os coeficientes de repetibilidade que medem a correlação intraclasse ($\hat{\rho}^*$) permitiram inferir como altamente satisfatória a reprodutibilidade para os dois ensaios, bem como uma alta confiabilidade na precisão dos resultados das estimações das variâncias, para os dois ensaios.

Os valores dos coeficientes de repetibilidade ao nível de indivíduos na parcela, nos dois ensaios (0,55 no ensaio 1 e 0,61 no ensaio 2) ficaram aquém daqueles encontrados por Dias & Kageyama (1998), que obtiveram estimativas

de repetibilidade superiores a 0,84 para a mesma variável (NFTC). Os referidos autores utilizaram dados de um ensaio de híbridos de cacaueteiro instalado na região sul da Bahia, avaliados por um período de 5 (cinco) anos, a partir do 11º ano de plantio, ou seja, com todas as colheitas realizadas após atingir o período clímax de produção, porém utilizaram médias de produção anual (Dias & Kageyama, 1998).

Os valores dos coeficientes de repetibilidade para os estimadores ao nível de médias de safras (colheitas), em ambos os ensaios foram superiores a 0,90, indicando uma altíssima segurança na predição dos valores genotípicos do caráter estudado quando a avaliação é feita com base nas médias de colheitas. Tais valores superaram em muito aquele encontrado por Carvalho (1999), que foi de 0,645, para o mesmo caráter (NTFC).

Considerando os resultados de Carvalho (1999), há de se ressaltar que, embora não tenham sido utilizados os dados do período pré-clímax (4º ao 7º ano de plantio) para determinação dos parâmetros no referido estudo, foram calculados os coeficientes de correlação entre o rendimento médio nas medições feitas no período clímax (8º ao 13º ano de plantio) e o rendimento médio de um, dois, três e quatro anos sucessivos no período pré-clímax para o caráter NTFC, situando-se os valores encontrados entre 0,626 e 0,767, para uma acurácia (R^2) de 0,916, na seleção, valor este superior a 0,90. Estes resultados possibilitam uma boa estratégia de seleção na fase inicial de frutificação.

Carvalho (1999) ainda considerou satisfatória a utilização da média das medições do período pré-clímax (uma a quatro medições sucessivas) para seleção dos híbridos quando o coeficiente de correlação for superior a 0,75, ressaltando, não ser restritiva contudo, a utilização de médias cujos valores de correlação sejam inferiores a 0,75. O referido autor teve suas inferências apoiadas em trabalhos clássicos nos quais foram utilizados coeficientes de correlação de médias de rendimento em diferentes anos, como os de Soria & Esquivel (1967) e Atanda (1972a) que indicaram a possibilidade de uso de medidas tomadas na fase inicial de frutificação, ou seja, no período pré-clímax (a partir do 6º e do 5º ano de plantio, respectivamente), considerando o caráter número de frutos coletados por planta.

Mais recentemente, Dias et al. (2003) estudaram a determinação do período mínimo de colheitas para avaliação de cacaueteiro na região de Linhares, ES, por meio de dados de um ensaio com cinco cultivares e onde três componentes de produção foram tomados durante dez anos. Os autores analisando os coeficientes de correlações das produções anuais e a acumulada no decênio, concluíram ser necessária a combinação dos primeiros 6 (seis) anos de colheitas sucessivas para a variável número de frutos sadios por planta (NFSP). Assim, ao analisar a variável NTFC, verificou-se ser satisfatória a utilização das médias das medições nos três, dois e um anos imediatamente anterior ao período clímax. Daí ter-se a validade da utilização do ano imediatamente anterior ao atingimento do período clímax (7^o ano de plantio -1985) como um dos três anos utilizados no presente estudo.

As razões para as discrepâncias entre os valores de repetibilidade encontrados por Dias & Kageyama (1998) e aquelas encontradas no presente estudo, podem ser explicadas pelas mesmas razões apresentadas por Carvalho (1999) com relação aos valores por ele encontrados, quais sejam: a ausência de interação genótipos versus anos e a avaliação ter sido efetuada em árvores uniformemente maduras.

Por outro lado, o fato dos valores das estimativas de repetibilidade encontradas no presente estudo ao nível de médias de colheitas por parcela, serem maiores que aquelas encontradas por Carvalho (1999), podem ser explicadas pela maior uniformidade das parcelas dos ensaios em relação às parcelas do ensaio avaliado pelo referido autor, cujo registro da existência de muitos replantios denotaria desuniformidade. Também há de se inferir uma menor agressividade da doença Vassoura-de-bruxa sobre os genótipos de cacaueteiro dos ensaios em estudo conforme relatam Francisco Neto et al. (1999b).

Com relação ao número de medições, Dias & Kageyama (1998), em seus estudos, concluíram que dois anos de avaliação são suficientes para a predição do valor real de genótipos de cacaueteiro, com 90% de determinação. De certa maneira os resultados obtidos por Carvalho (1999) corroboram tal afirmativa se consideradas as avaliações realizadas no período clímax.

No presente trabalho pode-se constatar que os valores de η_0 para o caráter estudado (NFTC) 5 e 4 medições, respectivamente para os ensaios 1 e 2,

ao nível de médias de colheitas, são muito próximos e até mesmo se igualam ao valor encontrado por Carvalho (1999), embora há de se considerar que o período avaliado no presente estudo compreendeu um ano do período pré-clímax (7º ano de plantio) e dois anos do período clímax (8º e 9º ano de plantio). Os períodos avaliados tanto por Carvalho (1999) como por Dias & Kageyama (1998), foram seis e cinco anos de produção, respectivamente e todos os anos do período clímax.

Ao se considerar o número de medições necessárias com base nas estimativas para o caráter (NFTC), ao nível de indivíduo na parcela, maior discrepância é verificada, comparando tais resultados com aqueles obtidos por Dias e Kageyama (1998). Entretanto, tais valores, 7 e 6 medições, para os ensaios 1 e 2, respectivamente, estão próximos ao número de observações necessárias encontradas por Carvalho (1999), para a mesma variável, sendo que o número de medições para o ensaio 2 foi igual ao encontrado por Carvalho (1999).

As estimativas de repetibilidade e número de medições necessárias encontrados para o caráter estudado permitem inferir sobre a aplicação desses resultados na determinação do valor real dos genótipos nos dois ensaios, vez que, embora as estimativas para número de safras tenham sido maiores que o número real de anos avaliados, os valores dos coeficientes de repetibilidade encontrados a magnitude foi muito próxima do valor máximo (1). Portanto indicam ter havido alta regularidade na repetição do desempenho dos híbridos em relação ao caráter de uma medição para outra e assim, o aumento no número de medições resultará em acréscimos inexpressivos de precisão (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Para as três medições sucessivas utilizadas neste trabalho obteve-se uma determinação (R^2) de aproximadamente 0,80 que é perfeitamente aceitável no melhoramento com seleção no ciclo atual, ou seja, melhoramento no curto prazo, pois com determinação com tal magnitude, apenas pode implicar na troca da ordem dos melhores de uma safra para a outra, mas não devendo ser alterado, significativamente, o grupo dos melhores (RESENDE, 2002).

Os resultados obtidos para número de medições na parcela e número de anos de avaliação possibilita também orientar as avaliações para outros

caracteres e o planejamento das análises dos dados dos demais ECCH de cacaueteiro na Amazônia brasileira.

4. CONCLUSÕES

1. O número de medições necessárias para discriminar os híbridos, ao nível de parcela, é 7 para o ensaio 1 e, é 6 para o ensaio 2 a uma precisão de 90%.
2. O número de medições necessárias para discriminar os híbridos, ao nível de safras (4 e 5), são maiores que as medições rotineiramente efetuadas, em ambos os ensaios.
3. O número de medições, efetivamente utilizado, ao nível de safras, que foi de 3, teve uma precisão de aproximadamente 80%.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. V. C. de; VENCOSKY, R.; CRUZ, C. D.; BARTLEY, B. G. D. Path analysis of yield components of cacao hybrids (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetic**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 2, p. 181-186, 1994.
- ATANDA, O. A. Correlation studies in *Theobroma cacao* L. **Turrialba**, Costa Rica, v. 22, n. 1, p.81-89, 1972a.
- ATANDA, O. A.; Jacob, V. J. Yield characteristics of *Theobroma cacao* L. with special reference to studies in Nigeria. **Revista Theobroma**. v.5, n.3, p. 21-36, 1975.
- ATROCH, A. L.; RESENDE, M. D. V. de; NASCIMENTO FILHO Seleção clonal em guaranazeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista de Ciências Agrárias**, n.41, p. 193-201, jan./jun. 2004.
- CARLETTO, G. M. A polinização controlada na flor do cacauero. **Boletim Técnico do Instituto de Cacau**. n. 6, p. 5-30, 1946a.
- CARVALHO, C. G. P. **Repetibilidade e seleção de híbridos de cacauero**. 1999. 177p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- CARVALHO, C. G. P.; ALMEIDA, C. M. V. C.; CRUZ, C. D.; MACHADO, P. F. R. Avaliação e seleção de híbridos de cacauero em Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1043-1051, 2001.
- CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; ALMEIDA, C. M. V. C.; MACHADO, P. F. R. Yield repeatability and evaluation period in hybrid cocoa Assessment. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Viçosa, v. 2, n. 1, p. 149-156, 2002.
- COSTA, J. G.; LEDO, A. S.; OLIVEIRA, M. N. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n.3, p. 313-318, 1997.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 394p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 2ª ed. (Revisada), 390p.
- CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. **Contributions from the United States National Herbarium**. n. 35, p. 379-614, 1964.

DIAS, L. A. S. DESAFIO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO CACAUEIRO. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, 45, Anais. SBPC, Recife, p. 20. 1993.

DIAS, L. A. S. Contribuições do melhoramento. In: DIAS, L.A.S. (editor) **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001a, p. 493-529

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Combining-ability for cacao (*Theobroma cacao* L.) yield components under southern Bahia conditions. **Theoretical Applied Genetics**, n. 90, p. 534-541, 1995.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetics**. n. 20, p. 63-70, 1997.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in southern Bahia. **Euphytica**, Dordrecht, v. 102, n. 1, p. 29-35, 1998.

DIAS, L. A. S; RESENDE, M. D. V. Estratégias e métodos de seleção. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001a, p. 217-287

DIAS, L. A. S; RESENDE, M. D. V. Experimentação no melhoramento. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacauero**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001b, p. 439-492

DIAS, L. A. S.; BARRIGA, J. P.; KAGEYAMA, P. Y.; ALMEIDA, C. M. V. C. Variation and its distribution in wild populations from Brazilian Amazon. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4. p. 507-514, 2003.

ESQUIVEL, O.; SORIA, V. J. Algunos datos sobre la variabilidad de algunos componentes del rendimiento em poblaciones de híbridos interclonais de cacao. **Cacao**, Costa Rica, v. 12, n.4, p. 1-7, 1967.

FARIA, J. C.; SACRAMENTO, C. K. do. Enraizamento e crescimento de estacas herbáceas do cacauero (clones Cepec 42, TSH 516 e TSH 1188) em função da aplicação do ácido indolbutírico (AIB). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, 2003.

FARIAS NETO, J. T. de; CARVALHO, J. U.; MÜLLER, C. H. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 300-305, 2004.

FONSECA, C. E. L.; ESCOBAR, J. R.; BUENO, D. M. Variabilidade de alguns caracteres físicos e químicos do fruto do cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 7, p. 1079-1084, 1990.

FRANCISCO NETO, E.; MACEDO, B. E. B.; COSTA, F. C. M.; SANTOS, E. E.; SANTOS, J. A. Desenvolvimento e avaliação de cultivares de cacaueteiro para a Amazônia brasileira. In: **Informe de Pesquisas – 1994-1996**, Belém, PA: Ceplac/Supor, 1998, p. 100-121.

FRANCISCO NETO, E.; ALMEIDA, L.C.; MACHADO, P.F.R. Desempenho de híbridos de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L) sob pressão natural de inóculo de *Crinipellis pernicioso* na Amazônia brasileira. In: International Cocoa Research Conference, 12^a, 1996, Salvador. **Proceedings...** Lagos, Nigéria: Cocoa producer's Alliance, 1999b. p. 210-213.

GARCIA, J. J. da S.; MORAIS, F. I. de O.; ALMEIDA, L.C. de; DIAS, J. C. **Sistema de produção do cacaueteiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: CEPLAC/DEPEA, 1985. 118p.

GLENDENNING, D. R. The inheritance of bean size, pod size and number of beans per pod in cacao (*Theobroma cacao* L.) with note on bean shape. **Euphytica**, n. 12, p. 311-322, 1963.

LOPES, R.; CUNHA, R. N. V. da; RODRIGUES, M. do R. L.; TEIXEIRA, P. C.; ROCHA, R. N. C. Repetibilidade de caracteres associados à produção de cachos de híbridos de caiaué com dendezeiro. In: Congresso Nacional de melhoramento de Plantas, 4, 2007, São Lourenço, MG. **Anais...** Lavras, MG : Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2007.

MARIANO, A. H.; BARTLEY, B. G. D. Comportamento das seleções baianas na produção de híbridos de cacaueteiro. In: Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, 7, **Actes**. J. de Lafforest and Transla-Inter, London, p. 527-533, 1981.

PAIVA, J. R. de; RESENDE, M. D. V. de; CORDEIRO, E. R. Avaliação do número de colheitas na produção de progênies de acerola, repetibilidade e herdabilidade de caracteres. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n.1, p. 102-107, 2001.

PEREIRA, F. B. & RODRIGUES, J. S. **Possibilidades agroclimáticas do município de Altamira (Pará)**. Belém: IPEAN, 1971. 46 p. (Boletim, 1)

RESENDE, M. D. V. **Predições de valores genéticos, componentes de variância, delineamento de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal**. 1999. 434p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

_____. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. de; DIAS, L. A. S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 22, n. 1, p. 44-52, 2000.

RESENDE, M. D.V. de; SILVA, H. D. Estratégia de melhoramento para a erva-mate baseada no coeficiente de repetibilidade. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO-AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 241-251.

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hill.)**. Colombo: Embrapa/CNPQ, 1995. 33p. (Embrapa/CNPQ. Documentos, 25)

RESENDE, M. D. V. de; MORAES, M. L. T.; PAIVA, J. R. Comparação de métodos de avaliação genética e seleção no melhoramento da seringueira. **Floresta**, Curitiba, v. 26, n. 1/2, p. 25-47, 1996a.

RESENDE, M. D. V. de; PRATES, D. F.; JESUS, A.; YAMADA, C. K. Estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 18-45, jan./dez. 1996b.

SCERNE, R. M. C. & SANTOS, M. M. **Aspectos agroclimatológicos do município de Medicilândia, PA**. Belém: Ceplac/Supor, 1994. 32p. (Ceplac/Supor. Boletim Técnico, 11)

SORIA, V. J. The genetics and breeding of cacao. In: International Cocoa Research Conference, 5, 195, Ibadan. **Proceedings...** Ibadan: Cocoa Research institute of Nigéria, 1977, p. 18-24.

SORIA, V. J. The breeding of cacao (*Theobroma cacao* L.) **Tropical Agriculture Research Series**, Yatabe, v. 11, p. 161-168, 1978.

SORIA, V. J.; ESQUIVEL, O. Estudio preliminar sobre el período mínimo y confiable de producción em cacao pra su uso em experimentos de evaluación de cultivares. **Cacao**, Costa Rica, v.12, n.12, n.4, p.9-14, 1967.

VALOIS, A. C. C.; CORREA, M. P. F.; VASCONCELLOS, M. E. C. Estudos de caracteres correlacionados com a produção de amêndoa seca no guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 14, n. 2, p. 175-179, 1979.

VASCONCELLOS, M. E. C.; GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 433-437, 1985.

VELLO, F.; GARCIA, J. R.; MAGALHÃES, W. S. Produção e seleção de cacauzeiros híbridos na Bahia. **Revista Theobroma**, Ilhéus, 2 (3): 15-35, 1972.

CAPÍTULO III

PARÂMETROS GENÉTICOS E SELEÇÃO INDIVIDUAL DE PLANTAS EM POPULAÇÕES HÍBRIDAS DE CACAUEIRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO

Realizou-se o presente estudo com o objetivo de se estimar parâmetros genéticos (variâncias e herdabilidades) e obter os valores genotípicos com vista à seleção entre e dentro de híbridos utilizando os dados tomados em plantas individuais em dois ensaios de competição de combinações híbridas de cacauzeiros conduzidos no delineamento experimental em blocos casualizados completos, pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Ceplac na Estação Experimental “Paulo Dias Morelli” localizada na principal região produtora de cacau da Amazônia brasileira. As estimativas dos referidos parâmetros foram obtidas utilizando o método REML/BLUP. As referidas análises para as herdabilidades e valores genéticos e genotípicos (BLUP) foram realizadas para ambos os ensaios isolada e conjuntamente. Os valores das herdabilidades encontradas foram de baixa magnitude (0,20 a 0,21 para híbridos e 0,13 a 0,19 para indivíduos). Entretanto, houve alta significância para todas as estimativas das variâncias genéticas. Os resultados obtidos em ambas as análises realizadas (individual ou conjunta) permitiram selecionar sete híbridos *per se* com valores altamente significativos em ambos os ensaios e, para os BLUP individuais foram discriminadas indivíduos em número variado por família em todas as 36 famílias, sendo que pela análise conjunta foram selecionados 158 (5,34%) e por análise individuais 67 (4,31%) e 80 (5,69%) indivíduos nos ensaios 1 e 2, respectivamente. O BLUP foi eficaz para discriminar indivíduos com o potencial genético elevado mesmo em híbridos não selecionados.

Termos para indexação: *Theobroma cacao*, melhoramento de plantas, modelos mistos e BLUP.

GENETIC PARAMETERS AND INDIVIDUAL PLANT SELECTION IN HYBRID POPULATIONS OF CACAO PLANTS IN THE BRAZILIAN AMAZON BASIN

ABSTRACT

Genetic parameters and genotypic values of cacao hybrids were estimated. Data from two hybrid performance trials, conducted in a randomized complete block designs by “Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira” – CEPLAC a Brazilian governmental institute dedicated to the cacao research and development were used. A mixed model approach was used to estimate variance components and hybrid and plant within hybrid genetic. The trials were analyzed individually and together (joint analysis). Total number of fruits heritability ranges from 0.20 to 0.21 for hybrids and from 0.13 to .19 for plant/hybrid. Despite these low heritability values, all genetic variance were significant greater than zero. Witch leads to the possibility of genetic gains by selection. Seven out of 36 hybrids were selected based on BLUP values. Based on individuals (plants/hybrid) BLUP 158 (5.34%) plants were selected for for joint analysis and for individual 67 (4.31%) and 80 (5.69%) individuals in assays 1 and 2, respectively. These plants were spread across all 36 hybrids. BLUP approach was effective on identify individuals with high genetic potential even in not select hybrids.

Index terms: *Theobroma cacao*, plant breeding, mixed models and BLUP.

1. INTRODUÇÃO

Basicamente, no melhoramento genético do cacauero são aplicados dois métodos, a saber: 1) seleção individual de plantas para a obtenção de clones e propagação vegetativa, com o qual se deu o início do melhoramento; 2) aproveitamento do vigor híbrido de progênies provenientes do cruzamento entre clones (BAEZ, 1984).

A propagação vegetativa do cacauero foi desenvolvida na década de 1930 (PYKE, 1933) e foi utilizada na realização dos plantios comerciais em Trinidad nas décadas de 1930 e 1940, até o advento do híbrido que passou a predominar a ponto de muitas das áreas plantadas com clones terem sido substituídas por plantios seminais (PURSHECLOVE, 1968).

A heterose no cacauero, observada a partir dos cruzamentos entre clones alto amazônicos e clones trinitários, realizados por F. J. Pound na década de 1930, visando a introdução de resistência à vassoura-de-bruxa dos materiais alto amazônicos, nos trinitários de alta produção, teve como destaque de maior expressão de vigor para o híbrido do cruzamento 'SCA 6 x ICS 1' (DIAS, 2001a).

Desde sua concepção, o programa de melhoramento genético do cacauero na Amazônia, teve por objetivo, também: a obtenção de cultivares híbridos, as quais eram avaliadas quanto à produção, ao comportamento frente às doenças, incluindo-se a vassoura-de-bruxa, bem como aos atributos de qualidade das amêndoas (MACHADO et al., 1977 e MARIANO & BARTLEY, 1981).

O referido programa conta com um total de 382 combinações híbridas biclonais que compõe os Ensaio de Competição de Combinações Híbridas - ECCH instalados nas estações experimentais localizadas nas diversas regiões produtoras de cacau da Amazônia brasileira. Os primeiros ensaios instalados, em 1978, tiveram início de avaliação a partir de 1982 (FRANCISCO NETO et al., 1998).

Do conjunto das combinações híbridas já avaliadas pelo desempenho agrônomico e adaptabilidade, em 1998, obteve-se a indicação de 15 (quinze) híbridos que constituem as cultivares cujas sementes são produzidas e distribuídas aos agricultores para utilização na implantação de suas lavouras, na Amazônia brasileira. A indicação dos cultivares teve como referencial a avaliação

do desempenho agrônômico, comercial e local dos materiais genéticos (FRANCISCO NETO et al., 1999b).

Em 2004, com a inclusão de novos ensaios já avaliados pelos mesmos critérios acima mencionados, obteve-se um rearranjo das combinações a serem produzidas no Campo de Produção de Sementes Híbridas - CPSH da Espam, principal fornecedor de sementes híbridas para a região, quando foram mantidos 13 dos 15 híbridos anteriormente selecionados, sendo acrescentados outros 17 (dezesete) no Plano de Cruzamentos, o qual conta atualmente com 30 combinações (ANEXO - 2).

Ressalte-se que, devido à suscetibilidade do clone CATONGO à vassoura-de-bruxa, desde o início do programa de melhoramento na Amazônia brasileira, os cruzamentos com o mesmo e com os clones obtidos a partir de seleção em populações dessa cultivar (Série SIC acima do 800) foram suprimidos dos planos de cruzamentos dos CPSH da Ceplac na Amazônia brasileira.

Entretanto, considerando que dois dos híbridos selecionados *per se*, bem como significativo número de indivíduos com valores superiores têm como um dos genitores clones da referida série, necessário se faz uma reavaliação com respeito à retomada da utilização desses materiais em detrimento das constatações anteriormente verificadas com respeito à tolerância vassoura-de-bruxa. Principalmente porque, tais cruzamentos selecionados sempre têm no outro genitor alguma fonte de resistência à vassoura-de-bruxa, como é o caso dos SCAVINA e IMC 67. Também seria capitalizada a manutenção da resistência inerente ao CATONGO à podridão parda, segunda principal doença do cacaueteiro, no Brasil e significativa incidência com perda de frutos nas principais regiões cacaueteiras do Pará (FRANCISCO NETO et al., 1999a).

Considerando a metodologia recomendada por Dias (2001b) para a obtenção de VS, cada ECCH poder-se-à constituir-se num Campo de Produção de Sementes de Variedade Sintética - CPSVS, cuja qualidade de cada variedade estará assegurada pelo "pool" de pólen amplo que, mesmo em polinização livre, garantem o equilíbrio das freqüências alélicas, cujo desempenho da VS será equivalente à média do desempenho do conjunto de genótipos dos quais ela deriva.

Outra estratégia de utilização direta dos genótipos selecionados nos ECCH é a realização de cruzamentos triplos - Tricross onde tais genótipos se constituirão em parentais receptores de pólen de genitores selecionados com base na capacidade de combinação avaliada dentro dos conjuntos de híbridos dos respectivos ensaios. Assim, cada ECCH poder-se-à constituir-se num Campo de produção de Sementes de variedade "Tricross" – CPSVT, cujas sementes terão as qualidades mencionadas por ALLARD & BRADSHAW (1964), citados por PATERNIANI & VIÉGAS (1987).

Com a recomposição dos ECCH através da substituição de copas das plantas de valores genotípicos inferiores poder-se-à ter a formação de um campo de teste clonal, pois serão constituídos dos genótipos previamente selecionados dentre os indivíduos de cada conjunto de híbridos, ao mesmo tempo em que se constituirão também num campo de produção de propágulos para multiplicação clonal a serem fornecidos aos agricultores.

Almeida (1991) realizou estudo de correlações entre caracteres no estágio adulto e possibilidades de seleção precoce em híbridos de cacaueteiro, utilizando a metodologia de análise de trilha, com progênes de 12 híbridos dos dois ECCH mais antigos instalados na então Estação Experimental de Altamira – Estal, localizada no atual município de Medicilândia, PA, hoje denominada Espam, mesmos ensaios utilizados no presente estudo.

Carvalho (1999), utilizando dados de um dos ECCH de cacaueteiro instalado pela Ceplac na Estação Experimental Ouro Preto – Estex-OP localizada no município de Ouro Preto d'Oeste, RO, realizou estudo de repetibilidade e seleção de híbridos cujas análises obedeceram ao modelo fatorial reduzido em delineamento em blocos completos casualizados, que utiliza as médias das unidades experimentais de cada genótipo em cada ano. Também, para a realização das mesmas foram considerados distintamente dois períodos de avaliação, sendo o primeiro referido como pré-clímax (4^o ao 7^o ano de plantio) e o segundo referido como período clímax (8^o ao 13^o ano de plantio).

Também, alguns estudos têm sido realizados com a aplicação de métodos de determinação da diferenciação em características morfológicas e, na determinação de parâmetros genéticos e seleção utilizando progênes de

cacaueiro, oriundas de populações naturais da Amazônia brasileira, estabelecidas em banco de germoplasma (DIAS et al., 2003; SILVA, 1999).

Dias e Resende (2001a) apresentam com detalhes os atributos de produção e seus componentes no cacaueiro e indicam com apoio em vasta literatura que o número de frutos e o índice de frutos (IF) estão entre os mais importantes componentes de produção. Citam ainda que a produção de frutos apresenta-se como critério confiável para estimar o potencial produtivo de dada cultivar e, que é de fácil mensuração em grande número de cacaueiros candidatos à seleção. E, que o número total de frutos (sadios e doentes) por planta ou por área representa a produção potencial e o número de frutos sadios representa a produção real. Tais componentes são muito utilizados nos estudos visando à seleção.

O IF - número de frutos necessários para gerar 1 kg de amêndoas fermentadas e secas (8% de umidade) – produto comercial e o IS – peso médio da amêndoa seca, obtido também como peso de 100 amêndoas fermentadas e secas (8% umidade) – produto comercial, que são inversamente relacionados foram propostos por Cheesman & Pound (1934) para avaliar o potencial produtivo do cacaueiro. O peso médio não inferior a 1g/amêndoa seca atende satisfatoriamente à indústria (WOOD, 1979). A média de IF tem sido adotado como aceitável nos diversos programas de melhoramento do cacaueiro. Referidos índices são recomendados por Dias (2001) como avaliação complementar de plantas previamente selecionadas em programas com grande número de indivíduos mediante o monitoramento do número de frutos colhidos por planta.

Destaca-se que dentre os componentes de produção do cacaueiro, o número total de frutos coletados (NTFC) em um genótipo de cacaueiro reflete o seu potencial genético para produção, sendo essa variável pertinente nas avaliações para seleção de materiais genéticos para uma determinada região (CARVALHO et al., 2001). O número de 40 frutos de cacaueiro/safra, associado com as demais variáveis, tem servido como referencial para seleção de híbridos pela média de frutos por planta tomada no conjunto de indivíduos que compõem a progênie.

Farias Neto & Resende (2001) realizaram estudo com pupunheira (*Bactris gasipaes*) utilizando um experimento delineado em blocos ao acaso, com três

repetições, parcelas lineares de cinco plantas onde avaliaram sete caracteres e com base nos valores genéticos individuais preditos pelo procedimento REML/BLUP, estimaram os ganhos genéticos preditos com a prática da seleção para peso de palmito selecionaram admitindo-se a duas estratégias de seleção: 31 indivíduos (pertencentes a 9 progênies), representando a população de produção de sementes (simulando programa em curto prazo) e com 53 indivíduos (pertencentes a 15 progênies), para compor a população de melhoramento (simulando programa a médio e longo prazos).

O presente trabalho teve por objetivo a avaliação e seleção de genótipos em populações híbridas de cacaueteiro nas condições ecológicas da principal região cacaueteira da Amazônia brasileira, via metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) quanto ao seu potencial para produção de fruto avaliado a partir do número total de frutos coletados (NTFC) por planta. As avaliações foram realizadas ao nível de plantas individuais, o que possibilitará tanto a utilização em plantios clonais, como também, na obtenção de novos cultivares, tomando como base os materiais selecionados nos respectivos ensaios.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS GENÉTICOS, LOCAL, DELINEAMENTO E DADOS

Foram utilizados dados de dois Ensaios de Competição de Combinações Híbridas - ECCH provenientes de cruzamentos bi-parental de clones de cacaueteiro (Quadro 3) instalados pela Ceplac na então Estação Experimental de Altamira – Estal (atualmente denominada Estação Experimental “Paulo Dias Morelli” – Espam) localizada em Medicilândia, Centro-Oeste do Estado do Pará, maior município produtor de cacau da Amazônia brasileira.

A unidade experimental encontra-se localizada à latitude 3° 30' 30”S e longitude 52° 58' 30”W. O município apresenta temperatura média anual 24,4°C, com média das temperaturas máximas de 30,4°C e média das temperaturas mínimas de 19°C. A precipitação média anual é de 2.084 mm, com a maior concentração pluviométrica no mês de março (365,6mm) e a menor no mês de agosto (49,1mm). Entre dezembro e maio ocorrem 79,8 % da precipitação pluvial, com precipitações médias mensais superiores a 200 mm. Entre junho e novembro as precipitações mensais não atingem a média de 100 mm. A umidade relativa

média anual é de 85% e todos os meses do ano apresentam pelo menos 80% de UR (SCERNE & SANTOS, 1994). A altitude média da região é de 80m e o clima é classificado como tipo Aw pela classificação de Köppen, ou seja, tropical com temperatura média superior a 18°C (PEREIRA & RODRIGUES, 1971). O solo é classificado como Terra Roxa Estruturada (Tropudalf) de acordo com Neves et al. (1981).

Os híbridos resultantes dos cruzamentos entre clones, dois a dois, previamente selecionados foram obtidos utilizando a metodologia de polinização artificial (CARLETTO, 1946a) que estabelece os procedimentos para a realização de polinizações controlada com obtenção segura dos produtos desejados.

Todos os híbridos são resultantes do cruzamento de tipos Alto-Amazônico x Baixo-Amazônico, excetuando-se o cruzamento SCA 6 x ICS 1 (Alto-Amazônico x Trinitário). Tais cruzamentos foram planejados visando se obter indivíduos com a combinação da rusticidade do Alto Amazônico e a produtividade e qualidade das sementes do Baixo Amazônico. Referidos clones são provenientes seleções realizadas a partir de coleções do Peru e Equador (Alto Amazônico); de Trinidad (Trinitário) e do Brasil (Baixo Amazônico), estes últimos procedentes de coleções da Amazônia (Pará, Acre e Amazonas) e do sul da Bahia, cuja discriminação é apresentada no Quadro 4.

Os experimentos foram implantados no ano de 1978 utilizando-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com 20 tratamentos, 7 repetições, 12 plantas por parcela, distribuídas em três linhas e quatro colunas, com espaçamento entre plantas de 3,0 x 3,0 m. Duas fileiras de cacaeiros, no mesmo espaçamento, foram plantadas ao redor da área compreendida pelas parcelas dos ensaios, como bordadura dos experimentos.

A implantação dos cacaeiros contou com a utilização de sombreamento provisório com bananeiras (*Musa* sp.) intercaladas no mesmo espaçamento de 3,0 x 3,0m, após o qual foi estabelecido o definitivo com Eritrina (*Erythrina glauca*) e Canafístula (*Senna multijuga*). As práticas culturais nas áreas dos experimentos foram conduzidas conforme as recomendações para o cultivo do cacaeiro na Amazônia brasileira (GARCIA et al., 1985).

Para a obtenção dos dados de NTFC, foram realizadas as colheitas, em número de uma ou duas por mês durante os doze meses do ano, com a

contagem de frutos por planta durante três anos consecutivos, sendo o primeiro ano de avaliação (1985) o imediatamente anterior ao ano de estabilização da produção [período pré-clímax (até o 7º ano de plantio)] e os outros dois anos de avaliação (1986 e 1987) já no período clímax.

Quadro 3 – Relação dos híbridos bicionais em avaliação nos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas de cacauero da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA, agrupados por parental feminino.

Ensaio 1		Ensaio 2	
Híbrido	Compatibilidade ¹	Híbrido	Compatibilidade ¹
IMC 67 x CA 4	I x I	IMC 67 x BE 8	I x C
IMC 67 x MOCORONGO 1	I x I	IMC 67 x SIC 813	I x C
IMC 67 x BE 9 (Testemunha 2)	I x C	IMC 67 x BE 9 (Testemunha 2)	I x C
IMC 67 x CATONGO (Testemunha 3)	I x C	IMC 67 x CATONGO (Testemunha 3)	I x C
PA 150 x BE 7	I x C	IMC 67 x SIAL 169 (Suprimido)	I x C
PA 150 x SIC 17	I x C	PA 150 x BE 10	I x C
PA 150 x SIC 864	I x C	PA 150 x MA 11	I x C
PA 150 x SIC 328	I x C	PA 150 x SIAL 505 (Suprimido)	I x C
POUND 7 x SIAL 505	I x C	POUND 7 x CA 4	I x I
POUND 7 x SIC 644	I x C	POUND 12 x SIC 329	I x C
POUND 7 x MA 15	I x I	POUND12 x SIAL 505	I x C
POUND 7 x BE 10	I x C	POUND 12 X MA 14 (Suprimido)	I x C
POUND 7 x SIC 864	I x C	SCA 6 x SIC 801	I x C
POUND 12 x SIC 831	I x C	SCA 6 x ICS 1 (Testemunha 1)	I x C
POUND 12 x BE 10	I x C	SCA 12 x MOCORONGO 1	I x I
SCA 6 x BE 10	I x C	PA 121 x SIC 329	I x C
SCA 6 x MOCORONGO 1	I x I	MA 13 x MOCORONGO 1	I x I
SCA 6 x ICS 1 (Testemunha 1)	I x C	MA 15 x MOCORONGO 1	I x I
SCA 6 x BE 9(Suprimido)	I x C	MOCORONGO 1x CA 6	I x C
PA 121 x CEPEC 16	I x C	RB 45 x IMC 67	I x I

¹I – Auto-incompatível e C – Autocompatível

Fonte: Fichas de acessos das coleções de cacauero da Estação de Recursos Genéticos “José Haroldo” - ERJOH (Almeida et al., 1995).

Quadro 4. Lista dos clones de cacaueteiro utilizados na obtenção dos híbridos, com indicação de origem geográfica, tipo botânico e reação de compatibilidade.

Clone	Origem geográfica	Tipo botânico	Compatibilidade
BE 7	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
BE 8	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
BE 9	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
BE 10	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
CA 4	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
CA 6	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
CATONGO	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
CEPEC 16.	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
ICS 1	River State, Trinidad	Trinitário	Autocompatível
IMC 67	Iquitos, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
MA 11	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
MA 13	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
MA 15	Amazonas, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
MOCORONGO 1	Pará, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
PA 121	Parinari, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
PA 150	Parinari, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
POUND 7	Iquitos, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
POUND 12	Iquitos, Peru	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
RB 45	Acre, Brasil	Baixo-Amazônico	Auto-incompatível
SCA 6	Scavino, Equador	Alto-Amazônico	Auto-incompatível
SIAL 169	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIAL 505	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 17	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 328	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 329	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 644	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 801	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 813	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 831	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível
SIC 864	Bahia, Brasil	Baixo-Amazônico	Autocompatível

Fonte: Fichas de acessos das coleções de cacaueteiro da Estação de Recursos Genéticos "José Haroldo" - ERJOH (Almeida et al., 1995).

A variável número total de frutos coletados (NTFC), em cacauero, reflete o potencial genético para produção, sendo a mesma pertinente nas avaliações para seleção de materiais genéticos para uma determinada região (CARVALHO et al., 2001).

Para efeito de análises as colheitas quinzenais foram somadas, padronizando-se assim o NTFC em uma informação por mês. Ressalta-se que no primeiro ano os dados foram coletados a partir do mês de fevereiro, portanto perfazendo apenas onze meses de avaliação. A inexistência de dados no mês de Janeiro do primeiro ano da avaliação, bem como a falta de observações devido à morte de plantas em número variado nas diversas parcelas e nos diversos blocos proporcionou o desbalanceamento dos dados.

Também, para realização das análises, o Ensaio 1 constou de 19 (dezenove) tratamentos, uma vez que foi suprimido o tratamento 'IMC 67 x SIAL 169'. Enquanto que o Ensaio 2 constou apenas de 17 (dezessete) tratamentos por conta da supressão dos tratamentos: 'IMC 67 x SIAL 169'; 'PA 150 x SIAL 505' e 'POUND 12 X MA 14', ficando a identificação seqüencial dos híbridos e os respectivos números de indivíduos por família de cada progênie, em ambos os ensaios, conforme listados no Quadro 5.

Quadro 5. Relação e identificação sequencial dos híbridos bicolonais, número de indivíduos por família de progênes dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas de cacauero da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA

Ensaio 1			Ensaio 2		
Ordem	Híbrido	Nº de indivíduos	Ordem	Híbrido	Nº de indivíduos
1	IMC 67 x CA 4	84	1	MOCORONGO 1 x CA 6	79
2	IMC 67 x MOCORONGO 1	83	2	RB 45 x IMC 67	84
3	PA 150 x BE 7	84	3	IMC 67 x BE 8	84
4	PA 150 x SIC 17	84	4	IMC 67 x SIC 813	83
5	PA 150 x SIC 864	69	5	PA 150 x BE 10	82
6	PA 150 x SIC 328	84	6	PA 150 x MA 11	84
7	PA 121 x CEPEC 16	83	7	PA 121 x SIC 329	81
8	POUND 7 x SIAL 505	81	8	POUND 7 x CA 4	82
9	POUND 7 x SIC 644	84	9	POUND 12 x SIC 329	83
10	POUND 7 x MA 15	84	10	POUND 12 x SIAL 505	81
11	POUND 7 x BE 10	84	11	SCA 6 x SIC 801	84
12	POUND 7 x SIC 864	72	12	SCA 12 x MOCORONGO 1	84
13	POUND 12 x SIC 831	83	13	MA 13 x MOCORONGO 1	84
14	POUND 12 x BE 10	80	14	MA 15 x MOCORONGO 1	83
15	SCA 6 x BE 10	82	15	SCA 6 x ICS 1 (Test 1)*	84
16	SCA 6 x MOCORONGO 1	84	16	IMC 67 x BE 9 (Test 2)*	83
17	SCA 6 x ICS 1 (Test 1)*	82	17	IMC 67 x CATONGO (Test 3)*	83
18	IMC 67 x BE 9 (Test 2)*	84			
19	IMC 67 x CATONGO (Test 3)*	81			
ESTANDE		1.552	1.408		

*Comuns aos dois ensaios.

2.2. PROCEDIMENTOS E ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICOS

As análises de variância foram realizadas para os dois ensaios isoladamente e conjuntamente utilizando-se o modelo parcela subdividida no delineamento em blocos completos casualizados em ambos os tipos.

O modelo estatístico utilizado para as análises dos dados dos ensaios isoladamente foi o descrito por Resende (2002), adequado ao procedimento BLUP individual associado a medidas repetidas para efeitos fixos e aleatórios com adaptações, como a seguir:

$$y_{ijkm} = \mu + g_i + b_j + e_{ij} + \delta_{ijk} + a_k + \gamma_{ijkm}, \text{ em que:}$$

y_{ijkm} : valor observado da planta m ($m = 1, 2, \dots, 12$) do híbrido i , ($i = 1, 2, \dots, 17$ ou 19) no bloco j ($j = 1, 2, \dots, 7$) no ano k ($k = 1, 2, 3$);

μ : constante inerente à todas as observações;

g_i : efeito aleatório do híbrido i , $g_i \sim N(0, \sigma_g^2)$;

b_j : efeito fixo do bloco j , $E(b_j) = b_j$ e $E(b_j^2) = V_b$;

e_{ij} : efeito aleatório da parcela ij , $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$;

δ_{ijk} : efeito aleatório do indivíduo k dentro da parcela ij , $\delta_{ijk} \sim N(0, \sigma_\delta^2)$;

a_k : efeito fixo do ano k , $E(a_k) = a_k$ e $E(a_k^2) = V_m$;

γ_{ijkm} : efeito aleatório do ambiente temporário (erro), $\gamma_{ijkm} \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$.

Enquanto que o modelo estatístico utilizado para a análise conjunta dos dados dos ensaios foi também o descrito por Resende (2002), adequado ao procedimento BLUP individual associado a medidas repetidas para efeitos fixos e aleatórios com adaptações, como a seguir:

$$y_{ij(t)km} = \mu + S_t + g_i + B/S_{j(t)} + e_{ij} + \delta_{ijk} + a_k + \gamma_{ij(t)km}, \text{ em que:}$$

$y_{ij(t)km}$: valor observado da planta m ($m = 1, 2, \dots, 12$) do híbrido i , ($i = 1, 2, \dots, 17$ ou 19) no bloco j ($j = 1, 2, \dots, 7$) dentro do ensaio t ($t = 1, 2$) no ano k ($k = 1, 2, 3$);

μ : constante inerente à todas as observações;

S_t : efeito fixo do ensaio t , $E(S_t) = S_t$ e $E(S_t^2) = V_s$;

g_i : efeito aleatório do híbrido i , $g_i \sim N(0, \sigma_g^2)$;

$B/S_{j(t)}$: efeito fixo do bloco j , $E(b_j) = b_j$ e $E(b_j^2) = V_b$;

e_{ij} : efeito aleatório da parcela ij , $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$;

δ_{ijk} : efeito aleatório do indivíduo k dentro da parcela ij , $\delta_{ijk} \sim N(0, \sigma_\delta^2)$;

a_k : efeito fixo do ano k , $E(a_k) = a_k$ e $E(a_k^2) = V_m$;

$\gamma_{ij(t)km}$: efeito aleatório do ambiente temporário (erro), $\gamma_{ij(t)km} \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$.

Para ambos os modelos tem-se que:

$\hat{\sigma}_g^2$: variância devido a efeito de híbridos;

$\hat{\sigma}_e^2$: variância de parcelas (híbrido x bloco);

$\hat{\sigma}_\delta^2$: variância de planta dentro de parcela;

$\hat{\sigma}_\gamma^2$: variância do ambiente temporário.

Os estimadores dos componentes de variância acima descritos, considerando o modelo (1), para o caso de dados balanceados são apresentados por Resende (2002). No presente estudo, devido ao desbalanceamento dos dados optou-se por obter as requeridas estimativas de tais componentes de variância pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML).

As predições dos valores genotípicos (BLUP) dos híbridos (\hat{g}_i) e indivíduos ($\hat{\delta}_{ij}$) foram obtidas a partir da solução do sistema de equações normais:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix}$$

Os estimadores para a herdabilidade de híbridos (h_g^2) e herdabilidade individual (h_δ^2), foram conforme a seguir:

$$h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{k} + \frac{\sigma_\delta^2}{k}}$$

$$h_\delta^2 = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_\delta^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2 + \sigma_\delta^2 + \frac{\sigma_\gamma^2}{m}}$$

No presente estudo realizou-se a seleção com base no caráter NTFC, caracterizando-se assim uma seleção direta, uma vez que o objetivo e o critério

de seleção é o próprio caráter, conforme Resende & Rosa-Perez (1999), citado por Resende (2002). O referido caráter expressa o potencial produtivo de cada genótipo de cacaueteiro de acordo com a literatura já mencionada na revisão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISES DOS DOIS ENSAIOS ISOLADAMENTE

Os resultados das análises realizadas em cada ensaio isoladamente são apresentados nas Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8 concernentes à aplicação dos procedimentos conforme indicação de Resende (2002) para a seleção genética e genotípica dos híbridos nos respectivos ensaios.

Na Tabela 4 encontram-se apresentadas as estimativas das variâncias e das herdabilidades obtidas para cada ensaio. Os valores das variâncias devido a efeito de híbridos (σ_g^2), foram 83,71 e 90,48 no ensaio 1 e no ensaio 2, respectivamente. Os valores das variâncias dentro de híbridos (σ_δ^2) foram 305,27 e 328,51 no ensaio 1 e no ensaio 2, respectivamente. A maioria dos componentes de variâncias foram altamente significativos pelo Teste de Wald (Tabela 1).

As estimativas das herdabilidades para o caráter NTFC para seleção de híbridos (h_g^2) foram 0,21 e 0,20 para o Ensaio 1 e Ensaio 2, respectivamente. Sendo que as estimativas das herdabilidades para seleção de indivíduos (h_δ^2) foram 0,13 e 0,14, nos ensaios 1 e 2, respectivamente (Tabela 4).

Os valores das herdabilidades para o caráter NTFC obtidos no presente estudo foram de magnitude inferior que àquele encontrado por Dias & Resende (2002) para o caráter número de frutos sadios por cacaueteiro considerando a herdabilidade no sentido amplo. No referido estudo foi utilizada a mesma metodologia de análise que fora utilizada neste estudo (REML/BLUP). Tal discrepância pode ser explicada em razão das condições ambientais, materiais genéticos e delineamento experimental em cada estudo.

No próprio estudo realizado por Dias & Resende (2002) em que determinaram as herdabilidades no sentido restrito e amplo em cada um dos quatro anos estudados em um dialelo quase completo 5x5, em Linhares, ES, ambas estimativas variaram em magnitude, tendo constatado que as oscilações verificadas estavam relacionadas às condições climáticas em cada ano.

Igualmente, Dias et al. (1998) encontraram grandes oscilações anuais na expressão da variação genética avaliada por meio do coeficiente de determinação genotípica entre médias de cultivares de cacauero em Linhares, ES. Em ambas as situações as estimativas da herdabilidade foram de magnitude mais alta em anos agrícolas climaticamente favoráveis à produção.

Tabela 4 – Estimativas das variâncias e herdabilidades em híbridos de cacauero para a caráter NTFC, obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e procedimento da melhor predição não viciada (BLUP), no ensaio 1 e ensaio 2 de competição de combinações híbridas de cacauero da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Componente	Ensaio 1			Ensaio 2		
	Valor	Z-valor	P-valor(*)	Valor	Z-valor	P-valor(*)
$\hat{\sigma}_g^2$	83,71	2,78	0,0027	90,48	2,60	0,0047
$\hat{\sigma}_e^2$	13,33	2,07	0,0192	23,56	2,80	0,0025
$\hat{\sigma}_\delta^2$	305,27	20,77	<0,0001	328,51	20,79	<0,0001
$\hat{\sigma}_\gamma^2$	247,30	39,38	<0,0001	209,30	37,50	<0,0001
h_g^2	0,21	-	-	0,20	-	-
h_δ^2	0,13	-	-	0,14	-	-

(*) Os componentes de variância foram altamente significativos pelo teste de Wald, exceto pra variância de parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$).

Embora os valores das herdabilidades tenham sido baixos tanto para híbridos, como para plantas dentro de híbridos alguma seleção poderá ser feita, tanto em nível de híbrido, como de planta, uma vez que houve significância alta para as variâncias genéticas para todas as estimativas, além da discriminação pelos valores BLUP individuais (Tabelas 7 e 8), também, com alto nível de significância.

Os valores genotípicos (BLUP) dos híbridos obtidos nas análises dos ensaios isoladamente encontram-se apresentados nas Tabelas 5 e 6, a partir das quais pode-se selecionar os de melhor desempenho em ambos os ensaios.

Os híbridos selecionados em número de sete, são: 'SCA 6 x MOCORONGO 1'(16); 'SCA 6 x ICS 1(Test. 1)(17)'; 'POUND 12 x SIC 831(13)'; 'SCA 6 x BE 10'(15); 'POUND 7 x SIAL 505(8)', no ensaio 1 e no ensaio 2 os híbridos 'SCA 6 x SIC 801'(11); 'SCA 12 x MOCORONGO 1(12)'; 'SCA 6 x ICS 1'(Test. 1)(15)'. Nota-se que 'SCA 6 x ICS 1' , Testemunha 1, foi selecionado em ambos os ensaios.

Observam-se ainda, em ambos os ensaios, que: o híbrido 'SCA 6 x ICS1' (Test 1)(15 e 17) está entre os três melhores; o 'IMC 67 X BE 9'(Test. 2)(16 e18) entre os cinco piores e, que o híbrido 'IMC 67 x CATONGO' (Test. 3)(17 e19) situa-se em posição intermediária entre os não selecionados, indicando assim a consistência das estimativas dos valores genotípicos (BLUP) obtidas.

Ressalta-se que o híbrido 'SCA 6 x ICS 1' é a variedade "Theobahia" lançada pela Ceplac como uma das alternativas para a recomposição de cacauais frente ao avanço da vassoura-de-bruxa na região cacauera sulbaiana (MONTEIRO et al., 1995).

Observa-se que, dos sete híbridos selecionados dois com o clone 'MOCORONGO 1' como parental masculino tiveram desempenho de destaque, sendo um em cada ensaio e o do ensaio 1 apresentando o maior BLUP.

E ainda, como um cruzamento envolve o clone 'SCA 6' e o outro o 'SCA 12' sendo ambos auto-incompatíveis, assim como também é o 'MOCORONGO1', verifica-se que não houve interferência negativa da incompatibilidade no referido desempenho para produção de frutos, sendo esta diretamente relacionada com a polinização.

Tabela 5 – Médias do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP e respectivos erros padrões para os híbridos a partir dos dados de número de frutos colhidos (NTFC) por planta tomados em três anos, no ensaio 1 de competição de combinações híbridas de cacauero da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

HÍBRIDO	(\bar{X})**	Erro Padrão ¹	\hat{g} **	Erro Padrão ²
SCA 6 x MOCORONGO 1*(16)	62	36,3125	19,6933	3,1852
SCA 6 x ICS 1 (Test 1)*(17)	56	33,4023	14,6205	3,1990
POUND 12 x SIC 831*(13)	51	29,3970	9,8468	3,1921
SCA 6 x BE 10*(15)	51	30,1331	9,5802	3,1990
POUND 7 x SIAL 505*(8)	48	27,7419	7,4040	3,2074
POUND 7 x SIC 864(12)	44	22,9401	4,3193	3,3195
POUND 7 x MA 15(10)	42	23,6296	1,5031	3,1852
POUND 12 x BE 10(14)	41	23,4458	0,5246	3,2145
POUND 7 x SIC 644(9)	41	27,0195	0,2845	3,1852
PA 121 x CEPEC 16(7)	37	24,3016	-2,8322	3,1920
IMC 67 x CATONGO (Test 3)(19)	37	19,1914	-3,4535	3,2064
POUND 7 x BE 10(11)	36	20,1763	-4,1517	3,1852
PA 150 x BE 7(3)	34	24,4254	-5,7126	3,1852
PA 150 x SIC 864(5)	33	24,0817	-5,7392	3,3467
IMC 67 x BE 9 (Test 2)(18)	33	22,7903	-7,1999	3,1852
IMC 67 x MOCORONGO 1(2)	31	19,9720	-8,8077	3,1920
PA 150 x SIC 328(6)	30	24,6850	-9,3426	3,1852
IMC 67 x CA 4 (1)	29	19,0346	-10,2592	3,1852
PA 150 x SIC 17(4)	29	24,9999	-10,2777	3,1852
Média	40	-	6,2805	-

() Número do híbrido no ensaio; * Híbrido selecionado; ** Valores ordenados do maior para o menor; ¹ Erro padrão para médias e ² Erro padrão para BLUP.

Tabela 6 – Médias do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP e respectivos erros padrões para os híbridos a partir dos dados de número de frutos colhidos (NTFC) por planta tomados em três anos, no ensaio 2 de competição de combinações híbridas de cacaueteiro da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

HÍBRIDO	(\bar{X})**	Erro Padrão ¹	\hat{g} **	Erro Padrão ²
SCA 6 x SIC 801*(11)	67	37,0887	22,6583	3,5113
SCA 12 x MOCORONGO 1*(12)	59	33,6764	15,2907	3,5113
SCA 6 x ICS 1 (Test 1)*(15)	56	30,9437	12,3196	3,5118
POUND 12 x SIC 329(9)	46	26,2751	3,2067	3,5176
POUND12 x SIAL 505(10)	45	28,0041	2,5137	3,5308
PA 121 x SIC 329(7)	42	23,5869	-0,1572	3,5308
MA 13 x MOCORONGO 1(13)	42	24,7386	-0,2711	3,5113
POUND 7 x CA 4(8)	42	23,7571	-0,3907	3,5244
PA 150 x MA 11(6)	40	28,1003	-1,5458	3,5113
MOCORONGO 1x CA 6(1)	39	23,3063	-2,0705	3,5467
IMC 67 x SIC 813(4)	37	19,6843	-4,4692	3,5176
MA 15 x MOCORONGO 1(14)	37	20,5280	-4,9971	3,5176
IMC 67 x CATONGO (Test 3)(17)	35	17,5542	-6,1225	3,5176
IMC 67 x BE 8(3)	33	19,3337	-8,3853	3,5113
IMC 67 x BE 9 (Test 2)(16)	32	20,7682	-8,8781	3,5176
PA 150 x BE 10(5)	32	19,1659	-9,2675	3,5244
RB 45 x IMC 67(2)	32	15,8873	-9,4342	3,5113
Média	41	-	0,3333	-

() Número do híbrido no ensaio; *Híbrido selecionado; ** Valores ordenados do maior para o menor; ¹ Erro padrão para médias e ² Erro padrão para BLUP.

Essa não interferência indica que o sistema de incompatibilidade no ‘MOCORONGO 1’ não é o mesmo dos dois clones SCAVINA e, que há diversidade genética entre os mesmos suficiente pra produzir heterose, já que trata-se do cruzamento de um clone Baixo-Amazônico e de dois clones Alto-Amazônicos.

Também, considerando os BLUP dos demais cruzamentos envolvendo ‘MOCORONGO 1’, a expressão do vigor híbrido parece melhor atender à hipótese de sobredominância, constatando-se que o vigor híbrido foi expresso quanto mais

divergente foram os parentais com base na origem geográfica dos mesmos estando em conformidade com o que é apresentado por Cruz (2005).

Entretanto, há de se considerar a observação feita por Dias (2001a) no que diz respeito à heterose em cacauero que devido às peculiaridades da hibridação tem sua determinação a partir da diferença entre a média do F_1 e a média ou o maior valor dos genitores autofecundados (S_1), o que pode, havendo depressão endogâmica, possibilitar distorções tanto nos resultados para heterose, como para capacidade de combinação. Ou seja, a aplicação do termo heterose em cacauero merece reserva (DIAS & KAGEYAMA, 1997).

Comparando a ordenação dos híbridos via BLUP e pelas médias de NTFC por planta, em ambos os ensaios, verifica-se que há correspondência entre as mesmas. Porém há de se ressaltar que no BLUP ocorre o “Shrinkage”, ou seja, os dados são espremidos na Média (0) e assim há melhor discriminação genética (Tabela 5 e Tabela 6).

Apesar do ordenamento dos híbridos em ambos os ensaios ser o mesmo tanto para médias como para valores BLUP observa-se que os erros padrões destes, em ambos os ensaios, são menores (Tabelas 5 e 6), o que indica uma maior precisão nas estimativas, bem como melhor discriminação entre os híbridos.

Tal eficiência metodológica pode ser comprovada com a verificação que pelas médias de NTFC por planta, seguindo o que recomenda a literatura (40 frutos por árvore), no ensaio 1, híbridos com BLUP muito baixos e, no ensaio 2, até mesmo híbridos com BLUP negativos, seriam selecionados.

Em ambos os ensaios foi maior o número de cultivares (10 para o ensaio 1 e 12 para o ensaio 2) com valores genotípicos (BLUP) negativos do que com valores positivos.

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentadas as plantas selecionadas a partir valores genotípicos (BLUP individuais) obtidos nas análises dos dois ensaios isoladamente e nível de probabilidade 99,9% (P -valor $<0,001$). Verifica-se que foram selecionados 67(4,31%) indivíduos no ensaio 1 e 80 (5,69%) indivíduos no ensaio 2.

Tabela 7 – Relação dos indivíduos selecionados a partir dos valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, para os indivíduos/híbrido e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}) nos três anos, no ensaio 1 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Nº	BLOCO	HÍBRIDO	PLANTA	(\bar{X})	\hat{g}
1	5	1	1	75	32,141
2	5	2	6	72	29,992
3	7	2	10	93	44,284
4	4	3	2	74	31,395
5	6	3	9	87	34,398
6	4	4	8	70	31,901
7	7	4	5	124	66,688
8	7	4	1	79	31,781
9	7	5	9	84	32,119
10	7	6	10	123	65,534
11	7	6	12	83	34,039
12	7	6	8	83	33,514
13	5	7	7	78	29,558
14	6	7	1	96	41,890
15	6	7	3	85	32,966
16	7	7	6	95	38,024
17	1	8	10	103	42,226
18	4	8	4	100	41,649
19	7	8	9	160	78,444
20	7	8	12	96	28,576
21	1	9	10	75	27,834
22	2	9	5	105	55,028
23	2	9	11	72	29,306
24	6	9	12	125	59,819
25	4	10	9	79	29,968
26	5	10	10	83	29,859
27	6	10	11	83	27,841
28	4	11	7	73	28,555
29	5	11	6	74	28,046
30	6	11	4	82	32,857
31	6	11	7	78	29,707
32	5	12	12	90	30,075
33	3	13	6	91	34,020
34	3	13	1	87	30,870
35	4	13	12	91	35,380
36	5	13	1	107	40,630
37	5	13	6	101	35,906

					Continuação
38	6	13	2	105	39,758
39	7	13	6	133	60,342
40	1	14	8	81	32,520
41	3	14	3	108	54,195
42	3	14	1	75	27,949
43	5	14	11	82	28,607
44	1	15	11	117	51,020
45	1	15	10	91	30,548
46	5	15	3	101	40,757
47	5	15	2	101	40,495
48	5	15	10	95	36,033
49	1	16	1	137	59,764
50	1	16	11	102	31,943
51	2	16	4	122	53,142
52	6	16	5	112	38,242
53	7	16	6	143	58,415
54	7	16	9	118	38,730
55	7	16	1	114	35,056
56	1	17	1	93	30,720
57	2	17	12	89	30,747
58	2	17	9	85	27,598
59	3	17	2	97	35,375
60	5	17	1	97	31,903
61	6	17	12	94	27,714
62	7	17	1	109	36,886
63	7	18	8	111	57,242
64	7	18	6	106	53,568
65	2	19	3	79	38,045
66	3	19	7	80	33,643
67	6	19	9	81	31,347
Média	-	-	-	96	38,494

Tabela 8 – Relação dos indivíduos selecionados a partir dos valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, para os indivíduos/híbrido e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}) nos três anos, no ensaio 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Nº	BLOCO	HÍBRIDO	PLANTA	(\bar{X})	\hat{g}
1	4	1	10	77	28,873
2	5	1	6	105	46,198
3	5	1	10	92	35,475
4	3	2	12	70	28,813
5	4	2	6	83	42,235
6	1	3	11	66	32,311
7	3	3	9	85	37,291
8	5	3	4	73	29,982
9	4	4	12	89	38,749
10	4	4	4	83	34,350
11	6	4	4	105	49,038
12	2	5	9	64	27,450
13	6	6	8	140	75,621
14	6	6	1	88	32,730
15	3	7	3	105	45,515
16	3	7	2	91	33,692
17	4	7	8	87	35,238
18	4	7	12	86	34,688
19	3	8	9	81	30,221
20	6	8	6	109	51,502
21	7	8	1	92	40,392
22	2	9	9	91	35,211
23	2	9	10	83	28,612
24	3	9	6	78	26,640
25	6	9	10	118	56,392
26	7	9	4	97	41,183
27	7	9	7	91	36,234
28	3	10	11	142	75,748
29	3	10	1	86	29,283
30	4	10	6	117	57,191
31	5	10	6	80	27,198
32	6	10	8	103	44,542
33	6	10	10	93	36,019
34	4	11	10	108	35,124
35	5	11	6	149	61,399
36	5	11	1	138	52,051
37	5	11	2	118	36,104

						Continuação
38	5	11	4	113	31,430	
39	6	11	5	189	88,684	
40	6	11	10	136	44,419	
41	6	11	9	127	36,995	
42	6	11	4	125	35,620	
43	6	11	7	125	35,345	
44	6	11	2	116	28,197	
45	7	11	1	104	32,277	
46	7	11	6	102	30,902	
47	1	12	12	124	58,933	
48	1	12	1	90	31,164	
49	2	12	1	116	49,383	
50	2	12	2	90	27,937	
51	3	12	7	85	28,793	
52	4	12	5	114	43,512	
53	5	12	9	158	76,068	
54	5	12	2	118	43,075	
55	6	12	9	120	44,802	
56	6	12	3	101	29,130	
57	6	12	10	100	28,305	
58	2	13	6	109	52,731	
59	2	13	1	87	34,035	
60	7	13	3	99	44,815	
61	7	13	12	83	31,068	
62	3	14	3	74	29,267	
63	7	14	5	91	46,851	
64	1	15	4	99	44,170	
65	3	15	1	100	35,455	
66	3	15	12	90	27,206	
67	4	15	10	87	27,648	
68	5	15	1	113	43,227	
69	5	15	12	105	36,628	
70	6	15	2	107	37,271	
71	6	15	4	103	34,521	
72	7	15	9	99	36,270	
73	3	16	10	70	27,946	
74	3	16	5	69	27,396	
75	4	16	11	76	33,073	
76	4	16	9	70	28,124	
77	5	16	8	93	46,204	
78	6	16	12	71	27,154	
79	3	17	3	76	32,134	
80	6	17	7	73	28,339	
Média	-	-	-	100	39,072	

(■) Indivíduo não selecionado na análise conjunta dos ensaios.

Os critérios de seleção adotados foram os mesmos da abordagem feita por Farias e Resende (2001) no estudo com pupunheira (*Bactris gasipaes*), selecionando-se os indivíduos que apresentaram valores genotípicos (BLUP) positivos cuja probabilidade foi superior a 99,99%. Verificou-se neste estudo que para o critério de seleção simulando um programa de melhoramento em longo prazo a partir dos BLUP para o caráter NTFC por planta, foram discriminados como superiores 67 indivíduos no ensaio 1 e oitenta no ensaio 2.

Os dois grupos de indivíduos selecionados possuem representantes de 19 e 17 famílias de progênies, correspondendo ao número de híbridos nos ensaios 1 e 2, respectivamente. Para o critério de seleção considerando um programa em curto prazo 25 (ensaio 1) e 36 (ensaio 2) indivíduos foram selecionados e estes compõem 10 e 11 famílias de progênies, respectivamente. O número de indivíduos por família de progênies é variado (Tabela 9).

Os valores genotípicos individuais (Tabela 7 e Tabela 8) mostram que foi selecionado pelo menos um representante de cada híbrido, porém com variações chegando a até 12 indivíduos por híbrido. Os híbridos selecionados pelos valores genéticos são os que tiveram maior número de indivíduos selecionados e de maiores médias de produção de frutos. Isso denota que grande parte da eficiência produtiva de cada cultivar é explicada pelo desempenho desses indivíduos.

O híbrido 'SCA 6 x ICS 1' (híbrido 17 e 15 no ensaio 1 e ensaio 2, respectivamente) apresentou-se entre os primeiros do "ranking" considerando o número de indivíduos selecionados em ambos os ensaios, independente do critério de seleção (curto ou médio prazo) com base nos BLUP individuais.

Considerando o critério de longo prazo, no ensaio 1, o 'SCA 6 x ICS 1'(17) teve o mesmo número de indivíduos selecionados que os híbridos 'POUND 12 x SIC 831'(13) e 'SCA 6 x MOCORONGO 1' (16) liderando o "ranking" juntamente com estes. Enquanto que no ensaio 2, o referido híbrido foi suplantado pelos híbridos 'SCA 6 x SIC 801'(11) e 'SCA 12 x MOCORONGO 1'(12) situando-se na terceira posição do "ranking", neste ensaio.

Observa-se ainda, que dos sete híbridos selecionados dois com o clone MOCORONGO 1 como parental masculino tiveram desempenho de destaque, sendo um em cada ensaio.

Tabela 9 – Estratégia de seleção, número de famílias (híbridos) e número de indivíduos selecionados, média dos valores genotípicos (\bar{g}) preditos pelo procedimento BLUP, e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), nos três anos, por análise individualizada dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Ensaio	Estratégia de seleção	Nº de famílias selecionadas	Nº de indivíduos selecionados	\bar{g}	\bar{X}
1	Curto prazo ¹	10	25	49,419	115
	Médio prazo ²	19	67	38,494	96
	Média Geral	-	-	-7,25048E-07	40
2	Curto prazo ¹	11	36	46,204	119
	Médio Prazo ²	17	80	39,072	100
	Média Geral	-	-	5,3267E-07	41

¹ População para produção de sementes e/ou propagação clonal.

² População de melhoramento.

3.2. ANÁLISE CONJUNTA DOS ENSAIOS

Os resultados da análise conjunta dos dois ensaios são apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12. Os procedimentos aplicados nas referidas análises foram os mesmos das análises individualizadas com a determinação dos parâmetros para a seleção genotípica dos híbridos nos respectivos ensaios, conforme indicação de (RESENDE, 2002).

Na Tabela 10 encontram-se apresentadas as estimativas das variâncias e das herdabilidades obtidas pela análise conjunta dos ensaios. Os valores das variâncias devido aos efeitos de híbridos (σ_g^2) e dentro de híbridos (σ_δ^2) foram

82,73 e 315,93, respectivamente. Todos os valores foram altamente significativos pelo Teste de Wald.

Tabela 10 - Estimativas dos componentes de variância devidos aos efeitos de híbridos ($\hat{\sigma}_g^2$), parcelas (híbrido x bloco) ($\hat{\sigma}_e^2$), planta dentro de parcela ($\hat{\sigma}_\delta^2$) e de ambiente temporário ($\hat{\sigma}_\gamma^2$) e herdabilidades para a variável NTFC por planta, com respectivos valores dos testes de hipóteses de Wald, obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição não viciada (REML/BLUP), por análise conjunta, nos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Componente	Ensaio 1 e 2		
	Valor	Z-valor	P-valor(*)
$\hat{\sigma}_g^2$	82,73	3,77	<,0001
$\hat{\sigma}_e^2$	18,07	3,49	0,0002
$\hat{\sigma}_\delta^2$	315,93	29,35	<0,0001
$\hat{\sigma}_\gamma^2$	230,45	54,39	<0,0001
h_g^2	0,20	-	-
h_δ^2	0,19	-	-

(*) Todos os componentes foram altamente significativo

As estimativas das herdabilidades para seleção de híbridos (h_g^2) e para seleção de indivíduos (h_δ^2) pela análise conjunta dos ensaios foram 0,20 e 0,19, respectivamente. O valor da h_g^2 não diferiu muito daqueles obtidos nas análises individualizadas (0,21 e 0,20 para os ensaios 1 e 2, respectivamente), sendo o mesmo igual ao encontrado para o ensaio 1. A h_δ^2 apresentou maior magnitude que os valores encontrados nos dois ensaios isoladamente (0,13 e 0,14 para os ensaios 1 e 2, respectivamente).

Há de se mencionar que embora tais valores para as herdabilidades não sejam tão discrepantes, assim como também não são as estimativas das variâncias, houve um aumento na significância para as mesmas. Com isso tem-se o aumento da precisão experimental, com maior magnitude para a h^2_{δ} , discriminando melhor os indivíduos. A mesma abordagem feita para as análises individualizadas são cabíveis para a análise conjunta.

Os valores genotípicos (BLUP) dos híbridos, resultantes da análise conjunta, encontram-se apresentados na Tabela 11, a partir dos quais pode-se selecionar os de melhor desempenho com a ordenação da classificação no conjunto de híbridos formado pelos dois ensaios. Os híbridos selecionados em número de sete, são os mesmos híbridos das seleções independentes, sendo: 'SCA 6 x SIC 801'(2); 'SCA 6 x MOCORONGO 1'(1); 'SCA 12 x MOCORONGO 1'(2); 'SCA 6 x ICS 1 (Test 1)(1 e 2)'; 'POUND 12 x SIC 831'(1); 'SCA 6 x BE 10' (1) e 'POUND 7 x SIAL 505' (1).

Verifica-se que a classificação dos híbridos, pelos BLUP, no conjunto formado pelos dois ensaios foi a mesma observada nos ensaios pelas análises individualizadas. Porém, o híbrido 'SCA 6 x ICS1'(Test 1) (1/17 e 2/15), comum aos dois ensaios, passou a ocupar a posição intermediária entre os híbridos superiores, uma vez que os outros dois híbridos selecionados no ensaio 2 ocuparam a primeira e a terceira posição. O híbrido 'IMC 67 X BE 9' (Test. 3)(1/19 e 2/17) ficou posicionado entre os dez piores e o híbrido 'IMC 67 x CATONGO (Test. 2) (1/18 e 2/16) manteve-se na posição intermediária entre os não selecionados.

Tabela 11 – Médias do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{x}), Valores genotípicos ($\hat{g} = a+d$) preditos pelo procedimento BLUP e respectivos erros padrões para os híbridos a partir dos dados de número de frutos colhidos (NTFC) por planta tomados em três anos, nos ensaios 1 e 2 (Análise conjunta) de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Ordem	HÍBRIDO	TRAT (\bar{x})	Erro Padrão	$\hat{g}^{(a)}$	Erro Padrão	$\hat{g}^{(b)}$	Erro Padrão
1	SCA 6 x SIC 801*(2)	20	37,0887	22,6583	3,5113	23,5233	3,2089
2	SCA 6 x MOCORONGO 1*(1)	1	36,3125	19,6933	3,1852	19,4767	3,1630
3	SCA 12 x MOCORONGO 1*(2)	21	33,6764	15,2907	3,5113	16,1428	3,2089
4	SCA 6 x ICS 1 (Test 1)*(1)	2	33,4023	14,6205	3,1990	14,3906**	2,4224**
5	SCA 6 x ICS 1 (Test 1)*(2)	22	30,9437	12,3196	3,5118	14,3906**	2,4224**
6	POUND 12 x SIC 831*(1)	3	29,3970	9,8468	3,1921	9,7231	3,1701
7	SCA 6 x BE 10*(1)	4	30,1331	9,5802	3,1990	9,4561	3,1773
8	POUND 7 x SIAL 505*(1)	5	27,7419	7,4040	3,2074	7,2853	3,1861
9	POUND 7 x SIC 864(1)	6	22,9401	4,3193	3,3195	4,2355	3,3132
10	POUND 12 x SIC 329(2)	23	26,2751	3,2067	3,5176	4,0281	3,2158
11	POUND12 x SIAL 505(2)	24	28,0041	2,5137	3,5308	3,3304	3,2304
12	POUND 7 x MA 15(1)	7	23,6296	1,5031	3,1852	1,4506	3,1630
13	PA 121 x SIC 329(2)	8	23,4458	0,5246	3,2145	0,6621	3,2304
14	MA 13 x MOCORONGO 1(2)	9	27,0195	0,2845	3,1852	0,5537	3,2089
15	POUND 12 x BE 10(1)	25	23,5869	-0,1572	3,5308	0,4946	3,1933
16	POUND 7 x CA 4(2)	26	24,7386	-0,2711	3,5113	0,4223	3,2233
17	POUND 7 x SIC 644(1)	27	23,7571	-0,3907	3,5244	0,2430	3,1630
18	PA 150 x MA 11(2)	28	28,1003	-1,5458	3,5113	-0,7232	3,2089
19	MOCORONGO 1x CA 6(2)	29	23,3063	-2,0705	3,5467	-1,2807	3,2476
20	PA 121 x CEPEC 16(1)	10	24,3016	-2,8322	3,1920	-2,8436	3,1701

											Continuação
21	IMC 67 x CATONGO (Test 3) (1)	11	37	19,1914	-3,4535	3,2064	-3,4777	3,1849			
22	IMC 67 x SIC 813(2)	12	36	20,1763	-4,1517	3,1852	-3,6496	3,2158			
23	POUND 7 x BE 10(1)	30	37	19,6843	-4,4692	3,5176	-4,1531	3,1630			
24	MA 15 x MOCORONGO 1(2)	31	37	20,5280	-4,9971	3,5176	-4,1819	3,2158			
25	PA 150 x BE 7(1)	13	34	24,4254	-5,7126	3,1852	-5,7000	3,2158			
26	PA 150 x SIC 864(1)	14	33	24,0817	-5,7392	3,3467	-5,7019	3,1630			
27	IMC 67 x CATONGO (Test 3)(2)	32	35	17,5542	-6,1225	3,5176	-5,3084	3,3410			
28	IMC 67 x BE 9 (Test 2) (1)	15	33	22,7903	-7,1999	3,1852	-7,1739	3,1630			
29	IMC 67 x BE 8(2)	33	33	19,3337	-8,3853	3,5113	-7,5746	3,2089			
30	PA 150 x BE 10(2)	16	31	19,9720	-8,8077	3,1920	-8,4632	3,2158			
31	RB 45 x IMC 67(2)	34	32	20,7682	-8,8781	3,5176	-8,6254	3,2233			
32	IMC 67 x MOCORONGO 1(1)	35	32	19,1659	-9,2675	3,5244	-8,7699	3,2089			
33	IMC 67 x BE 9 (Test 2)(2)	17	30	24,6850	-9,3426	3,1852	-8,0643	3,1701			
34	PA 150 x SIC 328(1)	36	32	15,8873	-9,4342	3,5113	-9,2972	3,1630			
35	IMC 67 x CA 4 (1)	18	29	19,0346	-10,2592	3,1852	-10,2056	3,1630			
36	PA 150 x SIC 17(1)	19	29	24,9999	-10,2777	3,1852	-10,2239	3,1630			
Média											
		-	-	-	-5,5555	-	-2,3720	-			

(a)Valores BLUP análise individualizada; (b) Valores BULP análise conjunta; ():Ensaio; * Híbridos selecionados e **Valor confundido nos dois ensaios; (■) Híbridos com BLUP positivos pela análise conjunta dos ensaios.

Fazendo a mesma comparação na ordenação dos híbridos via BLUP e pelas médias de NTFC por planta para a análise conjunta dos ensaios verifica-se que há correspondência entre os posicionamentos de cada híbrido. Da mesma forma há de se ressaltar que no BLUP ocorre o “shrinkage”, ou seja, os dados são espremidos na Média (0) havendo assim melhor discriminação genética, a qual pela análise conjunta foi ainda mais precisa (Tabela 11).

Com relação aos valores genéticos negativos, pela análise conjunta houve a discriminação de três híbridos a menos que a soma dos híbridos discriminados em cada ensaio, pelas análises individualizadas. Dos três híbridos que assumiram valores genéticos positivos dois são do ensaio 1 (Linhas sombreadas na Tabela 11).

De igual modo os valores dos erros padrões dos BLUP foram inferiores que os erros das médias e houve também uma menor magnitude em relação aos erros padrões obtidos nas análises individualizadas. Com isto maior a precisão na discriminação dos genótipos pela análise conjunta, sem, contudo ter variado o número de híbridos selecionados.

Na Tabela 12 são apresentados as plantas selecionados a partir valores genotípicos (BLUP individuais) obtidos por análise conjunta dos dois ensaios e nível de probabilidade 99,9% ($P\text{-valor} < 0,001$). Verifica-se que foram selecionados 158 (5,34%) indivíduos. Portanto 11 a mais que a soma dos indivíduos selecionados nos dois ensaios pelas análises individualizadas.

Utilizando a mesma abordagem e critérios de seleção que foi utilizada para as análises individualizadas verificou-se que para o critério de seleção simulando um programa de melhoramento em médio prazo a partir dos valores genotípicos (BLUP) para o caráter NTFC por planta, foram discriminados como superiores pela análise conjunta dos ensaios 158 indivíduos com representantes das 36 híbridos que compõem os dois ensaios.

Tabela 12 – Relação dos indivíduos selecionados a partir dos valores genotípicos ($\hat{g} = \hat{a} + \hat{d}$) preditos pelo procedimento BLUP, para os indivíduos dentro de híbrido e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}) nos três anos, por análise conjunta dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Nº	BLOCO	HÍBRIDO	PLANTA	\bar{X}	\hat{g}
1	5 (1/5)	1 (1)	1	75	32,575
2	5 (1/5)	2 (2)	6	72	30,689
3	7 (1/7)	2 (2)	10	93	45,436
4	4 (1/4)	3 (3)	2	74	31,867
5	6 (1/6)	3 (3)	9	87	34,453
6	7 (1/7)	4 (4)	1	79	32,063
7	7 (1/7)	4 (4)	5	124	67,726
8	4 (1/4)	4 (4)	8	70	32,434
9	7 (1/7)	5 (5)	6	72	26,549
10	7 (1/7)	5 (5)	9	84	32,448
11	7 (1/7)	6 (6)	8	83	33,803
12	7 (1/7)	6 (6)	10	123	66,516
13	7 (1/7)	6 (6)	12	83	34,340
14	6 (1/6)	7 (7)	1	96	42,650
15	6 (1/6)	7 (7)	3	85	33,533
16	7 (1/7)	7 (7)	6	95	38,482
17	5 (1/5)	7 (7)	7	78	30,228
18	6 (1/6)	7 (7)	11	77	27,366
19	4 (1/4)	8 (8)	4	100	42,493
20	7 (1/7)	8 (8)	9	160	79,233
21	1 (1/1)	8 (8)	10	103	42,627
22	7 (1/7)	8 (8)	12	96	28,287
23	2 (1/2)	9 (9)	5	105	56,020
24	5 (1/5)	9 (9)	5	78	27,190
25	1 (1/1)	9 (9)	10	75	28,339
26	2 (1/2)	9 (9)	11	72	29,742
27	6 (1/6)	9 (9)	12	125	60,502
28	7 (1/7)	10 (10)	1	84	26,704
29	4 (1/4)	10 (10)	9	79	30,514
30	5 (1/5)	10 (10)	10	83	30,449
31	7 (1/7)	10 (10)	11	84	26,704
32	6 (1/6)	10 (10)	11	83	28,234
33	6 (1/6)	11 (11)	4	82	33,632
34	5 (1/5)	11 (11)	6	74	28,695
35	6 (1/6)	11 (11)	7	78	30,414
36	4 (1/4)	11 (11)	7	73	28,848

						Continuação	
37	1	(1/1)	12	(12)	2	75	26,466
38	5	(1/5)	12	(12)	9	86	27,054
39	5	(1/5)	12	(12)	12	90	30,003
40	5	(1/5)	13	(13)	1	107	41,086
41	3	(1/3)	13	(13)	1	87	31,236
42	6	(1/6)	13	(13)	2	105	40,763
43	7	(1/7)	13	(13)	6	133	61,811
44	5	(1/5)	13	(13)	6	101	36,260
45	3	(1/3)	13	(13)	6	91	34,454
46	5	(1/5)	13	(13)	11	89	26,607
47	4	(1/4)	13	(13)	12	91	36,642
48	3	(1/3)	14	(14)	1	75	28,089
49	3	(1/3)	14	(14)	3	108	54,903
50	7	(1/7)	14	(14)	6	79	27,853
51	1	(1/1)	14	(14)	6	74	27,791
52	1	(1/1)	14	(14)	8	81	33,154
53	5	(1/5)	14	(14)	11	82	28,851
54	5	(1/5)	15	(15)	2	101	41,979
55	5	(1/5)	15	(15)	3	101	42,247
56	3	(1/3)	15	(15)	8	80	27,069
57	5	(1/5)	15	(15)	10	95	37,421
58	1	(1/1)	15	(15)	10	91	51,500
59	1	(1/1)	15	(15)	11	117	30,585
60	1	(1/1)	16	(16)	1	137	60,693
61	7	(1/7)	16	(16)	1	114	35,513
62	2	(1/2)	16	(16)	4	122	54,187
63	6	(1/6)	16	(16)	5	112	39,481
64	7	(1/7)	16	(16)	6	143	59,378
65	7	(1/7)	16	(16)	9	118	39,267
66	1	(1/1)	16	(16)	11	102	32,271
67	7	(1/7)	17	(17)	1	109	37,726
68	5	(1/5)	17	(17)	1	97	32,987
69	1	(1/1)	17	(17)	1	93	31,384
70	6	(1/6)	17	(17)	1	92	26,988
71	3	(1/3)	17	(17)	2	97	36,044
72	2	(1/2)	17	(17)	9	85	27,941
73	2	(1/2)	17	(17)	10	84	27,137
74	6	(1/6)	17	(17)	12	94	28,597
75	2	(1/2)	17	(17)	12	89	31,159
76	7	(1/7)	18	(18)	6	106	54,991
77	7	(1/7)	18	(18)	8	111	58,745
78	3	(1/3)	18	(18)	10	61	27,609
79	2	(1/2)	19	(19)	3	79	38,724
80	3	(1/3)	19	(19)	7	80	33,540
81	6	(1/6)	19	(19)	9	81	32,180
82	12	(2/5)	20	(1)	6	105	45,666
83	12	(2/5)	20	(1)	10	92	35,209
84	11	(2/4)	20	(1)	10	77	28,289

						Continuação
85	11	(2/4)	21	(2)	6	83 40,983
86	10	(2/3)	21	(2)	12	70 28,240
87	12	(2/5)	22	(3)	4	73 29,112
88	10	(2/3)	22	(3)	9	85 37,008
89	8	(2/1)	22	(3)	11	66 31,811
90	13	(2/6)	23	(4)	4	105 48,090
91	11	(2/4)	23	(4)	4	83 33,856
92	11	(2/4)	23	(4)	12	89 38,147
93	9	(2/2)	24	(5)	9	64 26,940
94	13	(2/6)	25	(6)	1	88 32,167
95	13	(2/6)	25	(6)	8	140 73,997
96	10	(2/3)	26	(7)	2	91 33,727
97	10	(2/3)	26	(7)	3	105 45,257
98	11	(2/4)	26	(7)	8	87 34,486
99	11	(2/4)	26	(7)	12	86 33,949
100	14	(2/7)	27	(8)	1	92 39,822
101	13	(2/6)	27	(8)	6	109 50,143
102	10	(2/3)	27	(8)	9	81 29,717
103	14	(2/7)	28	(9)	4	97 40,653
104	14	(2/7)	28	(9)	7	91 35,827
105	9	(2/2)	28	(9)	9	91 35,034
106	13	(2/6)	28	(9)	10	118 54,808
107	9	(2/2)	28	(9)	10	83 28,598
108	10	(2/3)	29	(10)	1	86 29,134
109	11	(2/4)	29	(10)	6	117 56,033
110	12	(2/5)	29	(10)	6	80 26,333
111	13	(2/6)	29	(10)	8	103 43,338
112	13	(2/6)	29	(10)	10	93 35,026
113	10	(2/3)	29	(10)	11	142 74,450
114	12	(2/5)	30	(11)	1	138 51,399
115	14	(2/7)	30	(11)	1	104 31,715
116	12	(2/5)	30	(11)	2	118 35,847
117	13	(2/6)	30	(11)	2	116 28,796
118	13	(2/6)	30	(11)	4	125 36,036
119	12	(2/5)	30	(11)	4	113 31,288
120	13	(2/6)	30	(11)	5	189 87,787
121	12	(2/5)	30	(11)	6	149 60,515
122	14	(2/7)	30	(11)	6	102 30,375
123	13	(2/6)	30	(11)	7	125 35,768
124	13	(2/6)	30	(11)	9	127 37,377
125	13	(2/6)	30	(11)	10	136 44,616
126	11	(2/4)	30	(11)	10	108 34,157
127	9	(2/2)	31	(12)	1	116 48,365
128	8	(2/1)	31	(12)	1	90 30,869
129	12	(2/5)	31	(12)	2	118 42,450
130	9	(2/2)	31	(12)	2	90 27,450
131	13	(2/6)	31	(12)	3	101 28,663
132	11	(2/4)	31	(12)	5	114 42,713

							Continuação
133	10	(2/3)	31	(12)	7	85	27,079
134	12	(2/5)	31	(12)	9	158	74,626
135	13	(2/6)	31	(12)	9	120	43,947
136	13	(2/6)	31	(12)	10	100	27,859
137	8	(2/1)	31	(12)	12	124	57,951
138	9	(2/2)	32	(13)	1	87	33,969
139	14	(2/7)	32	(13)	3	99	44,318
140	9	(2/2)	32	(13)	6	109	52,203
141	14	(2/7)	32	(13)	12	83	30,911
142	10	(2/3)	33	(14)	3	74	28,604
143	14	(2/7)	33	(14)	5	91	45,645
144	12	(2/5)	34	(15)	1	113	41,787
145	10	(2/3)	34	(15)	1	100	34,085
146	13	(2/6)	34	(15)	2	107	35,867
147	13	(2/6)	34	(15)	4	103	33,186
148	8	(2/1)	34	(15)	4	99	42,407
149	14	(2/7)	34	(15)	9	99	35,004
150	12	(2/5)	34	(15)	12	105	35,352
151	10	(2/3)	35	(16)	5	69	26,913
152	12	(2/5)	35	(16)	8	93	44,987
153	11	(2/4)	35	(16)	9	70	27,628
154	10	(2/3)	35	(16)	10	70	27,449
155	11	(2/4)	35	(16)	11	76	32,455
156	13	(2/6)	35	(16)	12	71	26,398
157	10	(2/3)	36	(17)	3	76	31,399
158	13	(2/6)	36	(17)	7	73	27,339
Média	-		-		-	96	37,394

(_/_) Ensaio/Bloco); () Sequência do híbrido no ensaio; (■) Indivíduos selecionados em acréscimo pela análise conjunta.

Para o critério de seleção considerando um programa em curto prazo 61 indivíduos foram selecionados e estes compõem 21 famílias de progênies. O número de indivíduos por família de progênies em ambas as seleções, por análise conjunta também, é variado e as famílias correspondem às mesmas das análises individualizadas dos ensaios. Apenas o número de indivíduos selecionados simulando um programa de médio prazo foi maior (Tabela 13).

Observa-se também que o acréscimo foi apenas nos indivíduos selecionados no ensaio 1 em número de 14 (Linhas sombreadas na Tabela 12), enquanto que no ensaio 2 foram expurgados 3 indivíduos (Linhas sombreadas na Tabela 8) , dos quais 2 foram do híbrido 'SCA 6 x ICS 1' (Test. 1), os quais foram

substituídos por outros dois indivíduos do mesmo híbrido no ensaio 1 de melhor desempenho.

Quanto à distribuição das famílias é muito semelhante às distribuições dos dois ensaios analisados individualmente. Mesmo havendo acréscimo de 11 indivíduos selecionados, as famílias com maior número e menor número de representantes permaneceram as mesmas.

As demais inferências feitas para os resultados de seleção individual pelas análises individualizadas são pertinentes e aplicáveis aos resultados dessa seleção por análise conjunta dos ensaios.

Três dos sete híbridos selecionados no presente trabalho figuram entre os doze híbridos utilizados no estudo realizado por Almeida (1991). Naquele estudo, os referidos híbridos ('Pound 7 x SIAL 505'; 'SCA 6 x BE 10' e 'SCA 6 x ICS 1') apresentaram as maiores médias para todos os caracteres tomados por planta, destacando peso de sementes úmidas por planta (PSUF); peso de semente secas por planta (PSSP); Número de frutos colhidos por planta (NFCP=NTFC); número de frutos sadios por planta (NFSP) altura de fuste (ALTF). O comportamento das médias para os caracteres IF e IS apresentaram variação. Tais híbridos tiveram as médias de IS mais altas, porém o peso individual da semente seca foi superior a 1g, com exceção da semente do híbrido 'SCA 6 x BE10', que foi de 0,85g, conseqüência disso apresentou o maior IF superior a 25 frutos (30, 35).

Tais resultados indicam a possibilidade de que com uma simples aferição dos referidos índices pode-se ter o refinamento na seleção dos genótipos feita com base nos valores genotípicos para a variável NTFC, para cada família, com o aumento da eficácia da seleção e com a efetiva segurança na recomendação de novas cultivares para utilização clonal.

Considerando os híbridos selecionados *per se*, apenas dois ('SCA 6 x SIC 801' e 'POUND 12 x SIC 831') não fazem parte do elenco de híbridos que são produzidos nos CPSH da Ceplac e cujas sementes são distribuídas aos agricultores. Tais híbridos foram eliminados dos planos de cruzamentos, desde o início do programa por terem como um dos parentais descendentes de CATONGO.

Por outro lado, vários híbridos que são recomendados com base na avaliação de desempenho da produção e incidência de perda de frutos por

vassoura-de-bruxa (VB) em uma série temporal de nove anos em Medicilândia, PA e Ouro Preto d'Oeste, RO (FRANCISCO NETO et al., 1999b) e subseqüentes avaliações (Linhas sombreadas no ANEXO – 2), estão entre os materiais não selecionados sendo que alguns deles se situam entre aqueles do limiar dos BLUP negativos, como é caso do 'IMC 67 x MOCORONGO 1' (Ensaio 1) e 'PA 150 x BE 10' (Ensaio 2).

Dos híbridos que sobressaíram pela análise simultânea dos componentes de rendimento no estudo realizado por Carvalho (1999), em Rondônia, com a estimação de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade utilizando médias de parcelas, apenas um ('SCA 6 x ICS 1') figura entre os sete selecionados pela metodologia REML/BLUP aplicada no presente estudo. Os demais são todos de BLUP baixos e na maioria de valores negativos, o que faz com que seja refutada a utilização desses híbridos para composição de plantios comerciais.

Assim, fica evidenciado que as avaliações de híbridos de cacaueteiro com base em médias de parcelas, bem como sem o uso de método adequado de análise que isola os efeitos ambientais, mesmo em caso de dados desbalanceados, como é o caso do método REML/BLUP leva a resultados mascarados, os quais levam a se tirar conclusões inverídicas com respeito à seleção genética. Sem deixar de dizer que o uso de metodologia em que permite a avaliação de indivíduos possibilita a capitalização da seleção, que vai além da seleção do híbrido *per se*.

Ainda com relação aos híbridos *per se*, nota-se que cinco dos sete que foram selecionados têm como um dos parentais clones da série SCAVINA, sendo 4 de cruzamentos com SCA 6 e um com SCA 12. Há de se lembrar que tais materiais genéticos foram utilizados nos primeiros cruzamentos entre clones de cacaueteiro idealizados e realizados por F. J. POUND, em Trinidad e que visava introduzir a resistência à VB existente nesses clones silvestres Alto-Amazônicos (SCAVINAS e IMC 67) em clones de alta produção cultivados em Trinidad. Os produtos desses cruzamentos foram por ele plantados no início da década de 1940, porém morreu sem ver o resultado de seu trabalho que surpreendeu os pesquisadores com a descoberta casual do vigor híbrido em cacaueteiro, cujas progênies apresentavam não somente grande resistência a VB, como também

revelaram extraordinária precocidade e produtividade. Destacou-se entre os cruzamentos o ‘SCA 6 X ICS 1’. (ALVIM, 1972)

Os clones da série SCAVINA têm sido utilizados em diversos programas de melhoramento para obtenção de híbridos e também no desenvolvimento de seleções clonais, como as séries TSH e TSA de Trinidad, alguns clones da série EET do Equador e no Brasil alguns da série CEPEC, com descendência de TSA, os quais têm sido recomendados para a recomposição das lavouras afetadas por VB no sul da Bahia (PINTO & PIRES, 1998).

Tabela 13 – Estratégia de seleção, número de famílias e número de indivíduos selecionados, média dos valores genotípicos (\bar{g}) preditos pelo procedimento BLUP, e média do número de frutos colhidos (NTFC) por planta (\bar{X}), nos três anos, por análise conjunta dos ensaios 1 e 2 de competição de combinações híbridas da Estação Experimental “Paulo Dias Morelli”, Medicilândia, PA.

Estratégia de seleção	Nº de famílias selecionadas	Nº de indivíduos selecionados	\bar{g}	\bar{X}
Curto prazo ¹	21	61	47,107	118
Médio prazo ²	36	158	37,934	96
Média	-	-	-4,96454E-07	41

¹ População para produção de sementes e/ou propagação clonal.

² População de melhoramento.

O método de modelos mistos (REML/BLUP) mostrou-se adequado à estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos na aplicação no melhoramento do cacaueteiro a exemplo do obtido para o melhoramento do cafeeiro por Resende et al. (2001), os quais recomendaram o emprego rotineiro do método para aquela cultura. Em adição, com base no presente estudo a metodologia foi adequada também à aplicação nas análises conjunta de experimentos, pois permitiu a comparação dos híbridos dos dois ensaios de uma forma ordenada, além de ter ocorrido um sensível aumento na

nos níveis de precisão das probabilidades para as estimativas dos componentes da variância.

4. CONCLUSÕES

1. Pelas análises individualizadas foi possível realizar seleção de cultivares de forma que do ensaio 1, foram discriminados como superiores os híbridos 'SCA 6 x MOCORONGO 1'; 'SCA 6 x ICS 1'; 'POUND 12 x SIC 831'; 'SCA 6 x BE 10'; 'POUND 7 x SIAL 505' e, no ensaio 2 os híbridos 'SCA 6 x SIC 801'; 'SCA 12 x MOCORONGO 1'; 'SCA 6 x ICS 1'. Pela análise conjunta dos ensaios os híbridos selecionados foram os mesmos e foram ranqueados de maneira coerente.
2. Pelas análises individualizadas foi possível realizar seleção ao nível de plantas em ambos os ensaios, sendo que foram discriminados 67 (4,31%) e 80 (5,69%) indivíduos (melhoramento de médio prazo), no ensaio 1 e no ensaio 2, sendo que dentre os selecionados 25 e 36 indivíduos apresentaram produção média acima de 100 frutos, respectivamente, os quais foram selecionados para utilização clonal (melhoramento de curto prazo).
3. Pelos mesmos critérios, na análise conjunta dos ensaios foram discriminados 158 (5,33%) indivíduos e dentre eles selecionados 61 indivíduos para utilização clonal.
4. A quantidade de famílias representadas pelos indivíduos, tanto na seleção para curto prazo, como para médio prazo foram 21 e 36, respectivamente, em ambas as análises, conjunta ou individualizada. As quantidades famílias por ensaio também não variou com o tipo de análise.
5. Os resultados das avaliações para seleção dos híbridos *per se* indicam que a metodologia foi adequada para discriminar cada cultivar e que os cultivares que apresentam valores genéticos muito baixos ou negativos que fazem parte do plano de cruzamentos dos CPSH devem ser eliminados da mistura de híbridos fornecida aos agricultores.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental breeding. **Crop science**. v. , n. 4 p. 503-508, 1964.

ALMEIDA, C. M. C. V. **Correlações entre caracteres no estágio adulto e possibilidades de seleção precoce em híbridos de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 1991. 194p. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP, Piracicaba, 1991.

ALMEIDA, C. M. V. C. de; VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D.; BARTLEY, B. G. D. Path analysis of yield components of cacao hybrids (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetic**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 2, p. 181-186, 1994.

ATANDA, O. A. Heterotic pod production of double over single crosses in *Theobroma cacao* L.. In: International Cocoa Research Conference, 4th, **Proceedings**. Government of Trinidad and Tobago, Port-of-Spain, p. 82-89, 1972b.

BAEZ, O. L. Herencia de ciertos caracteres de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.). Turrialba: Universidade da Costa Rica, 1984. 93p. Dissertação (Mestrado em genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade da Costa Rica, 1984.

CARLETTO, G. M. A polinização controlada na flor do cacau. **Boletim Técnico do Instituto de Cacau**. n. 6, p. 5-30, 1946a.

CARLETTO, G. A.; MONTEIRO, W. R.; BARTLEY, B. G. D. Critérios para seleção de híbridos com cacauzeiros. **Revista Theobroma**, n. 13, v. 1, p. 315-320, 1983.

CARVALHO, C. G. P. **Repetibilidade e seleção de híbridos de cacauzeiro**. 1999. 177p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

CARVALHO, C. G. P.; ALMEIDA, C. M. V. C.; CRUZ, C. D.; MACHADO, P. F. R. Avaliação e seleção de híbridos de cacauzeiro em Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1043-1051, 2001.

CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D.; ALMEIDA, C. M. V. C.; MACHADO, P. F. R. Yield repeatability and evaluation period in hybrid cocoa Assessment. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. Viçosa, v. 2, n. 1, p. 149-156, 2002.

CHEESMAN, E. E.; POUND, F. J. Further notes on criterion of selection in cacao. In: **Annual Report on Cacao Research**. Trinidad: ICTA, 1934, n. 3, p. 21-24.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 394p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 2ª ed. (Revisada), 390p.

DIAS, L. A. S. Contribuições do melhoramento. In: DIAS, L.A.S. (editor) **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001a, p. 493-529

_____. Novos rumos no melhoramento. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001b, p. 531-578

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Combining-ability for cacao (*Theobroma cacao* L.) yield components under southern Bahia conditions. **Theoretical Applied Genetics**, n. 90, p. 534-541, 1995.

DIAS, L. A. S.; KAGEYAMA, P. Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). **Brazilian Journal of Genetics**. n. 20, p. 63-70, 1997.

DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. de Estratégias e métodos de seleção. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001a, p. 217-287

_____. Experimentação no melhoramento. In: DIAS, L.A.S (editor). **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, MG: FUNAPE, UFG, 2001b, p. 439-492

DIAS, L. A. S.; RESENDE, M. D. V. de Estimation of genetic parameters and prediction of breeding values by mixed model in the cacao improvement. In: International Cocoa Research Conference, 13th, 2000, Kota Kinabalu. **Proceedings**. Kuala Lumpur : Cocoa Producers' Alliance, 2002. p. 189-194.

DIAS, L. A. S.; SOUZA, C. A. S. Aplicação do coeficiente de repetibilidade na seleção de cacaueiros em plantação comercial. **Revista Brasileira de Genética**. n. 16: 364, 1996. (Supplement).

DIAS, L. A. S.; BARRIGA, J. P.; KAGEYAMA, P. Y.; ALMEIDA, C. M. V. C. Variation and its distribution in wild populations from Brazilian Amazon. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4. p. 507-514, 2003.

DIAS, L. A. S.; SOUZA, C. A. S.; AUGUSTO, S. G.; SIQUEIRA, P. R.; MÜLLER, M. W. Performance and temporal stability analyses of cacao cultivars in Linhares, Brazil. **Plantations, Recherche, Développement**. n. 5, p. 343-355, 1998

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e

predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 23 n. 2, p. 102-107, 2001.

FRANCISCO NETO, E.; MACEDO, B. E. B.; COSTA, F. C. M.; SANTOS, E. E.; SANTOS, J. A. Desenvolvimento e avaliação de cultivares de cacauero para a Amazônia brasileira. In: **Informe de Pesquisas – 1994-1996**, Belém, PA: Ceplac/Supor, 1998, p. 100-121.

FRANCISCO NETO, E.; ALMEIDA, L.C.; MACHADO, P.F.R. Incidência da podridão parda (*Phytophthora* spp) em híbridos de cacauero (*Theobroma cacao*) sob pressão natural de inóculo na região da Transamazônica. In: International Cocoa Research Conference, 12^a, 1996, Salvador. **Proceedings...** Lagos, Nigéria: Cocoa producer's Alliance, 1999a. p. 207-210.

FRANCISCO NETO, E.; ALMEIDA, L.C.; MACHADO, P.F.R. Desempenho de híbridos de cacauero (*Theobroma cacao* L) sob pressão natural de inóculo de *Crinipellis pernicioso* na Amazônia brasileira. In: International Cocoa Research Conference, 12^a, 1996, Salvador. **Proceedings...** Lagos, Nigéria: Cocoa producer's Alliance, 1999b. p. 210-213.

FRANCISCO NETO, E. **O Direito de proteção de cultivares no Brasil: implicações e aplicações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Direito), 2006, 78p. Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

GARCIA, J. J. da S.; MORAIS, F. I. de O.; ALMEIDA, L.C. de; DIAS, J. C. **Sistema de produção do cacauero na Amazônia brasileira**. Belém, PA: CEPLAC/DEPEA, 1985. 118p.

MACHADO, P. F. R.; BARTLEY, B. G. D.; MARIANO, A. H.; CARLETO, G. A.; EVANS, H. C.; BASTOS, C. N. **Criação e seleção de material genético para a Amazônia**. Belém, PA: Ceplac/Depea – Assistência Técnica de Pesquisa. 1977 5p. (Mimeografado).

MARIANO, A. H.; BARTLEY, B. G. D. Comportamento das seleções baianas na produção de híbridos de cacauero. In: Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, 7, **Actes**. J. de Lafforest and Transla-Inter, London, p. 527-533, 1981.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E. e VIÉGAS, G. P. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas, SP, Fundação Cargill, 2^a ed., v. I Revista e melhorada. p. 277-340, 1987.

MONTEIRO, W. R.; PIRES, J. L.; PINTO, L. R. M. Variedade Theobahia: histórico e características gerais. **Informação e Difusão**. Nova série (Ceplac, Brasil). n. 1, p. 1-2.

NEVES, A. D. S.; DIAS, A. C. C. P.; BARBOSA, R. C. M. **Levantamento detalhado dos solos da estação Experimental de Altamira, PA.** Itabuna: Ceplac, 1991. 27p. (Ceplac. Boletim Técnico, 84).

PEREIRA, A. B. Melhoramento clonal. In: DIAS, L.A.S. **Melhoramento genético do cacauero.** FUNAPE, UFG, Viçosa, MG, 2001. 578p.

PEREIRA, F. B. & RODRIGUES, J. S. **Possibilidades agroclimáticas do município de Altamira (Pará).** Belém: IPEAN, 1971. 46 p. (Boletim, 1)

PIKE, E.E. The vegetative propagation of cacao. II. Softwood cuttings. **Annual Report on Cacao Research** n.2, p.3-9, 1933.

PINTO, L. R. M. ; PIRES. J. L. **Seleção de Plantas de cacau resistentes à vassoura de bruxa.** Ilhéus, BA: Ceplac/Cepec, 1998. 34p. (Boletim Técnico Nº 181)

PURSEGLOVE, J.W. **Tropical Crops:** Dicotyledons 2. London, Longman, 1968, p.570-598.

RESENDE, M. D. V. de; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética quantitativa e estatística no melhoramento animal.** Curitiba: Imprensa Universitária- UFPR, 1999. 496p.

RESENDE, M. D. V. de; FURLANI-JÚNIOR, E.; MORAES, M. L. T. de; FAZUOLI, L. C. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia** , Campinas, v. 60, n. 3, 2001.

SCERNE, R. M. C. & SANTOS, M. M. **Aspectos agroclimatológicos do município de Medicilândia, PA.** Belém: Ceplac/Supor, 1994. 32p. (Ceplac/Supor. Boletim Técnico, 11)

SILVA, F. C. O. **Parâmetros genéticos e seleção em populações naturais de cacaueros (*Theobroma cacao* L.) da Amazônia brasileira.** Belém: UFPA/ Museu Paraense Emílio Goeldi, 1999, 100p. Tese (Mestrado).

WOOD, G. A. R. Manufactures need with respect to quality. **Cocoa Grower's Bulletin.** Birmingham, v. 28, p. 4-6, 1979.

WORLD COCOA FOUNDATION (WCF). Cocoa Information Center. Cocoa market: world supply and outlook. **Cocoa Production Statistics.** Disponível em: <http://www.worldcocoafoundation.org/info-center/outlook.asp> Acesso em 10 de junho 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a efetiva utilização das plantas selecionadas como cultivar clonal, quer seja, pelas análises individualizadas ou conjunta dos ensaios, deve ser considerado a necessidade de realização de estudo de compatibilidade, bem como deve-se proceder a estudo complementar utilizando o índice de fruto (IF) e o índice de semente (IS). Tais índices foram utilizados por Almeida et al. (1994) no estudo realizado por Análise de Trilha entre dez caracteres em híbridos de cacaueteiro, no qual se obtiveram valores médios de correlação com o número de frutos sadios por árvore, sendo que os coeficientes, para os mesmos, são de grandeza inversa.

Outro componente que deve ser considerado no estudo complementar é o fator de conversão de peso de sementes úmidas (PSU) em peso de amêndoas secas (PAS), o qual está sob controle genético (CARLETTO et al., 1983) e, que associado ao IF e IS podem aumentar a eficácia da seleção, uma vez que os genótipos superiores serão discriminados também pela eficiência na conversão de matéria seca.

Naturalmente que em todas as etapas complementares à confirmação da potencialidade produtiva das cultivares selecionadas deve-se incluir a avaliação quanto ao maior entrave na produção de cacau no Brasil que é a vassoura-de-bruxa, além dos componentes já mencionados. Convergindo assim, para o atendimento aos três critérios, elencados por Toxopeus (1985), para recomendação de um cultivar clonal ou híbrida de cacaueteiro para plantio, a saber: o agrônômico, o comercial e o local.

Análises para determinação da capacidade combinatória entre os diversos parentais dos híbridos objeto do presente estudo deverão ser realizadas com vistas à orientação no planejamento para a obtenção de “tricross”.

Concomitante às avaliações complementares será realizada a transformação dos dois ECCH em dois CPSVS, inicialmente obtendo o intercruzamento das plantas remanescentes após a eliminação daquelas cujos valores genotípicos foram negativos ou muito baixos. O “pool” de sementes obtido em cada CPSVS se constituirá uma Variedade Sintética que após cumprir os

trâmites de registro no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC serão disponibilizadas aos agricultores.

Serão realizadas as substituições de copas das plantas que serão eliminadas utilizando a enxertia em broto lateral basal com material das plantas elites selecionadas em cada ECCH. A recomposição será feita de forma a se ter um equilíbrio no número de plantas representantes dos indivíduos selecionados, maximizando assim o uso dos efeitos de ambiente permanente para todas as famílias, além dos efeitos aditivos e de dominância pertinentes.

A distribuição dos materiais genéticos na área será aleatória, porém serão devidamente identificados de modo que esse conjunto de plantas clonadas possa vir a se constituir um Campo de Avaliação de Clones – CAC e jardim clonal para obtenção de propágulos a serem fornecidos aos agricultores. Propiciando também a obtenção eqüitativa de sementes provenientes dos intercruzamentos de modo a garantir a formação de populações de melhoramento de longo prazo.

A metodologia utilizada no presente estudo será aplicada para análise dos dados de todos os ECCH instalados nas Estações Experimentais da Ceplac na Amazônia brasileira com estudo complementar de interação genótipo x ambiente para os ensaios com tratamentos comuns visando maior eficiência na identificação e seleção dos melhores materiais para os diversos pólos cacauzeiros da região.

A aplicação prática dos resultados obtidos no presente estudo proporcionará um avanço na utilização dos materiais genéticos que compõem os ECCH do programa de melhoramento genético de cacauzeiro na Amazônia brasileira, além de, mediante a realização das análises para os demais ensaios, obter a discriminação dos diversos híbridos e assim se ter a validação das recomendações dos híbridos selecionados *per se* e, indicar o expurgo dos não selecionados, os quais fazem parte do elenco de híbridos já recomendados pela Ceplac.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 8.13 Coeficiente de determinação (R²%) para Predição do Valor Real de Indivíduos em Função do Coeficiente de Repetibilidade (r) e do número de medições mensuradas (n)

n/r	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
1	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00
2	9,52	18,18	26,09	33,33	40,00	46,15	51,85	57,14	62,07	66,67	70,97	75,00	78,79	82,79	85,71	88,89	91,89	94,74	97,44
3	13,64	25,00	34,62	42,86	50,00	56,25	61,76	66,67	71,05	75,00	78,02	81,82	84,78	87,78	90,00	92,31	94,44	96,43	98,28
4	17,39	30,77	41,38	50,00	57,14	63,16	68,29	72,73	76,60	80,00	83,94	85,71	88,14	90,14	92,31	94,12	95,77	97,30	98,70
5	20,83	35,71	46,88	55,56	62,50	68,18	72,92	76,92	80,36	83,33	85,00	88,24	90,28	92,28	93,75	95,24	96,59	97,83	98,96
6	24,00	40,00	51,43	60,00	66,67	72,00	76,36	80,00	83,08	85,71	88,53	90,00	91,76	93,76	94,74	96,00	97,14	98,18	99,13
7	26,92	43,75	55,26	63,64	70,00	75,00	79,03	82,35	85,14	87,50	89,72	91,30	92,86	94,86	95,45	96,55	97,54	98,44	99,25
8	29,63	47,06	58,54	66,67	72,73	77,42	81,16	84,21	86,75	88,89	90,00	92,31	93,69	94,92	96,00	96,97	97,84	98,63	99,35
9	32,14	50,00	61,36	69,23	75,00	79,41	82,89	85,71	88,04	90,00	91,67	93,10	94,35	95,45	96,43	97,30	98,08	98,78	99,42
10	34,48	52,63	63,83	71,43	76,92	81,08	84,34	86,96	89,11	90,91	92,44	93,75	94,89	95,89	96,77	97,56	98,27	98,90	99,48
11	36,67	55,00	66,00	73,33	78,57	82,50	85,56	88,00	90,00	91,67	93,08	94,29	95,33	96,25	97,06	97,78	98,42	99,00	99,52
12	38,71	57,14	67,92	75,00	80,00	83,72	86,60	88,89	90,76	92,31	93,62	94,74	95,71	96,55	97,30	97,96	98,55	99,08	99,56
13	40,62	59,09	69,64	76,47	81,25	84,78	87,50	89,66	91,41	92,86	94,08	95,12	96,02	96,81	97,50	98,11	98,66	99,15	99,60
14	42,42	60,87	71,19	77,78	82,35	85,71	88,29	90,32	91,97	93,33	94,48	95,45	96,30	97,03	97,67	98,25	98,76	99,21	99,63
15	44,12	62,50	72,58	78,95	83,33	86,54	88,98	90,91	92,47	93,75	94,83	95,74	96,53	97,22	97,83	98,36	98,84	99,26	99,65
16	45,71	64,00	73,85	80,00	84,21	87,27	89,60	91,43	92,90	94,12	95,14	96,00	96,74	97,39	97,96	98,46	98,91	99,31	99,67
17	47,22	65,38	75,00	80,95	85,00	87,93	90,15	91,89	93,29	94,44	95,41	96,23	96,93	97,54	98,08	98,55	98,97	99,35	99,69
18	48,65	66,67	76,06	81,82	85,71	88,52	90,65	92,31	93,64	94,74	95,65	96,43	97,10	97,67	98,18	98,63	99,03	99,39	99,71
19	50,00	67,86	77,03	82,61	86,36	89,06	91,10	92,68	93,96	95,00	95,87	96,61	97,24	97,79	98,28	98,70	99,08	99,42	99,72
20	51,28	68,97	77,92	83,33	86,96	89,55	91,50	93,02	94,24	95,24	96,07	96,77	97,38	97,90	98,36	98,77	99,13	99,45	99,73
21	52,50	70,00	78,75	84,00	87,50	90,00	91,88	93,33	94,50	95,45	96,25	96,92	97,50	98,00	98,44	98,82	99,17	99,47	99,74
22	53,66	70,97	79,52	84,62	88,00	90,41	92,22	93,62	94,74	95,65	96,41	97,06	97,61	98,09	98,51	98,88	99,20	99,50	99,75
23	54,76	71,88	80,23	85,19	88,46	90,79	92,53	93,88	94,95	95,83	96,56	97,18	97,71	98,17	98,57	98,92	99,24	99,52	99,76
24	55,81	72,73	80,90	85,71	88,89	91,14	92,82	94,12	95,15	96,00	96,70	97,30	97,81	98,25	98,63	98,97	99,27	99,54	99,78
25	56,82	73,53	81,52	86,21	89,29	91,46	93,09	94,34	95,34	96,15	96,83	97,40	97,89	98,31	98,68	99,01	99,30	99,56	99,79
26	57,78	74,29	82,11	86,67	89,66	91,76	93,33	94,55	95,51	96,30	96,95	97,50	97,97	98,38	98,73	99,05	99,33	99,57	99,80
27	58,70	75,00	82,65	87,10	90,00	92,05	93,56	94,74	95,67	96,43	97,06	97,59	98,04	98,44	98,78	99,08	99,35	99,59	99,81
28	59,57	75,68	83,17	87,50	90,32	92,31	93,78	94,92	95,82	96,55	97,16	97,67	98,11	98,49	98,82	99,12	99,37	99,60	99,81
29	60,42	76,32	83,65	87,88	90,63	92,55	93,98	95,08	95,96	96,67	97,26	97,75	98,18	98,54	98,86	99,15	99,40	99,62	99,82
30	61,22	76,92	84,11	88,24	90,91	92,78	94,17	95,24	96,09	96,77	97,35	97,83	98,24	98,59	98,90	99,17	99,42	99,63	99,82
31	62,00	77,50	84,55	88,57	91,18	93,00	94,35	95,38	96,21	96,88	97,43	97,89	98,29	98,64	98,94	99,20	99,43	99,64	99,83
32	62,75	78,05	84,96	88,89	91,43	93,90	94,51	95,52	96,32	96,97	97,51	97,96	98,35	98,68	98,97	99,22	99,45	99,65	99,84
33	63,46	78,57	85,34	89,19	91,67	93,40	94,57	95,65	96,43	97,06	97,58	98,02	98,39	98,72	99,00	99,25	99,47	99,66	99,84
34	64,15	79,07	85,71	89,47	91,89	93,58	94,82	95,77	96,53	97,14	97,65	98,08	98,44	98,76	99,03	99,27	99,48	99,67	99,85
35	64,81	79,55	86,07	89,74	92,11	93,75	94,96	95,89	96,63	97,22	97,72	98,13	98,48	98,79	99,06	99,29	99,50	99,68	99,85
40	67,80	81,63	87,59	90,91	93,02	94,49	95,56	96,39	97,04	97,56	98,00	98,36	98,67	98,94	99,17	99,38	99,56	99,72	99,87
45	70,31	83,33	88,82	91,84	93,75	95,07	96,04	96,79	97,36	97,83	98,21	98,54	98,82	99,06	99,26	99,45	99,61	99,75	99,88

Fonte: Cruz e Regazzi (1997)

ANEXO 2



PLANO PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES NO CPSH DA ESPAM – 2004					
Nº	MÃE	PAI	LOCAL	POLINIZAÇÃO	
				NAT.	ART.
01	IMC 67	MOCORONGO – 1	QUADRA - I (NORTE)	X	
02		MA 15	QUADRA - I (NORTE)	X	
03		BE 8	QUADRA - I (SUL)	X	
04		CA 6	QUADRA - I (SUL)	X	
05		CAB 17	QUADRA - I (N e S)		X
06	POUND 7	SIC 644	QUADRA - II (SUL)	X	
07		SIAL 505	QUADRA - II (SUL)	X	
08		BE 10	QUADRA - II (NORTE)	X	
09		CAB 17	QUADRA - II (NORTE)	X	
10		MA 15	QUADRA - II (SUL)		X
11		CAB 28	QUADRA - II (NORTE)		X
12	PA 121	MA 15	QUADRA - III (SUL)	X	
13		MOCORONGO 1	QUADRA - III (SUL)	X	
14		SIC 329	QUADRA - III (NORTE)	X	
15		CEPEC 16	QUADRA - III (NORTE)	X	
16		BE 10	QUADRA - III (N e S)		X
17	PA 150	SIC 17	QUADRA - IV (SUL)	X	
18		MA 15	QUADRA - IV (1/2 SUL)		X
19		P 7	QUADRA - IV (1/2 SUL)		X
20	SCA 6	ICS 1	QUADRA - B (SUL)	X	
21		BE 10	QUADRA - B (N e S)		X
22		CAB 17	QUADRA - B (NORTE)	X	
23		MOCORONGO 1	QUADRA - B (NORTE)	X	
24	MA 15	CAB 24	QUADRA - C (SUL)	X	
25		CAB 28	QUADRA - C (SUL)	X	
26		MOCORONGO 1	QUADRA - C (NORTE)	X	
27		SCA 6	QUADRA - C (N e S)		X
28	CA 6	SCA 6	QUADRA - A (1/3 SUL)		X
29		PA 150	QUADRA - A (1/3 SUL)		X
30		MA 15	QUADRA - A (1/3 SUL)		X

Obs: 1. Manter no mínimo 04 (quatro) polinizadores por quadra (I, II, III); 02 (dois) polinizadores na quadra IV e pelo menos 02 (dois) polinizadores por quadra (A, B e C);

2. Nas combinações de polinizações naturais serão efetuados reforços com polinizações artificiais, diariamente.

MARITUBA, PA, 19 DE MARÇO DE 2004.

Elpídio Francisco Neto
Engº Agrônomo – M. Sc.

ERJOH – Estação de Recursos Genéticos “José Haroldo” – E-mail: franeto@ufpa.br

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)