


UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

CARLOS ENRIQUE DANIEL LOPEZ PINTO

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a person, possibly a scholar or a worker, surrounded by a laurel wreath. Above the figure are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written along the top inner edge of the circle, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written along the bottom inner edge. There are two small dots on the left and right sides of the inner circle.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE  
GUARANAZEIRO PELOS MÉTODOS ANNICCHIARICO,  
REML/BLUP E LIN E BINNS

MANAUS-AM

2016

CARLOS ENRIQUE DANIEL LOPEZ PINTO

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE  
GUARANAZEIRO PELOS MÉTODOS ANNICCHIARICO,  
REML/BLUP E LIN E BINNS

ORIENTADOR: ANDRÉ LUIZ ATROCH

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

MANAUS- AM

2016

FICHA CATALOGRAFICA

L864a Lopez Pinto, Carlos Enrique Daniel  
Adaptabilidade e Estabilidade de Clones de Guaranazeiro pelos  
Métodos Annicchiarico, REML/BLUP e Lin e Binns / Carlos Enrique  
Daniel Lopez Pinto. 2016  
67 f.: il.; 31 cm.

Orientador: André Luiz Atroch  
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal  
do Amazonas.

1. Guaranazeiro. 2. adaptabilidade. 3. estabilidade. 4. interação  
genótipo x ambiente. 5. clone. I. Atroch, André Luiz II. Universidade  
Federal do Amazonas III. Título

CARLOS ENRIQUE DANIEL LOPEZ PINTO

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE  
GUARANAZEIRO PELOS MÉTODOS ANNICCHIARICO,  
REML/BLUP E LIN E BINNS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovado em 25 de Fevereiro de 2016

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. André Luiz Atroch  
Embrapa Amazônia Ocidental / PGATR



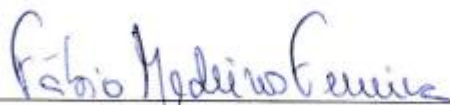
---

Dr. Firmino José do Nascimento Filho  
Embrapa Amazônia Ocidental




---

Dr. Inocêncio Junior de Oliveira  
Embrapa Amazônia Ocidental



---

Prof. Dr. Fabio Medeiros Ferreira  
Universidade Federal do Amazonas



---

Prof. Dr. Silfran Rogerio Marialva Alves  
Universidade Federal do Amazonas

# *Dedico*

Dedico esta tese a minha esposa e companheira da vida toda Princesa Milagros, e meu filho Rodrigo Daniel que é a luz da minha vida, aos quais serei grato para sempre, pelo apoio, dedicação e incentivo, onde muitas vezes se privaram de várias coisas para que eu pudesse dar continuidade aos estudos e principalmente ajudando a me levantar e mostrando-me o caminho nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, Gonzalo e Magali, que apesar de todas as dificuldades sempre fizeram o possível para que eu chegasse até aqui, pelo incentivo e motivação, pelos bons e ruins momentos vividos, pela educação que me ensinaram e por mais uma etapa concluída...

*Ofereço*

## AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar agradecer ao soberano e criador da vida o nosso Deus que me deu a vida, porque para Ele e por Ele são todas as coisas e todas as bênçãos derramadas sobre mim neste longo caminho.
- Ao Professor Dr. André Luiz Atroch, pela orientação desta tese, pelos ensinamentos, pela paciência e dedicação para concluir esta tese a quem tenho uma grande estima e o privilégio de poder chamar de amigo. Muito obrigado.
- Aos meus pais Gonzalo e Magali, e meus irmãos Gonzalo e Claudia, por ter confiado em mim e ajudado quanto precisei. Muito obrigado. Amo vocês.
- Ao meu filho Rodrigo que com seus seis anos cheio de vida e de graça, além de agradecer você quero te pedir perdão pelos momentos de ausência exigidos pela formação do doutorado. Te amarei por sempre meu filho querido.
- A minha esposa Milagros, pela dedicação, pela espera paciente nos momentos de ausência, por sua confiança em mim, pela capacidade de compreensão e por estar junto a mim. Esta vitória é nossa!!
- Um agradecimento especial ao meu amigo e companheiro Juan Daniel Villacis Fajardo, pelos conselhos, incentivo e motivação.
- Ao pastor João Saraiva e esposa Antônia Saraiva pela acolhida aqui no Brasil sou-lhe muito grato.
- Ao meu amigo e colega Jhon Paul Mathews Delgado pela amizade e momentos de lazer jogando bola.
- Ao meu amigo Lucas Lobo, pela ajuda na tradução do resumo.
- A banca pelas respectivas sugestões
- A CAPES pelo financiamento da bolsa de estudo no doutorado.

- A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRPA) Amazônia Ocidental pela logística e infraestrutura concedida.
- A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de pós graduação em Agronomia Tropical (PPGATR) pela oportunidade de concluir o doutorado.
- Aos Professores da pós-graduação pelos ensinamentos.
- Aos meus amigos de minha turma 2012, pelos gratos momentos compartilhados.
- A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente para a finalização deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos...**

## ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE GUARANAZEIRO PELOS MÉTODOS ANNICCHIARICO, REML/BLUP E LIN E BINNS

### RESUMO

O guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma planta nativa da Amazônia de grande potencial econômico e social para o Brasil. A espécie é plantada comercialmente nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Roraima, Bahia e Mato Grosso. Em razão da grande expansão da cultura, a pesquisa tem lançado novos clones, para obter alta produtividade e resistência a doenças. O desenvolvimento das plantas é afetado por vários fatores ambientais, como as condições edafoclimáticas, tratos culturais e a ocorrência de agentes patogênicos. Em um determinado ambiente o fenótipo é o resultado da ação do genótipo sob a influência do meio. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, a variação fenotípica é composta não apenas pela variância genotípica e ambiental. Neste caso surge os efeitos do ambiente (A), do genótipo (G) e da interação genótipos x ambientes (GxA), sendo o último efeito o que promove significativas diferenças no desempenho das cultivares quando estas são cultivadas em diferentes locais. O objetivo deste trabalho foi estimar a adaptabilidade e a estabilidade de 32 clones de guaranazeiros, por meio de três métodos estatísticos. Os experimentos foram delineados em blocos casualizados, com duas repetições, três plantas por parcelas e em espaçamento 5 m x 5 m. Durante o período de 1998 a 2010 os clones foram avaliados nos municípios de Iranduba, Maués e Manaus. A adaptabilidade e a estabilidade dos clones foram analisadas por meio de três métodos estatísticos em 13 anos de cultivo: Lin e Binns, REML/BLUP e Annicchiarico. Os três métodos classificam os clones da mesma maneira. O clone 871 possui boa estabilidade, ampla adaptabilidade e maior produtividade em todos os métodos utilizados sendo considerado um genótipo ideal. Nos ambientes favoráveis nas metodologias de REML/BLUP, ANNICCHIARICO e LIN e BINNS, o clone 871 apresentou boa estabilidade e adaptabilidade específica a esse tipo de ambiente, bem como aos ambientes desfavoráveis.

Palavras-chave: *Paullinia cupana* var. *sorbilis*; genética quantitativa; melhoramento genético; interação genótipo x ambiente, clone



## **ADAPTABILITY AND STABILITY OF CLONES OF A GUARANA'S TREE BY THE PROCESS ANNICCHIARICO, REML/BLUP AND LIN AND BINNS**

### **ABSTRACT**

Guarana (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis* (Mart.) Ducke) is an Amazon native plant of great economic and social potential for Brazil. The species is commercially cultivated in the states of Amazon, Acre, Pará, Rondônia, Roraima, Bahia and Mato Grosso. Due to the great expansion of culture, research has cast new clones, for high productivity and disease resistance. The development of plants is affected by many environmental factors such as soil and climatic conditions, cultural practices and the occurrence of pathogens. In a given environment the phenotype is the result of the genotype of action under the influence of the environment. However, when considering a number of environments, phenotypic variation is composed not only by genotype and environmental variance. Here comes the environmental effects (A), genotype (G) and genotype x environment interaction (GE), the latter effect which promotes significant differences in the performance of cultivars when they are grown in different locations. The objective of this study was to estimate the adaptability and stability of 32 clones of guarana, through three statistical methods. The experiments were designed in randomized blocks with two replications, three plants per plot and spacing 5 m x 5 m. During the period 1998-2010 the clones were evaluated in the municipalities of Iranduba, Maués and Manaus. Adaptability and stability of the clones were analyzed using three statistical methods in 13 years of farming: Lin and Binns, REML / BLUP and Annicchiarico. The three methods classify the clones in the same way. Clone 871 has good stability, wide adaptability and increased productivity in all methods being considered an ideal genotype. In favorable environments in the methodologies of REML / BLUP, ANNICCHIARICO and LIN and BINNS, clone 871 showed good stability and specific adaptability to this type of environment and unfavorable environments.

**Keywords:** *Paullinia cupana* var. *sorbilis*; quantitative genetics; genetical enhancement; genotype x environment interaction, clone

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Correlação entre os métodos LIN e BINNS (1988) e ANNICHARICO (1992) .....	54
Figura 2. Correlação entre os métodos LIN e BINNS (1988) e REML/BLUP.....	55
Figura 3. Correlação entre os métodos ANNICHARICO (1992) e REML/BLUP.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ranking da produção brasileira de guaraná em grãos – Área, Produtividade e Produção por Unidade Federativa, Regiões e Grandes - Safras 14/15.....	20
Tabela 2. Coordenadas geográficas dos locais onde foram conduzidos os experimentos, altitude, latitude, longitude. Embrapa Amazônia Ocidental, 2016.....	36
Tabela 3. Clones de guaranazeiro avaliados nos experimentos nos anos de 1998 a 2010.....	37
Tabela 4. Análise de variância conjunta para produção, nos experimentos de avaliação nos 13 anos de cultivo de 32 clones de guaranazeiro. Embrapa Amazônia Ocidental. 2016.....	41
Tabela 5. Médias dos treze anos de avaliação para a variável produção em g/planta/ano.....	42
Tabela 6. Médias dos clones para a variável produção em grama/planta/ano.....	43
Tabela 7. Índice ambiental de 13 anos utilizados nas avaliações do experimento.....	44
Tabela 8. Estimativa dos parâmetros de estabilidade obtidos pelo método de LIN e BINNS (1988) para produção (grama/planta/ano) de 32 clones de guaraná, avaliados em 13 anos.....	45
Tabela 9. Estimativas de produtividade, adaptabilidade e estabilidade de valores genéticos da produção de sementes (grama/planta) em clones de guaranazeiro pelo método REML/BLUP, avaliados em 13 anos.....	47
Tabela 10. Estimativa do índice de confiança de ANNICCHIARICO ( $I_i$ ) de 32 Clones de guaranazeiro, avaliados em 13 anos, na região Amazônica, para produção de sementes (g/planta/ano), em todos os ambientes, ambientes desfavoráveis e ambientes favoráveis.....	50

Tabela 11. Correlação de Spearman entre os três métodos utilizados no experimento.....	52
--	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1.- OBJETIVO GERAL.....	18
2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
3.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
3.1 Importância Socioeconômica.....	19
3.2.- Descrição Botânica.....	21
3.3.- Distribuição Geográfica.....	23
3.4.- Origem e Domesticação.....	23
3.5.- Variabilidade Genética .....	24
3.6.- Interação Genótipos x Ambientes.....	25
3.7 Adaptabilidade e Estabilidade fenotípica.....	27
3.8 Metodologia de Adaptabilidade e Estabilidade .....	31
3.8.1 Metodologia de LIN e BINNS (1988).....	31
3.8.2 - Metodologia de REML/BLUP (Resende, 2000).....	32
3.8.3.- Metodologia de ANNICCHIARICO (1992).....	34
4.- MATERIAL E MÉTODOS .....	36
4.1. Análise de variância dos dados de produção e comparação de médias .....	37
4.2. Análise de Adaptabilidade e Estabilidade.....	37
4.2.1. Metodologia de LIN e BINNS (1988).....	37
4.1.3. Metodologia de REML/BLUP .....	38
4.1.4.- Metodologia de ANNICCHIARICO (1992).....	39
5.- RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
5.1 Análise de variância e teste de médias para Produtividade. ....	40
5.2. Análise de Adaptabilidade e estabilidade pelo método de LIN e BINNS (1988) 44	

5.2.1 Índices ambientais .....	44
5.3. Análise de adaptabilidade e estabilidade pelo método REML/BLUP .....	47
5.4. Análise da adaptabilidade e estabilidade pelo método de ANNICCHIARICO (1992).....	50
5.5. Correlação entre as metodologias avaliadas .....	52
6. CONCLUSÕES .....	57
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	58



## 1. INTRODUÇÃO

O guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma planta nativa de grande potencial econômico, apresentando características importantes para Amazônia brasileira. Estas características são conhecidas pela composição química de suas sementes, que contêm os maiores teores de cafeína natural, além da presença de teobromina e teofilina, e de outros constituintes químicos (NASCIMENTO FILHO et al., 1990).

Atualmente, a maior parte da produção de guaraná do país é consumida no mercado interno, porém a quantidade exportada, principalmente em forma de extrato concentrado seco e em forma de pó, está aumentando anualmente. Estima-se que, da oferta nacional de sementes de guaraná, cerca de 70% seja absorvida pelos fabricantes de refrigerantes, enquanto os 30% restantes são comercializados em forma de xarope, bastão, pó e extrato para o consumo interno e para exportação (ATROCH, 2001, 2002).

O desenvolvimento das plantas é afetado por vários fatores ambientais como as condições edafoclimáticas, os tratos culturais e a ocorrência de agentes patogênicos.

Em um determinado ambiente o fenótipo é o resultado da ação do genótipo sob a influência do meio (CRUZ et al., 1997). Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, a variação fenotípica é composta não apenas pela variância genotípica e ambiental. Mas pelos componentes que vem a ser os efeitos do ambiente (A), do genótipo (G) e da interação genótipos x ambientes (GxA), sendo o último efeito o que promove significativas diferenças no desempenho das cultivares quando estas são cultivadas em diferentes locais tornando-se o principal complicador para a tomada de decisão pelos melhoristas de plantas.



A presença da interação genótipos x ambientes interfere nos programas de melhoramento das espécies cultivadas, pois em uma situação ideal as cultivares deveriam possuir adaptabilidade a vários ambientes e terem boa estabilidade, porém o fator interação faz com que, na maioria das vezes, as cultivares sejam indicadas a ambientes específicos, por possuírem maior adaptabilidade nessas condições ambientais (CAMPBELL e JONES, 2005).

O termo adaptabilidade refere-se à capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente de forma positiva ao estímulo ambiental, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos desempenharem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ e REGAZZI, 2001, MARIOTTI et al. 1976). MORAIS (1980) associa a definição de estabilidade como estabilidade do comportamento, que define uma característica varietal e não podendo ser confundida com estabilidade fenotípica, a qual refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem somente pequenas diferenças em seu comportamento geral, quando testados em ambientes diversos.

Alguns métodos têm sido propostos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva quando ocorre interação GxA. O método de LIN e BINNS (1988) é uma boa alternativa na avaliação da estabilidade, pois não apresenta limitações do uso por causa da análise da regressão e possibilita a identificação de uma ou mais cultivares com desempenho próximo do valor máximo de produtividade, nos vários ambientes testados. (CRUZ e REGAZZI, 2001, SCAPIM et al.,2000).

Outras alternativas são as análises de REML/BLUP, do inglês *restricted maximum likelihood* (máxima verossimilhança restrita ou residual), que estima os componentes de variância e o BLUP, do inglês *best linear unbiased predictor* (melhor preditor linear não viesado) . Este método baseia-se nas estimativas, de

quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico através dos ambientes, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos ao longo dos ambientes (Resende, 2002).

Já o método Annicchiarico (1992), baseia-se no chamado índice de confiança genotípico de um determinado cultivar para apresentar desempenho abaixo da média do ambiente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.- OBJETIVO GERAL**

Estimar a adaptabilidade e a estabilidade de 32 clones de guaranazeiro utilizando três métodos estatísticos e verificar se os mesmos apresentam resultados semelhantes ou divergentes entre si.

### **2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avalia a adaptabilidade e estabilidade de clones de guaranazeiro pelos métodos de LIN e BINNS, REML/BLUP e ANNICCHIARICO;
- Indicar clones de guaranazeiro com boa estabilidade e ampla adaptabilidade.

### **3.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **3.1 Importância Socioeconômica**

O Brasil é o único produtor de guaraná em termos comerciais do mundo. No Amazonas, a cultura de guaraná é cultivada por pequenos e grandes produtores.

A importância econômica e social da espécie (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke), na Amazônia Brasileira e no estado da Bahia se deu devido a suas importantes propriedades medicinais e estimulantes que são bastante utilizadas nas indústrias farmacêuticas (SMITH e ATROCH, 2007; TFOUNI et al., 2007).

O Brasil atende o mercado nacional (80% de produção) e internacional, e esta grande importância econômica fez com que na segunda metade do século 20 ocorresse uma expansão dos cultivos de guaranazeiro na região da Amazônia central com plantios comerciais nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Bahia e Mato Grosso (NASCIMENTO FILHO e ATROCH, 2002).

O guaraná na região norte tem muita importância econômica principalmente no Amazonas, já que é utilizada como fonte geradora de emprego e renda e constitui-se em um dos principais componentes nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, na fabricação de refrigerantes, xaropes, sucos, pó e bastões (SIMÃO et al., 1986).

O município de Maués até 1980 foi responsável pela produção (na época era de 1.000 toneladas) de quase 90% do guaraná no Brasil, sendo que hoje em dia a produção não atinge mais do que 20%. A produção de Maués caiu significativamente e não foi capaz de acompanhar o aumento da demanda para esse produto. A partir dos anos 80 outros estados como Mato Grosso e, principalmente, a Bahia começaram também a

plantar guaraná e colocaram o seu produto no mercado o que ocasionou a quebra do mercado de Maués que era o único produtor mundial (ATROCH, 2002).

A Tabela 1, descreve a produção brasileira de guaraná por regiões e safras no ano de 2014 e 2015, levando em conta a produção por toneladas de sementes e a participação do estado produtor em relação a produção Nacional.

Tabela 1 – Ranking da produção brasileira de guaraná em grãos – Área, Produtividade e Produção por Unidade Federativa, Regiões e Grandes - Safras 14/15

Tabela 1. Guaraná em Grãos - Área, Produtividade e Produção - Safras 2014 e 2015

Brasil/Região-UF	Área colhida (Hectares)		Var.% (b/a)	Produtividade (kg/hectare)		Var.% (d/c)	Produção (Toneladas)		Var.% (f/e)	Part.% na Produção 2014
	Safra 2014 (a)	Safra 2015 (b)		Safra 2014 (c)	Safra 2015 (d)		Safra 2014 (e)	Safra 2015 (f)		
Brasil	11.348	11.767	3,7	313	311	-0,7	3.554	3.660	3,0	100
Norte	4.246	4.942	16,4	151	176	16,9	641	872	36,0	100
Rondônia	131	1	-99,2	260	1.000	285,3	34	1	-97,1	23,8
Acre	6	4	-33,3	833	1.000	20,0	5	4	-20,0	0,1
Amazonas	4.087	4.912	20,2	153	174	14,0	624	855	37,0	23,4
Pará	22	25	13,6	545	520	-4,7	12	13	8,3	0,4
Nordeste	6.719	6.500	-3,3	401	400	-0,1	2.691	2.600	-3,4	71,0
Bahia	6.719	6.500	-3,3	401	400	-0,1	2.691	2.600	-3,4	71,0
Centro-Oeste	383	325	-15,1	580	578	-	222	188	-15,3	5,1
Mato Grosso	383	325	-15,1	580	578	-	222	188	-15,3	5,1

Fonte: IBGE. Elaboração Conab

nov/15

Entre 2014 e 2015, observa-se que a área colhida foi, em média, 11,4 mil hectares, já a produção apresentou média de 3,67 mil toneladas (tabela 1). A produtividade se manteve acima de 321 kg/ha; fatos que demonstram claramente que esse produto se mantém com a demanda ajustada.

BACCHI (1996) menciona que o guaraná, entre as características citadas anteriormente, também apresenta as seguintes propriedades: ação tônica cardiovascular, combate a cólicas, nevralgias, enxaquecas, ação diurética e febrífuga.

### 3.2.- Descrição Botânica

O guaraná, (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) pertencente à família Sapindaceae (CASTRO 1974) é um arbusto que pode medir de dois a três metros de altura quando cultivado em espaços abertos.

O guaraná também é considerado uma planta trepadeira lenhosa, que como a maior parte das espécies do gênero, pode trepar até 10 metros de altura pelas árvores da floresta.

O caule apresenta-se sem sulcos e com uma coloração castanho-amarelada, a traves de podas sistemáticas o caule pode se conservar ereto. Os galhos apresentam-se tetra ou penta sulcados, de coloração verde-amarelado que vai tomando a coloração verde-escuro com a idade.

As folhas são alternas compostas de cinco folíolos, dos quais quatro são opostas dois a dois, e o quinto na extremidade da folha.

A inflorescência tem a forma de cachos, com um tamanho variável, chegando a ultrapassar 0,30 m. a inflorescência é formada de flores masculinas e femininas, incompletamente unissexuais, sendo que as flores femininas apresentam os estames aparentemente normais e as anteras indeiscentes, enquanto as masculinas possuem ovário atrofiado, com óvulos, estiletos e estigmas poucos desenvolvidos, que caem de 3 a 5 dias após a antese. A inflorescência ocorre geralmente na axila das folhas ou na base de uma gavinha.

As flores da variedade *sorbilis* são ligeiramente menores, e são dispostas no eixo principal da inflorescência, organizadas em fascículos de três a sete, e são funcionalmente unissexuais. (SOUZA et al., 1996)

O fruto é uma cápsula reunida em cachos, quando maduro, tem coloração que vai desde amarelo-alaranjada, passando por vermelho-amarelada até vermelho-vivo e brilhante.

As sementes têm forma arredondada, mas essa característica pode variar conforme sejam oriundas de cápsulas obovadas ou oblatas, com uma, duas, três ou mais sementes (CORRÊA, 1989). O guaraná, (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) pertencente à família Sapindaceae (CASTRO 1974) é um arbusto que pode medir de dois a três metros de altura quando cultivado em espaços abertos.

O guaraná também é considerado uma planta trepadeira lenhosa, que como a maior parte das espécies do gênero, pode subir até 10 metros de altura pelas árvores da floresta.

O caule apresenta-se sem sulcos e com uma coloração castanho-amarelada, através de podas sistemáticas o caule pode se conservar ereto. Os ramos apresentam-se tetra ou penta sulcados, de coloração verde-amarelado que vai tomando a coloração verde-escuro com a idade.

As folhas são alternas compostas de cinco folíolos, dos quais quatro são opostas dois a dois, e o quinto na extremidade da folha.

A inflorescência tem a forma de cachos, com um tamanho variável, chegando a ultrapassar 30 cm. A inflorescência é formada de flores masculinas e femininas, incompletamente unissexuais, sendo que as flores femininas apresentam os estames aparentemente normais e as anteras indeiscentes, enquanto as masculinas possuem ovário atrofiado, com óvulos, estiletos e estigmas poucos desenvolvidos, que caem de 3 a 5 dias após a antese. A inflorescência ocorre geralmente na axila das folhas ou na base de uma gavinha.

As flores da variedade *sorbilis* são ligeiramente menores, e são dispostas no eixo principal da inflorescência, organizadas em fascículos de três a sete, e são funcionalmente unissexuais. (SOUZA et al., 1996)

O fruto é uma cápsula reunida em cachos, quando maduro, tem coloração que vai desde amarelo, amarelo-alaranjada, passando por vermelho-amarelada até vermelho-vivo e brilhante.

As sementes têm forma arredondada, mas essa característica pode variar conforme sejam oriundas de cápsulas obovadas ou oblatas, com uma, duas, três ou mais sementes (CORRÊA, 1989).

### **3.3.- Distribuição Geográfica**

O guaraná é uma planta genuinamente brasileira, e se distribui geograficamente com os países de fronteira como Colômbia e Venezuela, mas alguns autores afirmam que é predominantemente americano, estendendo-se desde o México e sul dos Estados Unidos até a Argentina. (LLERAS, 1984).

Segundo CASTRO e FERREIRA (1973) sua distribuição esta delimitada com os países de Venezuela, Colômbia, Bolívia, Peru e uma grande parte das Guianas.

### **3.4.- Origem e Domesticação**

Existe divergência quanto à origem e domesticação do guaranazeiro, mas podemos dizer que o guaranazeiro tem seu habitat na América do Sul, ao longo dos rios Orenoco, Amazonas, Negro, Madeira e Tapajós. Segundo PIRES (1949), o guaraná é encontrado na Amazônia brasileira sob a forma cultivada ou subespontânea, na imensa flora equatorial.



Segundo DUCKE (1937), a cultura do guaraná propagou-se das suas origens do alto Orenoco e alto Rio Negro venezuelano para o baixo Rio Negro, onde está estabelecida a sua maior área de cultivo: a região de Maués, no Amazonas, delimitada pelos rios Madeira, Maués e Paraná do Ramos. No entanto CAVALCANTE (1967) diz que o possível centro de origem do guaraná seria o município de Santarém, no Pará, por ter sido encontrado em estado provavelmente espontâneo em uma mata virgem da região.

Atualmente a cultura do guaraná encontra-se bastante expandida no Estado do Amazonas, sendo cultivado nos municípios de Parintins, Itacoatiara, Barreirinha, Boa Vista do Ramos, Presidente Figueiredo, Maués e Urucará, sendo o principal produtor o município de Maués (IBGE, 2015).

### **3.5.- Variabilidade Genética**

O guaraná é uma espécie alógama. O conhecimento do sistema reprodutivo da espécie é de fundamental importância para a escolha dos métodos de melhoramento mais apropriados, além de auxiliar entendimento sobre a variabilidade da espécie.

O guaraná apresenta ampla variabilidade fenotípica para todos os caracteres analisados até hoje, entretanto sua variabilidade genética é pequena e pode ser atribuída a sua recente domesticação bem como ao evento de poliploidização (ATROCH, 2009).

A variabilidade de vários caracteres vem sendo estudada em germoplasma cultivado tanto em áreas de produtores tradicionais como em áreas experimentais. A variabilidade de características qualitativas e quantitativas foi avaliada por CORRÊA (1989), tanto em progênies de polinização aberta quanto em clones, resultando numa proposta de lista mínima de descritores potenciais para a caracterização morfológica de

genótipo de guaranazeiro. Esta lista reúne observações morfo-anatômicas foliar (largura, comprimento, forma e tamanho do folíolo-3; densidades estomáticas e de pilosidade), carpológicas (comprimento do racemo, inserção do cacho no ramo, peso do cacho, número de frutos por cacho, forma do fruto, cor do fruto, superfície do pericarpo do fruto, peso da matéria fresca do fruto, proporções de cada componente do fruto, peso da matéria fresca e seca da casca, peso da matéria fresca e seca da semente) e química (teor de cafeína na semente seca) GARCIA et al. (1991).

No guaranazeiro existe variabilidade genética suficiente para vários caracteres nas populações, o que permite a seleção de indivíduos superiores com maior número de atributos desejáveis, para uso direto pelos produtores ou para uso nos programas de melhoramento genético (NASCIMENTO FILHO e ATROCH, 2002).

VALOIS et al. (1979), observando a inflorescência do guaranazeiro, observaram que o modo de reprodução da planta e a relação de flores femininas e masculinas em uma inflorescência podem ter sido os responsáveis pela baixa correlação entre tamanho de inflorescência, número de botões, número de frutos e número de sementes por fruto. Entretanto, os resultados indicaram grande diversidade genética, de modo que os caracteres: tamanho de inflorescência, número de botões e número de sementes poderão ter bom incremento com a seleção, em decorrência do valor de repetibilidade apresentado.

### **3.6.- Interação Genótipos x Ambientes**

A presença de fatores ambientais exerce maior influência sobre as características quantitativas do que em características qualitativas. Isto implica que nos programas de melhoramento genético de plantas, sejam realizados múltiplos testes de cultivares em

diferentes locais e anos a fim de avaliar o comportamento desses cultivares frente as diferenças entre e dentro dos ambientes, caracterizando-se num estudo de interação de genótipos com ambientes

A resposta diferenciada dos genótipos nos vários ambientes conhecidos como interação de genótipos por ambientes é um fenômeno natural que faz parte da evolução das espécies. (LAVORANTI, 2003)

VENCOVSKY e BARRIGA (1992) explicam que é importante conhecer a interação genótipo x ambiente seja do tipo genótipos x locais, genótipos x anos ou mesmo outras, pois esta orienta a adoção de estratégias e planejamentos do melhoramento na recomendação de cultivares, além de ser determinante na questão de adaptabilidade fenotípica das cultivares para uma região.

Segundo FOX et al. (1997) comentam o perfeito conhecimento da interação genótipos x ambientes é de extrema importância nos programas de melhoramento, pois graças a esses conhecimentos tornam-se possíveis a seleção de genótipos com adaptação ampla e específica, a escolha de locais de seleção e a determinação do número ideal de ambientes e de genótipos a serem avaliados durante a seleção.

A interação genótipos x ambientes (G x A) é de natureza genética, mas não no sentido usual e sim em decorrência de instabilidades das manifestações genotípicas entre ambientes. A interação de genótipos com ambientes é considerada também um fenômeno natural e que faz parte da evolução da espécie, estando associados a fatores fisiológicos e bioquímicos de cada cultivar (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992)

Diante disso, o comportamento dos genótipos em relação ao ambiente deve merecer especial atenção, devido a sua interferência nos processos de seleção. Por esta razão torna-se importante o conhecimento dessas interações especialmente na aplicação dos estudos de estabilidade fenotípica ou genotípica das espécies.

O principal objetivo de um programa de melhoramento é selecionar genótipos consistentes e com elevada produtividade, para os mais diversos ambientes (MATHESON e RAYMOND, 1986). Para que o melhoramento genético tenha êxito deve estar associado à capacidade de acerto na escolha dos melhores indivíduos que serão os genitores das próximas gerações, sendo um dos grandes desafios à união desta escolha com adequada recomendação de genótipos que são influenciados diretamente pelos diversos fatores do ambiente.

Para o melhorista de plantas é importante conhecer a magnitude da interação genótipo x ambiente, com a finalidade de escolher as estratégias de melhoramento que permitam diminuir o impacto desta interação (JENSEN, 1988). Na fase final de melhoramento genético, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais é possível identificar cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivas às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Para minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes na escolha de genótipos, existem pelo menos três opções possíveis: realizar o zoneamento ecológico, identificar genótipos específicos para cada ambiente e identificar genótipos com maior estabilidade (RAMALHO et al., 1993).

### **3.7 Adaptabilidade e Estabilidade fenotípica**

A adaptabilidade e estabilidade, muitas vezes são utilizadas com um mesmo objetivo, porém, embora sejam relacionadas, nem sempre são idênticas (ARIAS, 1996). Os termos estabilidade e adaptabilidade são frequentemente usados nos mais diferentes sentidos (BECKER e LEON, 1988b). A adaptabilidade do material genético é a

capacidade de o indivíduo sobreviver, crescer e se reproduzir nas condições ambientais do local de introdução e é ponto básico a ser considerado em estudos de melhoramento genético de plantas. A eficiência de adaptação das espécies depende de uma série de influências bióticas e de interações edafoclimáticas (LOPEZ e FORNÉS, 1997).

Análises de adaptabilidade vêm sendo usadas principalmente para características produtivas e mais recentemente para outras finalidades como para ecofisiologia dos componentes do rendimento (CAPRISTO et al., 2007) e para caracteres produtivos associados a marcadores moleculares (SPATARO e NEGRI, 2008). HANSON et al. (2007) salientam que dentre os elementos-chave para a dinâmica dos sistemas agrícolas do futuro estão a estabilidade e a adaptabilidade das culturas agrícolas.

A estabilidade por outro lado, é a capacidade de um genótipo exibir um desempenho o mais constante possível, em função de variações na qualidade ambiental. Assim, as respostas diferenciadas dos genótipos às diferentes condições do ambiente, reforçam a importância de estudos dessa natureza que aliados à necessidade de alta produtividade e à qualidade dos materiais genéticos nos vários ambientes, tornam-se umas das principais estratégias dos programas de melhoramento florestais (LAVORANTI, 2003).

Existem diversas metodologias para avaliação da estabilidade e, a utilização ou não de uma delas depende do objetivo do melhorista. A estabilidade pode ser classificada em quatro tipos (LIN et al., 1986 e LIN e BINNS, 1988).

- a) Tipo 1. O genótipo é considerado estável se sua variância entre os ambientes for pequena, este tipo foi denominado por BECKER (1981) como “estabilidade no sentido biológico” o que caracteriza um genótipo com desempenho constante com o aumento de produção (LIN et al., 1986; RAMALHO et al., 1993). Este tipo de estabilidade é útil para características cujos níveis tem de ser mantidos a

todo custo, tais como características de qualidade, resistência as doenças, ou estresse causado pelo frio. Entretanto a estabilidade no conceito biológico é usualmente associada com níveis relativamente baixos de produtividade (BECKER e LEON, 1988b).

- b) Tipo 2. O genótipo é considerado estável se sua resposta aos ambientes é paralela a resposta média de todos os genótipos. A estabilidade deste tipo também é denominada por BECKER (1981a) de “estabilidade no sentido agrônômico” e ocorre quando o material mostra interações mínimas com o ambiente, o que significa que o material acompanha o desempenho médio obtido nos ambientes. Este tipo de estabilidade tem sido a preferida, pois possibilita a identificação de cultivares estáveis e com potencial de manter-se entre os melhores em todos os ambientes (RAMALHO et al., 1993). Segundo LIN et al., (1986) relatam que este tipo é uma medida relativa e restrita aos materiais que foram avaliados, não podendo ser generalizada, significando que um cultivar estável em um determinado grupo de cultivares não necessariamente o será em presença de outros materiais.
- c) Tipo 3. O genótipo é considerado estável se o quadrado médio do desvio do modelo de regressão do índice ambiental é pequeno. Este tipo 3 de estabilidade é aquele em que o material será considerado estável quando o quadrado médio do desvio da regressão for pequeno (LIN et al., 1986).
- d) Tipo 4. O genótipo é considerado estável se o quadrado médio do efeito de anos dentro de local for pequeno. Este tipo de estabilidade foi proposto por LIN e BINNS (1988). E é o mais novo conceito de estabilidade.

Dependendo do objetivo BECKER e LEON, (1988b) destaca os conceitos de estabilidade dinâmica e estática. O conceito de estabilidade estática significa que um

genótipo tem um desempenho estável através dos ambientes e não entre a variação do ambiente. Este tipo de estabilidade não seria benéfico para os produtores, pois os mesmos não responderiam a melhorias do ambiente, como por exemplo, à fertilização; nesse contexto está incluído o conceito biológico de estabilidade o qual é equivalente a estabilidade tipo 1.

O conceito dinâmico significa que um genótipo tem um desempenho estável, mas, para cada ambiente, seu desempenho corresponde ao nível estimado ou previstos. Este conceito é igual conceito agrônômico o qual é equivalente a estabilidade tipo 2.

Embora, também existem diversas metodologias para a análise de adaptabilidade e estabilidade, destinadas à avaliação de um grupo de genótipos testados numa série de ambientes. A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, do número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (CRUZ e REGAZZI, 1997). Existem métodos que são alternativos, enquanto outros são complementares, podendo ser utilizados de forma conjunta.

Estudos de adaptabilidade e estabilidade têm sido realizados em várias espécies como trigo (SOUZA, 1985; CAIERÃO et al., 2006), milho (CARVALHO et al., 2001; PIXLEY e BJARNASON, 2002), amendoim (SANTOS et al., 1999), arroz (COOPER, 1999; ATROCH et al., 2000), feijão (OLIVEIRA et al., 2006b), girassol (VEGA et al., 2001) e guaraná (NASCIMENTO FILHO, 2003) entre outras.

Neste trabalho serão adotados os métodos de ANNICCHIARICO (1992) e de LIN e BINNS (1988) que incorporam medidas de estabilidade e a adaptabilidade em uma única estatística têm sido enfatizados e recomendados por CRUZ e CARNEIRO (2003). E o método dos modelos mistos, que é um método para ordenamento de genótipos simultaneamente por seus valores genéticos e estabilidade, e refere-se ao procedimento REML/BLUP (RESENDE, 2002).

### **3.8 Metodologia de Adaptabilidade e Estabilidade**

Vários métodos para o estudo da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica foram desenvolvidos nos últimos anos, para facilitar o entendimento das interações genótipos por ambientes, auxiliando o trabalho dos melhoristas de plantas no desenvolvimento e no lançamento de novas cultivares. O uso do método de modelos mistos REML/BLUP no estudo da adaptabilidade e da estabilidade é raro, porém tem sido utilizado em algumas culturas, como cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2005), eucalipto (PINTO JÚNIOR et al., 2006), cajueiro (MAIA et al., 2009), seringueira (VERARDI et al., 2009) e cenoura (SILVA et al., 2011).

#### **3.8.1 Metodologia de LIN e BINNS (1988)**

O método de LIN e BINNS (1988), para se estimar o desempenho genotípico, é definido como o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima para todos os ambientes.

Essa metodologia consiste em uma análise não-paramétrica que identifica os genótipos mais estáveis por meio de um único parâmetro de estabilidade e adaptabilidade e contempla os desvios em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, além de possibilitar o detalhamento dessa informação para ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Este método baseia-se na estimativa do parâmetro  $P_i$ , que mede o desvio da produtividade de um dado cultivar em relação ao máximo em cada um dos ambientes. Sendo  $M_j$  a resposta máxima ou uma testemunha, e  $P_i$  um desvio desse máximo, então quanto menor o valor de  $P_i$  melhor a cultivar.



CRUZ e CARNEIRO (2006) relatam a decomposição do Pi para ambientes favoráveis e desfavoráveis. A classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis é realizada com base nos índices ambientais, definidos como a diferença entre a média das cultivares avaliadas em cada ambiente e a média geral.

Esta metodologia leva em consideração o rendimento do genótipo e a resposta relativa a um genótipo hipotético, que é uma medida de adaptabilidade (MURAKAMI et al. 2004).

OLIVEIRA et al. (2006b) recomendam a utilização de método de LIN e BINNS considerando a facilidade de interpretação de resultados. No entanto, ALBRECHT et al. (2007), consideraram o método de grande utilidade e eficiência na recomendação de genótipos em função da variação de ambiente.

Segundo GONÇALVES et al. (1999), esta metodologia baseia-se no princípio de que nas avaliações de cultivares, o que se procura é aquela com desempenho próximo do máximo para a maioria dos ambientes.

### **3.8.2 - Metodologia de REML/BLUP (Resende, 2000)**

O método do REML/BLUP reside no fato de que a avaliação genética, por meio da predição dos valores genéticos aditivos e genotípicos dos candidatos à seleção, propicia uma maior acurácia, eficiência e poder informativo do que o método da Anova (RESENDE, 2004).

O método REML, do inglês *restricted maximum likelihood* (máxima verossimilhança restrita ou residual), estima os componentes de variância e o BLUP, do inglês *best linear unbiased predictor* (melhor preditor linear não viesado), prediz os valores genotípicos (RESENDE, 2004, 2007). Nessa técnica, os valores genotípicos são

assumidos como aleatórios, enquanto os efeitos de blocos, ambientes e outros podem ser considerados fixos ou aleatórios.

A análise REML/BLUP baseia-se na seguinte relação: quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico através dos ambientes, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos através dos ambientes. Desse modo, a seleção pelos maiores valores genotípicos da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) implica simultaneamente seleção para produtividade e estabilidade. A adaptabilidade refere-se ao desempenho relativo dos valores genotípicos (PRVG) através dos ambientes. Nesse caso, os valores genotípicos são expressos como proporção da média geral de cada ambiente e, posteriormente, obtém-se o valor médio dessa proporção através dos ambientes.

A seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, é realizada pelo método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos (MHPRVG), que permite selecionar simultaneamente pelos três atributos mencionados (RESENDE, 2004).

A aplicação do método de seleção de progênes pela produtividade, estabilidade e adaptabilidade, baseada na MHPRVG, permite selecionar indivíduos simultaneamente pelos três atributos. Isto se deve às seguintes vantagens:

1. Considerar os efeitos genótipos como aleatórios e, assim, fornecer valores da estabilidade e adaptabilidade genotípicas (e não fenotípicas, como fornecem outros métodos);
2. Lidar com dados não balanceados e heterogêneos de variâncias;
3. Fornecer dados já descontada a instabilidade e
4. Gerar resultados na mesma escala do caráter avaliado (RESENDE, 2004).

### 3.8.3.- Metodologia de ANNICCHIARICO (1992).

A metodologia de ANNICCHIARICO (1992) possui como estatística o índice de confiança ( $I_i$ ), cujo resultado é expresso em porcentagem em relação à média dos ambientes analisados. O nível de significância deste teste é de 25% e a adaptabilidade e estabilidade são computadas por meio do desvio padrão entre as médias percentuais dos ambientes, conforme demonstrado por SCHMIDT e CRUZ (2005).

Este método baseia-se inicialmente, com o índice de confiança genotípico, estimado ( $I_i$ ), sendo o desvio-padrão ( $S_i$ ) e a média ( $Y_i$ ) das porcentagens do genótipo posteriormente estimados,  $Z_{(1-\alpha)}$  é o valor na distribuição normal standardizada no qual a função de distribuição acumulada atinge o valor  $(1-\alpha)$ , com nível de significância  $\alpha$  pré-fixado pelo autor em 0,25. O índice deve ser calculado para os ambientes favoráveis e desfavoráveis. São considerados mais estáveis os genótipos associados aos maiores valores de índice de recomendação  $I_i$  (PEREIRA et al., 2009a).

Este mesmo autor considera que toda atividade agrícola envolve um risco, e que este pode ser medido e ajudar no poder de decisão sobre o uso de cultivares ou seja o cultivar ideal ou de menor risco de ser adotado pelos agricultores deve apresentar maiores índices de confiança. Quanto maior for este índice, maior será a confiança na recomendação da cultivar.

ANNICCHIARICO (2002) relata que o nível de confiança para o seu próprio teste pode variar de 70 até 95% para a agricultura moderna. No entanto, quanto maior o nível de confiança, mais difícil se torna distinguir genótipos superiores, levando os

pesquisadores da área a usarem apenas 75% como nível de confiança no método de ANNICCHIARICO.

É um método baseado na análise de variância conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (CRUZ e REGAZZI, 2001).

GOMES et al. (2002) afirmam que o método de ANNICCHIARICO tem a vantagem de auxiliar na recomendação das cultivares considerando o risco de apresentarem desempenho abaixo de um dado padrão, como, por exemplo, a média geral. Quanto maior o índice de confiança da cultivar, menor será sua probabilidade de insucesso.

#### 4.- MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produção de cinco ensaios implantados em 1996, em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições, três plantas por parcela, no espaçamento 5m x 5m e 32 clones de guaranazeiro (tabela 3), em diferentes condições ambientais, sendo três locais (Maués, Iranduba e Manaus) (tabela 2), dois sistemas de cultivo (adubado e não adubado) e dois ecossistemas (mata de terra firme e capoeira), com exceção de Iranduba onde não foi implantado o experimento na área de capoeira, só foi implantado na mata com adubo e sem adubo.

Os dados da produção (em g/planta/ano) utilizados nas análises estatísticas foram obtidos em 13 anos de cultivo consecutivos (1998 a 2010) e correspondem à média geral de cada genótipo considerando todos os ambientes possíveis em cada ano (local, sistema de cultivo e ecossistema).

A adubação e os tratos culturais foram aplicados de acordo com Embrapa (1998). As análises estatísticas empregadas neste trabalho foram realizadas com o auxílio do programa SAS – Statistical Analysis System (versão 9.2), do GENES – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística (versão 2010) e Seleção genética computadorizada - Selegen (2007).

Tabela 2. Coordenadas geográficas dos locais onde foram conduzidos os experimentos, altitude, latitude, longitude. Embrapa Amazônia Ocidental, 2016.

Local	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Manaus	92	03 <sup>o</sup> 06' 07"	60 <sup>o</sup> 01' 30"
Maués	25	03 <sup>o</sup> 23' 01"	53 <sup>o</sup> 47' 07"
Iranduba	60	03 <sup>o</sup> 17' 05"	60 <sup>o</sup> 11' 10"

Tabela 3. Clones de guaranazeiro avaliados nos experimentos nos anos de 1998 a 2010.

Clone	Código	Clone	Código	Clone	Código
1	217	12	381	23	613
2	222	13	385	24	619
3	223	14	388	25	624
4	224	15	389	26	626
5	225	16	601	27	631
6	227	17	605	28	648
7	228	18	607	29	861
8	274	19	609	30	862
9	276	20	610	31	871
10	300	21	611	32	882
11	375	22	612		

#### 4.1. Análise de variância dos dados de produção e comparação de médias

Foi realizada uma análise de variância conjunta de todo o período com um modelo reduzido até as interações triplas dos fatores de variação e realizado um teste de comparação múltipla de médias (Scott e Knott a 5%) entre os clones.

#### 4.2. Análise de Adaptabilidade e Estabilidade

Neste trabalho foram utilizadas três metodologias, para análise de adaptabilidade e estabilidade: a) LIN e BINNS (1988); b) REML/BLUP, c) ANNICCHIARICO (1992).

##### 4.2.1. Metodologia de LIN e BINNS (1988)

Nesta metodologia o modelo para estimação dos parâmetros de estabilidade é dado por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2n},$$

Em que:

$P_i$  = índice de estabilidade do genótipo  $i$ ;

$Y_{ij}$  = produtividade do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;

$M_j$  =Produtividade do genótipo com resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente  $j$ ;

$n$  = número de ambientes.

#### 4.1.3. Metodologia de REML/BLUP

Para a análise REML/BLUP foi utilizado o seguinte modelo estatístico para avaliação genética pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos:

$$Y = Xr + Zg + Wi + e$$

Em que:

$Y$ : é o vetor de dados,

$r$ : é o vetor dos efeitos das combinações repetição- local somado à média geral,

$g$ : é o vetor dos efeitos genotípicos,

$i$ : é o vetor dos efeitos da interação população x locais, sendo  $e$  o vetor de erros.

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A análise REML/BLUP baseia-se na seguinte relação: quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico através dos ambientes, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos através dos ambientes. Desse modo, a seleção pelos maiores valores genotípicos da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) implica simultaneamente seleção para produtividade e estabilidade. A adaptabilidade refere-se ao desempenho relativo dos valores genotípicos (PRVG) através dos ambientes. Nesse caso, os valores genotípicos são expressos como

proporção da média geral de cada ambiente e, posteriormente, obtém-se o valor médio dessa proporção através dos ambientes. A seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, é realizada pelo método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos (MHPRVG), que permite selecionar simultaneamente pelos três atributos mencionados (RESENDE, 2004).

#### **4.1.4.- Metodologia de ANNICCHIARICO (1992)**

Este método estima o índice de confiança ( $I_i$ ) de um determinado cultivar apresentando desempenho abaixo da média do ambiente, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$I_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)} * S_i$$

Em que:

$I_i$ : índice de confiança (%);

$Y_i$ : média do genótipo  $i$  em porcentagem;

$Z$ : percentil  $(1-\alpha)$  da função de distribuição normal acumulada;

$\alpha$ : nível de significância;

$S_i$ : desvio padrão dos valores percentuais.

Os três métodos foram comparados pela correlação de SPEARMAN, para indicar se são correlacionados ou não, no sentido de ranqueamento dos mesmos genótipos.



## **5.- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Análise de variância e teste de médias para Produtividade.**

A análise de variância conjunta (Tabela 4) evidenciou efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para fontes de variação bloco, clone, ano e interação ano\*clone.

Estas interações de acordo com NASCIMENTO FILHO et al. (2000) são comuns de serem encontradas no cultivo do guaranazeiro tendo sido confirmadas nas análises no presente trabalho.

O coeficiente de variação (CV) que mede a precisão experimental foi de 95,10 %, o que indica que, considerado alto para a cultura do guaranazeiro, na classificação do coeficiente de variação segundo ATROCH e NASCIMENTO FILHO (2005). Este coeficiente de variação foi similar ao encontrado nas pesquisas realizadas anteriormente com a cultura do guaraná por ATROCH (2009) que pode chegar a 92%.

No cultivo de guaraná a frutificação é desuniforme, isto implica que as diversas colheitas por safra são necessárias para obter-se a produção anual. Esta característica junto com os erros de manuseio de colheita, faz que, normalmente, os coeficientes de variação de produção fiquem acima da média dos coeficientes de variação de outras culturas, principalmente das anuais como milho (SCAPIM et al., 1995), arroz (ESTEFANEL et al., 1987; GARCIA, 1989) e culturas perenes que tem uma frutificação relativamente uniforme e fácil de ser executada como os citros (AMARAL et al., 1997).

A presença de interação ano\*clone significativa é um complicador para a seleção, pois o melhor clone em um ano não apresenta o mesmo desempenho no outro

ano. Assim, existe a necessidade de se estudar a adaptabilidade e a estabilidade para selecionar os clones mais estáveis e adaptados para plantio no Amazonas.

Tabela 4. Análise de variância conjunta para produção, nos experimentos de avaliação nos 13 anos de cultivo de 32 clones de guaranazeiro. Embrapa Amazônia Ocidental. 2016.

F V	GL	QM	F
Bloco	1	583.840.218,00	16.35 **
Clone	31	1.569.562.321,00	43.96**
Ano	12	6.220.462.590,00	174.23**
Ano*Clone	373	98.446.391,00	2.76 **
Erro	15738	35.701.920.286,00	
Media Geral		6282.8	
CV %		95,10	

Legenda: FV= Fonte de Variação, GL= Graus de liberdade, e \*\* significativo pelo teste F ao 1 % de probabilidade, respectivamente.

O teste de comparação múltipla de médias de Scott e Knott a 5% de probabilidade apresentado na tabela 5 compara os treze anos de avaliação do cultivo de guaraná no período de 1998 a 2010, onde os anos de 2005 e 2006 tiveram as melhores médias de produtividade entre os 13 anos de avaliação.

O ano de 1998 foi o que teve a menor produtividade, concordando com NASCIMENTO FILHO et al. (2009) que indica que a partir desse ano as avaliações da produção da planta ainda encontravam-se em fase inicial, e que a partir do ano 2002 começou o aumento da produção e depois teve uma queda nos anos seguintes (2007, 2008, 2009), recuperando em 2010.

Tabela 5. Médias dos treze anos de avaliação para a variável produção em g/planta/ano.

Ano	Média	Scott e Knott a 5%
2005	9414,2	a
2006	9121,9	a
2010	8319,5	b
2008	7845,5	b
2002	6573,3	c
2007	6454,1	c
2009	6288,1	c
2004	5887,2	d
2003	5481,0	e
2001	4788,1	f
2000	3932,1	g
1999	3251,3	h
1998	1699,7	i

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

A tabela 6 apresenta os resultados das médias de produção para os 32 clones avaliados, sendo que o clone 871 foi aquele que apresentou maior produtividade média geral. Este clone é o mais produtivo na média dos 13 anos avaliados. Sendo que este clone já foi recomendado pela Embrapa, pela sua resistência a doenças e pela sua alta produtividade. Por outro lado, os clones 389 e 862 que tiveram média baixa e foram os piores clones para produtividade.

Tabela 6. Médias dos clones para a variável produção em grama/planta/ano.

Ordem	Clones	Média	Scott Knott a 5%
1	871	11596,1	a
2	626	9686,0	b
3	631	8933,2	b
4	612	8056,0	c
5	619	7935,6	c
6	375	7635,1	c
7	882	7532,9	c
8	610	7025,9	d
9	624	6954,2	d
10	861	6894,4	d
11	300	6272,0	e
12	388	6260,7	e
13	605	5814,7	e
14	217	5533,9	e
15	607	5391,5	f
16	609	5371,0	f
17	611	5310,1	f
18	227	5287,1	f
19	385	5233,7	f
20	274	5164,5	f
21	648	5032,4	f
22	224	4980,2	f
23	613	4968,7	f
24	381	4865,6	f
25	222	4849,5	f
26	601	4812,4	f
27	225	4771,7	f
28	223	4753,1	f
29	276	4689,9	f
30	228	4628,3	f
31	389	4601,8	f
32	862	4510,1	f

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

## 5.2. Análise de Adaptabilidade e estabilidade pelo método de LIN e BINNS (1988)

### 5.2.1 Índices ambientais

Na tabela 7 são apresentados os índices ambientais dos treze anos avaliados. Verificou-se que o oitavo ano (2005) foi o ano de condições ambientais mais favoráveis à produção.

Observou-se que quanto maior o índice maior será a média da produtividade. Também nesta tabela destaca-se que o ano de 2005 teve um bom índice ambiental, concordando a melhor média apresentada na tabela 5, que o classifica como o ambiente mais favorável ao desempenho dos clones.

Tabela 7. Índice ambiental de 13 anos utilizados nas avaliações do experimento.

Anos	Média	Índice Ambiental
1998	1546,44	-4326,88
1999	3134,06	-2739,25
2000	3712,88	-2160,44
2001	4466,38	-1406,94
2002	6339,28	465,97
2003	4991,75	-881,56
2004	5488,88	-384,44
2005	9306,09	3432,78
2006	8984,56	3111,25
2007	6315,72	442,41
2008	7640,56	1767,25
2009	6230,47	357,16
2010	8196,00	2322,69

Na tabela 8 são apresentadas as estimativas do índice de estabilidade do genótipo ( $P_i$ ), que é o desvio do clone  $i$  em resposta geral ao desempenho máximo em cada ano, considerando as condições favoráveis e desfavoráveis.

Tabela 8. Estimativa dos parâmetros de estabilidade obtidos pelo método de LIN e BINNS (1988) para produção (grama/planta/ano) de 32 clones de guaraná, avaliados em 13 anos

Clone	Média	Pi Geral	Clone	Pi (+)	Clone	Pi (-)
				Favorável		Desfavorável
871	11648,00	1169435,15	871	2097614,71	871	86559,00
626	9099,53	8052981,23	631	6522250,00	626	6134273,16
631	9118,30	10017942,38	626	9697588,14	861	6963555,25
612	7524,84	13592068,57	375	16881891,14	882	8658049,16
882	7334,00	14757754,15	612	16959392,85	388	8847054,16
619	7667,38	16251501,76	882	19986072,71	619	9529322,50
375	7527,23	16825075,76	619	22013369,71	612	9663523,58
610	6855,61	17694756,80	624	22686566,21	610	9761780,75
624	6890,76	18036488,76	610	24494450,57	624	12611398,41
861	6808,07	20270315,65	861	31676110,28	300	12891123,58
388	6052,07	24761283,96	605	32827409,64	631	14096250,16
605	5724,00	25667818,23	609	33436432,07	375	16758791,16
300	6170,53	26166096,96	227	36233181,21	605	17314961,58
607	5312,00	28867043,76	607	36488456,21	611	19728050,25
609	5170,30	29655494,00	300	37544645,57	607	19975395,91
217	5425,84	30345065,53	217	38343473,21	601	20720687,08
385	5004,38	31333922,73	388	38402052,35	389	20778745,16
611	5127,15	31401824,65	385	39728135,07	381	20945945,16
274	4927,84	32497977,15	222	41236549,64	217	21013589,91
227	4975,92	32956021,73	611	41407917,00	385	21540675,00
381	4675,53	34832207,07	274	41514287,67	274	21978948,25
224	4696,46	34900513,46	613	42555730,92	648	22309199,66
601	4586,46	34998856,38	223	42898191,00	862	22546361,00
222	4671,53	35325429,69	276	43403801,64	224	24066143,33
613	4464,61	36377778,38	225	43607673,28	609	25244399,58
648	4461,69	36734234,69	224	44187116,42	222	28429123,08
225	4446,07	36878700,8	228	45669140,07	225	29028232,91
276	4429,53	36916938,07	381	46734717,28	227	29132669,00
223	4376,23	37787331,73	601	47237287,21	613	29170167,08
389	4322,84	38274759,34	648	49098550,42	276	29348930,58
862	4284,53	38578196,65	862	52319770,07	228	31645624,08
228	4166,61	39196748,07	389	53271342,92	223	31824662,58

Nesta metodologia podemos considerar o clone 871 como o mais estável em todos os ambientes, mostrando-se como o mais vantajoso, sendo o melhor clone na média geral, nos ambientes favoráveis e nos ambientes desfavoráveis.

Destaca-se, ainda, o clone 626 com estimativas de  $P_i$  como segundo melhor clone na estabilidade geral, podendo ser considerado um clone estável, já que baixas estimativas de  $P_i$  indicam boa estabilidade em ambientes diversos.

Os clones 871, 626 e 861, classificam-se também como os mais estáveis em ambientes desfavoráveis.

Cabe destacar que os clones 862 e 228 apresentaram os piores resultados na estimativa  $P_i$  geral.

NASCIMENTO FILHO et al. (2009) mostraram resultados semelhantes em clones de guaraná pelo mesmo método de LIN e BINNS, indicando que o clone 871 foi o único que atendeu a todos os ambientes favoráveis e desfavoráveis

O clone 871 se destacou entre os 32 clones avaliados para todas as condições (Tabela 11). Este clone foi indicado como sendo um dos melhores e comprovando sua superioridade também pelas metodologias REML/BLUP (Tabela 12) e de ANNICCHIARICO (1992) (Tabela 13).

De acordo com o conceito de VERMA et al. (1978), o clone 871 apresentou alta produção em ambiente desfavorável e boa estabilidade, além de se mostrar altamente responsivo à melhoria do ambiente, podendo ser considerado como o genótipo que mais se aproximou do ideal.

Segundo CRUZ e REGAZZI (1997), a escolha do método dependerá de vários fatores e, com certeza, dada a melhor escolha para o caso analisado, as recomendações de genótipos em função das estimativas de adaptabilidade e estabilidade, podem ser consideradas, acreditando-se que as mesmas atenderão aos objetivos propostos.

ATROCH et al. (2000) indicaram o método de LIN e BINNS para uso futuro nos programas de melhoramento de arroz, e PEREIRA et al. (2009a, 2009b) indicaram o método para uso em feijoeiro comum.

### 5.3. Análise de adaptabilidade e estabilidade pelo método REML/BLUP

Na tabela 9 são apresentados os resultados referentes à adaptabilidade, estabilidade e produtividade simultaneamente (MHPRVG – Média Harmônica de Performance Relativa dos Valores Genéticos) pelo método REML/BLUP.

Tabela 9. Estimativas de produtividade, adaptabilidade e estabilidade de valores genéticos da produção de sementes (grama/planta) em clones de guaranazeiro pelo método REML/BLUP, avaliados em 13 anos.

Ordem	Clones	MHPRVG*MG
1	871	11367,87
2	631	8704,61
3	626	8433,16
4	619	7770,77
5	375	7220,29
6	612	7194,35
7	861	6881,62
8	624	6824,89
9	882	6805,89
10	610	6748,56
11	300	6285,64
12	388	5905,27
13	605	5564,52
14	217	5211,22
15	607	5136,17
16	611	5107,99
17	274	4832,69
18	385	4728,48
19	609	4634,09
20	224	4566,99
21	227	4428,32
22	601	4412,31
23	222	4411,72
24	381	4291,14
25	648	4164,38
26	225	4105,04
27	862	4085,54
28	276	3974,93
29	223	3961,57
30	228	3734,92
31	389	3715,61
32	613	3537,34

MG= media geral



De acordo com esta metodologia observou-se que o clone 871 foi superior aos demais em função da produtividade, adaptabilidade e estabilidade. Esta metodologia permite a seleção de indivíduos com os maiores valores de produtividade, considerando simultaneamente os atributos de adaptabilidade e estabilidade (PINTO JÚNIOR 2004).

Os clones 631 e 626 também apresentaram maior produtividade, adaptabilidade e estabilidade simultaneamente, isto indica que esses clones possuem alto valor para futuros cultivos comerciais concordando com ATROCH et al (2013). Por outro lado os clones que apresentaram pior desempenho a todos os critérios foram 389 e 613, como mostra a tabela 9 na ordem de classificação.

Em estudo de 36 progênies de guaraná, ATROCH et al (2013) consideram que a estabilidade e adaptabilidade temporal em conjunto com a produtividade (MHPRVG) deve ser o critério mais importante a ser utilizado para selecionar as melhores progênies de guaranazeiro.

O critério MHPRVG\*MG apresenta a vantagem de fornecer resultados na própria escala e medição do caráter, os quais podem ser interpretados diretamente como valores genéticos para o caráter avaliado (STURION E RESENDE 2005).

Enquanto que para o melhoramento, a sua importância está na seleção e recomendação de genótipos com produção estável ao longo dos anos (DIAS et al., 1998; CARVALHO, 1999) é também de grande importância para o produtor interessado.

O método da média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), se baseia em valores genotípicos preditos, via modelos mistos, e agrupa, em uma única estatística, a estabilidade, a adaptabilidade e a produtividade, facilitando, de modo singular, a seleção de genótipos superiores (RESENDE, 2004).

Para RESENDE (2004), a seleção simultânea por produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, pode ser realizada pelo método da

Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG) preditos. Este método permite selecionar, simultaneamente, através dos três atributos mencionados e apresenta as seguintes vantagens: (i) considera os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto, fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica; (ii) permite lidar com desbalanceamento; (iii) permite lidar com delineamentos não ortogonais; (iv) permite lidar com heterogeneidade de variâncias; (v) permite considerar erros correlacionados dentro de locais; (vi) fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade; (vii) pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; (viii) permite considerar a estabilidade e adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie; (ix) não depende da estimação de outros parâmetros, tais como coeficientes de regressão; (x) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado; (xi) permite computar o ganho genético com a seleção pelos três atributos, simultaneamente. Estes últimos dois fatores são bastante importantes.

O programa emprega modelos, estimadores e preditores apresentados por RESENDE et al. (1994c) e RESENDE (2000; 2002), podendo ser aplicado às plantas alógamas, autógamas e com sistema reprodutivo misto. É direcionado às espécies perenes e semiperenes, podendo também ser aplicado às espécies anuais.

O método REML/BLUP, sendo um modelo misto, fornece resultados que são interpretados diretamente como valores genotípicos, já penalizados ou capitalizados pelas estimativas de estabilidade e adaptabilidade (CARBONELL et al., 2007; VERARDI et al., 2009).

#### 5.4. Análise da adaptabilidade e estabilidade pelo método de ANNICCHIARICO (1992)

Neste método as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas são apresentadas na tabela 10.

Tabela 10. Estimativa do índice de confiança de ANNICCHIARICO ( $I_i$ ) de 32 Clones de guaranazeiro, avaliados em 13 anos, na região Amazônica, para produção de sementes (g/planta/ano), em todos os ambientes, ambientes desfavoráveis e ambientes favoráveis.

Clone	Media	$I_i$ Geral	Clone	$I_i$ Desfavorável	Clone	$I_i$ Favorável
871	11648,00	184,56	871	195,49	871	175,51
631	9118,30	142,84	619	147,81	631	158,04
626	9099,53	135,95	861	141,26	626	153,83
619	7667,38	129,50	300	130,12	375	122,40
375	7527,23	119,54	631	126,76	612	121,49
612	7524,84	117,22	610	118,06	619	116,41
861	6808,07	114,65	626	116,97	624	115,03
624	6890,76	112,66	375	115,37	882	112,41
882	7334,00	111,09	388	112,58	610	105,51
610	6855,61	111,05	612	112,47	861	97,10
300	6170,53	105,68	624	109,63	605	95,49
388	6052,07	97,32	882	109,29	607	90,07
605	5724,00	92,00	217	102,05	609	89,15
217	5425,84	89,09	611	88,43	300	88,07
607	5312,00	85,45	605	87,86	388	86,74
611	5127,15	85,20	274	83,36	385	86,66
274	4927,84	80,36	607	80,86	227	84,61
385	5004,38	79,07	224	74,34	611	82,39
609	5170,30	76,69	381	73,97	217	79,78
227	4975,92	75,95	601	72,15	222	78,32
224	4696,46	75,94	385	71,23	223	78,29
222	4671,53	74,37	222	70,64	274	77,55
601	4586,46	73,99	862	69,81	224	77,25
381	4675,53	73,81	227	66,16	613	75,91
648	4461,69	69,81	648	65,94	601	75,58
862	4284,53	68,94	609	64,41	276	75,36
225	4446,07	68,69	389	64,11	225	74,86
276	4429,53	67,08	225	61,53	228	73,35
223	4376,23	66,96	276	58,39	381	73,27
389	4322,84	65,59	223	55,09	648	73,03
228	4166,61	63,46	228	52,89	862	67,88
613	4464,61	62,86	613	49,83	389	67,22

Esta metodologia foi utilizada para identificar os clones de guaraná com desempenho mais estável nos três locais avaliados. Segundo OLIVEIRA et al., (2007), este método baseia-se em estimar os riscos da adoção de determinado genótipo em relação à média dos demais.

Os resultados da Tabela 10 mostram que o clone 871 foi o clone mais adaptado e estável em todos os ambientes com 184,56 no índice de confiança (*Ii*), nos ambientes favoráveis e desfavoráveis com 175,51 e 195,49 respectivamente, mantendo sua produtividade e comportando-se de maneira previsível, mesmo em condições ambientais diferente.

A metodologia de ANNICCHIARICO (1992) mostra também que alguns clones apresentaram boa adaptabilidade e estabilidade nos ambientes considerados desfavoráveis, além do clone (871) já mencionado, os clones que apresentaram melhor desempenho foram 871 (195,49), 619 (147,81), 861 (141,26), 300 (130,12), 631 (126,76), 610 (118,06), 626 (116,97), 375 (115,37) e 388 (112,58) conforme a tabela 10.

Nos ambientes favoráveis, os clones que melhores se destacaram foram 871 (175,51), 631 (158,04), 626 (153,83), 375(122,40), 612 (121,49), 619 (116,41), 624 (115,03) e 882 (112,41). Tabela 13.

O método de ANNICCHIARICO (1992), utiliza o índice de confiança da performance de um determinado clone com relação à média do ambiente. Este método como comentado anteriormente, estima a probabilidade de um determinado cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. Trabalhos com milho, utilizando este método foram realizados por ANNICCHIARICO et al. (1994) na Itália, GONÇALVES (1997) e em arroz por ATROCH et al. (2000) no Brasil.

## 5.5. Correlação entre as metodologias avaliadas

Na tabela 11 estão os valores das correlações de Spearman na comparação dos métodos avaliados.

Tabela 11. Correlação de Spearman entre os três métodos utilizados no experimento

Variáveis	Núm. Dados	Correlação
Pi Geral x <i>Ii</i>	32	-0,968**
Pi Geral x MHPRVG	32	-0,969**
<i>Ii</i> x MHPRVG	32	0,998**

Teste *t* ao nível de 1% de probabilidade.

Nota-se que as três metodologias apresentam altos valores de coeficiente de correlação e significativos a 1% de probabilidade. Segundo PEREIRA et al. (2009b) a adoção de novas cultivares depende de vários aspectos. Algumas características assumem maior importância nesse contexto, como o rendimento de grãos, produção de sementes. Assim, é interessante identificar os genótipos estáveis e adaptados entre os mais produtivos.

Observou-se altas correlações entre todos os métodos, ou seja, ranqueam os genótipos da mesma forma. Indicando o mesmo resultado no que diz respeito aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade e produtividade.

As correlações de Spearman entre os métodos de LIN e BINNS (1988) e ANNICCHIARICO (1992) e LIN e BINNS (1988) e REML/BLUP apresentaram correlação negativa entre si (Tabela 11) (figuras 1 e 2).

A correlação entre o método de ANNICCHIARICO (1992) com a metodologia de REML/BLUP foi positiva. Isto indica que quanto maior o índice de confiança da metodologia de ANNICCHIARICO maior será o valor genético da metodologia REML/BLUP (Tabela 11) (figura 3).

Assim, qualquer um dos três métodos podem ser utilizados para avaliar a adaptabilidade e estabilidade de clones de guaranazeiro, sendo a decisão de uso por um deles de escolha do melhorista e dependendo do detalhe da informação desejada, podendo ser usado um dos métodos, ou dois deles combinados ou os três em conjunto, pois algumas informações são complementares.

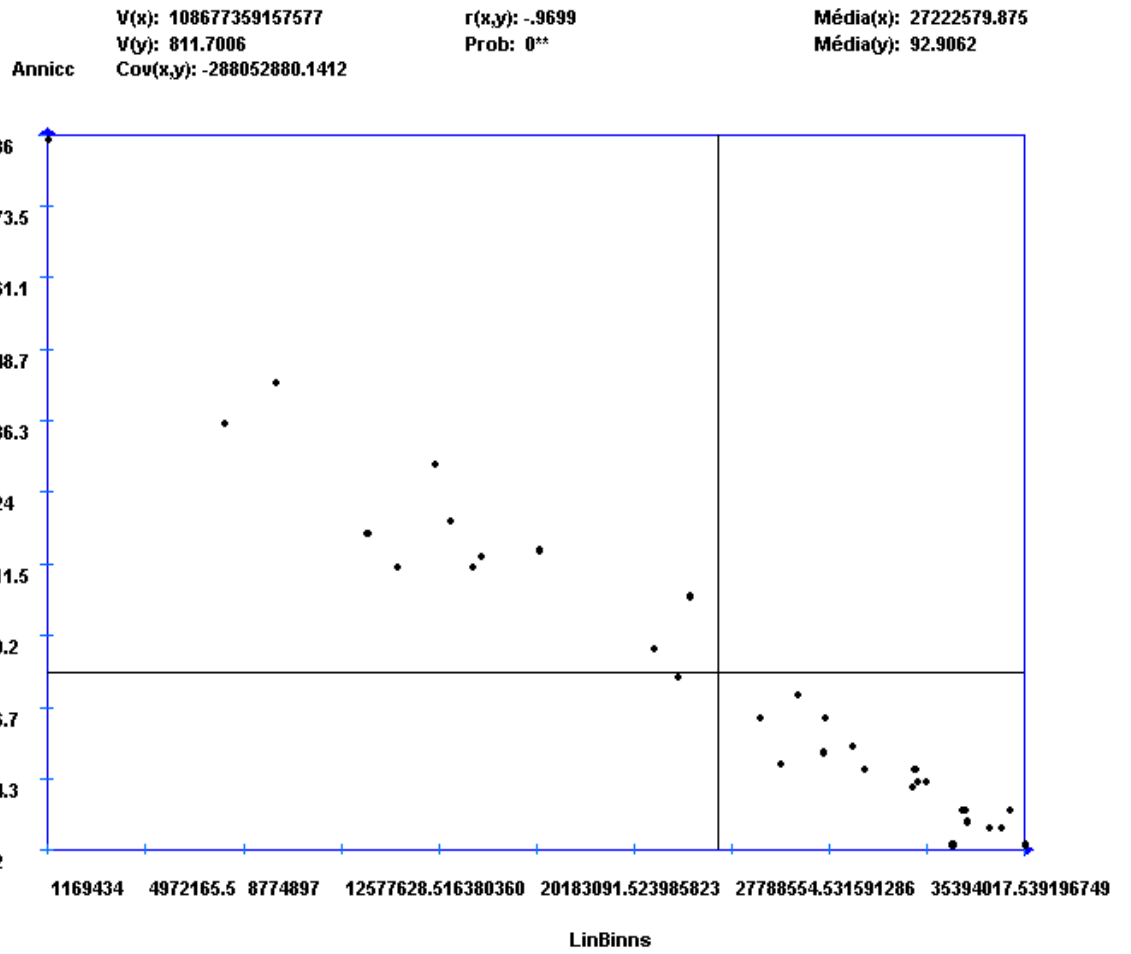
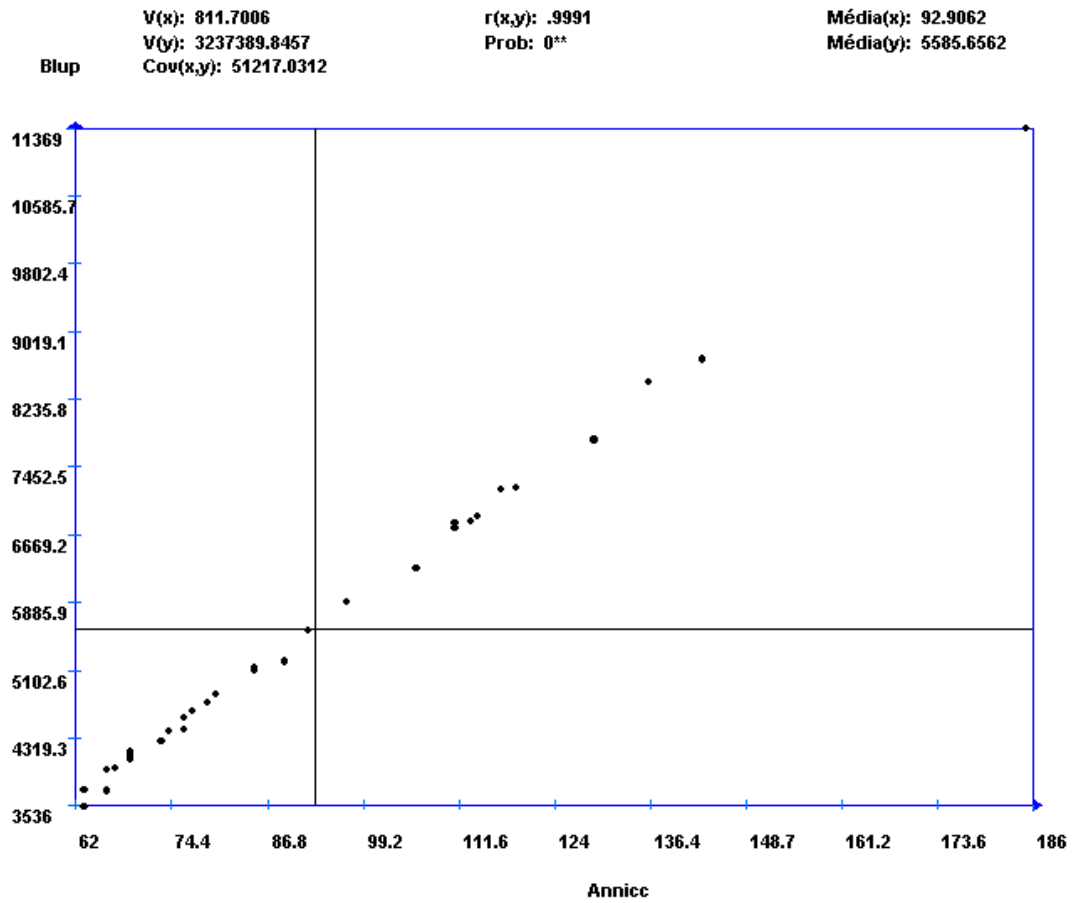


Figura 1. Correlação entre os métodos LIN e BINNS (1988) e ANNICHARICO (1992)







**Figura 3: Correlação entre os métodos ANNICHARICO (1992) e REML/BLUP**

## 6. CONCLUSÕES

- Os três métodos classificam os clones da mesma maneira.
- O clone 871 possui boa estabilidade, ampla adaptabilidade e maior produtividade em todos os métodos utilizados sendo considerado um genótipo ideal.
- Nos ambientes favoráveis nas metodologias de REML/BLUP, ANNICHARICO e LIN e BINNS, o clone 871 apresentou boa estabilidade e adaptabilidade específica a esse tipo de ambiente, bem como aos ambientes desfavoráveis.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.M. do; MUNIZ, J.A.; SOUZA, M.de. 1997. **Avaliação de coeficientes de variação como medida de precisão na experimentação em citros**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.12, p.1221-1225, dez.
- ANNICCHIARICO, P. 1992. **Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy**. Journal of Genetics and Breeding, v. 46, n. 1, p. 269-278.
- ANNICCHIARICO, P.; BERTOLINI, M.; MAZZINELLI, G. 1994. **Analysis of genotype-environment interactions for maize hybrids in Italy**. Journal Genetics Breeding, Italy, v.49, n.1, p. 61-68, Sep. 1994.
- ANNICCHIARICO, P. 2002. **Genotype x environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations**. Rome: Food and Agriculture Organization.
- ALBRECHT, J.C.; VIEIRA, E.A.; SILVA, M.S.; ANDRADE, J.M.V.; SCHEEREN, P.L.; TRINDADE, M.G. 2007. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.42, p.17-27.
- ARAÚJO, J. C. A. de, PEREIRA, J. C. R., GASPAROTTO, L., ARRUDA, M. R. de e MOREIRA, A. 2007. **Antracnose no guaranazeiro e seu controle**. Comunicado técnico 46. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM. 4p
- ATROCH, A.L. 2002. **Aspectos gerais da cultura do guaraná**. Foods and Food Ingredients Journal of Japan (204): 53-59.
- ATROCH, A.L.; RESENDE, M. D. V; NASCIMENTO FILHO, F 2002. **Seleção clonal em guaranazeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP)**. Revista de Ciências Agrárias, n4. Belém, PA. p. 347-352.
- ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. 2000. **Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais**. Ciência e Agrotecnologia, v.24, p.541-548.
- ATROCH, A.L.; NASCIMENTO FILHO, F.J. 2005. **Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro**. Revista de Ciências Agrárias, n43. Belém, PA. p.43-48.
- ATROCH, A. L. 2009. **Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro (*Paullinia cupana var. sorbilis (mart.) ducke*) utilizando caracteres morfo-agronômicos**. Tese de doutorado apresentado ao PPGBTRN/ INPA. Manaus, AM. 72p.

Arias, E.R.A. 1996. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Estado do Mato Grosso do Sul e avanço genético obtido no período de 1986/87 a 1993/94**, 118p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

BACCHI, E.M. 1996. **Controle de qualidade de fitoterápicos**. En: “Plantas medicinais: Arte e Ciência - Um guia de estudo interdisciplinar”. UNESP, São Paulo, cap.12, págs.169-186.

BECKER, H.C. 1981a. **Biometrical and empirical relations between different concepts of phenotypic stability**. In: GALLAIS, A. (ed). Quantitative Genetics and Breeding Methods. INRA, Versailles, p. 397-414.

BECKER, H.C., e LEON, J. 1988b. **Stability analysis in plant breeding**. Plant Breeding 101, 1-23.

CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; SCHEEREN, P. L.; DEL DUCA, L. J. A.; JUNIOR, A. N.; PIRES, J. L. 2006. **Análise da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares**. Ciência Rural, v.36, p.112 -117.

CAMPBELL, B.T.; JONES, M.A. 2005. **Assessment of genotype x environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials**. Euphytica, v.144, p.69-78.

CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; RESENDE, M.D.; DIAS, L.A.S; BERALDO, A.L.A.; PERINA, E.F. 2007. **Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo**. Bragantia, v.66, p.193-201.

**Carvalho, C.G.P. 1999. Repetibilidade e seleção de híbridos de cacaueteiro**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 176pp.

CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. L. S.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X.; CARVALHO, B. C. L.; TABOSA, J. N.; LIRA, M. A.; ALBURQUERQUE, M. M. 2001. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.36, n.4.

CASTRO, A.M.G. DE; FERREIRA, M.A. 1973. **Enraizamento de estacas de guaraná**. Manaus: ACAR-AMAZONAS. 25p.

CASTRO A.M.G. 1974. **Nutrição e adubação do cultivo do guaraná** (Revisão bibliográfica, p.1-19).

CAVALCANTE, P.B.O. 1967. **Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) em estado provavelmente espontâneo, no planalto de Santarém, Pará**. Boletim do Museu Goeldi, n.26.

CAPRISTO, P. R.; RIZZALLI, R. H.; ANDRADE, F. H. 2007. **Ecophysiological yield components of maize hybrids with contrasting maturity**. Agronomy Journal, v. 99, n. 4, p. 1111-1118.

CORRÊA, M.P.F. **Caracteres quantitativos e qualitativos para descrição morfológica do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke)**. 1989. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 186p

COOPER, M. 1999. **Concepts and strategies for plant adaptation research in rain fed lowland rice**. Field Crops Research, v.64, n.1-2, p.13-34.

CRAVO, M.S.; ATROCH. A.L.; MACÊDO, J.L.V.; NASCIMENTO FILHO, F.J.; LIMA, L.P.; RIBEIRO, J.R.C. 1999 **Exportação de nutrientes pela colheita do guaraná**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental. Pesquisa em Andamento 43. 4p

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. 2001. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. 390p

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P. C. S. 2003. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. UFV. v. 2, 585 p

DIAS, L.S.; SOUZA, C.A.S.; AUGUSTO, S.G.; SIQUEIRA, P.R.; MULLER, M.W. 1998. **Performance and temporal stability analyses of cação cultivars in Linhares, Brasil**. *Plantations, Recherche, Development*. 5:343-355.

DUCKE, A. 1937. **Diversidade dos guaranás**. Rodriguésia, Rio de Janeiro, p.155-56.

ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B.; STORCK, L. 1987. **Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas**. In: Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agrônômica. 2. Londrina. Anais... UEL/RBRAS. Londrina, PR. p.115-131.

FOX, P.N; CROSSA, J; ROMAGOSA, I. 1997. **Multi-environment testing and genotype-environment interaction**. In: KEMPTON, R.A.; FOX, P.N. (ed). Statistical methods for plant variety evaluation. New York: Chapman & Hall. p. 117-138.

GARCIA, C H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. 1989. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. 12p (Circular Técnica, 171).

GARCIA, T.B.; NASCIMENTO FILHO, F.J. DO; CORREA, M.P.F.; DANTAS, J.C.R. 1991a. **Coleta de germoplasma clonal de guaraná**. Manaus: EMBRAPA-CPAA. 7p. (EMBRAPA-CPAA. Pesquisa em Andamento, 7).

GOMES, M. S.; PINHO, R. G. V.; OLIVEIRA, J. S.; RAMALHO, M. A. P.; VIANA, A. C. 2002. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, v.1, n.2, p.83-90.

GONÇALVES, F. M. A. 1997. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em “safrinha” no período de 1993 a 1995.** Lavras UFLA. 86p. (tese-Mestrado em genética e melhoramento de plantas).

GONÇALVES, F. M. A.; CARVALHO, S. P.; RAMALHO, M. A. P.; CORREA, L. A. 1999. **Importância das interações cultivares x locais e cultivares x anos na avaliação de milho na safrinha.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.7, p.1175-1181, jul.

HANSON, J. D.; LIEBIG, M. A.; MERRILL, S. D.; TANAKA, D. L.; KRUPINSKY, J. M.; STOTT, D. E. 2007. **Dynamic cropping systems: increasing adaptability amid an uncertain future.** Agronomy Journal, v. 99, n. 4, p. 939-943.

IBGE. 2015. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

JENSEN, N.F. 1988. **Plant breeding methodology.** John Wiley & Sons. 676p.

LAVORANTI, O. J. 2003. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI.** 166 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIN, C.S., BINNS, M. R. A. 1988. **Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data.** Canadian Journal of Plant Science, v.68, n.3, p.193-8.

LOPEZ, C. R.; FORNÉS, L. F. 1997. **Estabilidade genética em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden.** In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, Salvador. Proceedings... Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1, p. 163-168.

LLERAS, E. 1984. **Considerações sobre distribuição geográfica e taxonomia do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) e taxas afins na Amazônia.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DO GUARANÁ, 1., 1983, Manaus. Anais... Manaus: EMBRAPA UEPAE de Manaus. p. 281-292.

MACHADO, C. F. 1999. **Procedimentos para a escolha de genitores de feijão.** Lavras: UFLA, 118 p. Dissertação de Mestrado.

MARIOTTI, J.A., OYARZABAL, E.S., OSA, J.M., BULACIO, A.N.R., ALMADA, G.H. 1976. **Análisis de estabilidad de genotipos de caña de azucar. I. Interacciones**

**dentro de una localidad experimental.** Revista. Agronómica. N. O. Argent., v.13, n.1-4, p.405-12.

MATHERSON, A. C.; RAYMOND, C. A. 1986. **A review of provenance x environment interaction: its practical importance and use with particular reference to the tropics.** The Commonwealth Forestry Review, Shropshire, v. 65, n. 4, p. 283-302.

MORAIS, O.P. 1980. **Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.).** Viçosa: UFV, 1980. 70p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

MURAKAMI, D. M.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. 2004. **Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade.** Ciência Rural. Santa Maria, v.34, n.1.

NASCIMENTO FILHO, F.J. do; ATROCH, A.L.; CRAVO, M. da S. 2000. **Melhoramento genético do guaranazeiro: resultados de experimentos de avaliação de clones fase produtiva 1985 a 1994.** Embrapa Amazônia Ocidental, 38p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Boletim de Pesquisa, nº 7).

NASCIMENTO FILHO, F.J. DO; ATROCH, A.L.; SOUSA, N.R. DE; GARCIA, T.B. CRAVO, M. DA S.; COUTINHO, E.F. 2001. **Divergência genética entre clones de guaranazeiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, n.3, p.501-506.

NASCIMENTO FILHO, F.J. DO; ATROCH, A.L. 2002. **Guaranazeiro.** In: BRUCKNER, C.H. (Ed.). Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa, MG: UFV. p.291-307.

NASCIMENTO FILHO, F. J. do. 2003. **Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade, estabilidade e repetibilidade em clones de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbili* (MART.) DUCKE).** Tese de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas. UFV. Viçosa, MG. 182p.

OLIVEIRA, G.V.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E. de S.; CRUZ, C.D. 2006b **Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.41, p.257-265,.

OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F.A.; SILVA, G.A.; ROSA FILHO, S.N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F.M.; PEREIRA, J.A.; FIRMINO, W.G. 2007. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do Estado de Goiás.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, n.1, p.45-50.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. 2009a **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum, com grãos tipo carioca na região central do Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.44, n.1, p.29-37.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DIAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. 2009b. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.44, n.4, p.374-383.

PINTO JÚNIOR, J. E. 2004. **REML/BLUP para a análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden**. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade federal do paraná, Curitiba.

PIRES, J.M. **O guaraná**. 1949 Belém: IAN,. (Relatório da Seção de Botânica)

PIXLEY, K. V.; BJAMASON, M. S. 2002. **Stability of grain yield, endosperm modification, and protein quality of hybrid and open-pollinated quality protein maize (QPM) cultivars**. Crop Science, v.42, n.6, p.1882-9.

RAMALHO, R. S. 1995. **Dendrologia tropical (terminologia)**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 52 p.

RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, E. B. de; MELINSKI, L. C.; GOULART, F. S. OAIDA, G. R. 1994c **SELEGEN – Seleção Genética Computadorizada: manual do usuário**. Colombo: EMBRAPA - CNPF. 31 p

RESENDE, M. D. V. 2000. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 101 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 47).

RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S. 2000. **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, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 44-52.

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

RESENDE, M. D. V. 2004 **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas. 100 p. (Documentos).

RESENDE, M. D. V. 2007. **O Software SELEGEN-REML/BLUP**. Campo Grande: Embrapa Pantanal. 305 p. (Documentos).



SANTOS, R. C.; FARIAS, F. J. C.; RÊGO, G. M.; SILVA, A. P. G. da.; FERREIRA FILHO, J. R.; VASCONCELOS, O. L.; COUTINHO, J. L. B. 1999. **Estabilidade fenotípica de cultivares de amendoim avaliadas na região nordeste do Brasil.** Ciências e Agrotecnologia, Lavras, v.23, n.4, p.808-12.

SIMÃO, A.M., J. MURADIAN; J.P.P. CARVALHO. 1986. **Síntese** 10: 9-15

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. 1995. **Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.30, n.5, p. 683-686.

SCAPIM, C.A; OLIVEIRA, V.R; BRACCINI, A. DE. L; CRUZ, C.D; ANDARDE, C.A.DE B; VIDIGAL, M.C.G. 2000. **Yield stability in maize (zea mays L) and correlations among the parameters of the eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models.** Genetic and molecular Biology, V.23, n2, p.387-397.

SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D. 2005. **Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e de Annicchiarico (1992).** Revista Ceres, v. 52, n. 299, p. 45-58.

SMITH, N.; ATROCH, A.L. 2007. **Guarana's journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink. Evidence- Based Complementary and Alternative Medicine,** Oxford, n.5. eCAM, doi:10.1093/ecam/nem162.

SOUZA, M. A. 1985. **Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficientes de trilha em genótipos de trigo (*T. aestivum* L.), em doze ambientes de Minas Gerais.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ, 118 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SPATARO, G.; NEGRI, V. 2008. **Adaptability and variation in *Isatis tinctoria* L.: a new crop for Europe.** Euphytica, v. 163, n. 1, p. 89-102.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. 2005. **Seleção de progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar.** Boletim de Pesquisa Florestal, 50:37-51.

SOUZA, A. G. C. et al. 1996. **Fruteiras da Amazônia.** Brasília: EMBRAPA-SPI; Manaus: EMBRAPA-CPAA. 204p. (Biblioteca Botânica Brasileira, 1)

TFOUNI, S.A.V.; CAMARGO, M.C.R.; VITORINO, S.H.P.; MENEGÁRIO, T.F.; TOLEDO, M.C.F. 2007. **Contribuição do guaraná em pó (*Paullinia cupana*) como fonte de cafeína na dieta.** Revista de Nutrição, Campinas, v.20, n.1, p.63-68

VALLOIS, A.C.C.; CORREA, M.P.F.; VASCONCELLOS, M.E.C. 1979. **Estudo de caracteres correlacionados com a produção de amêndoas secas no guaranazeiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.14, n.2, p.175-179

VEGA, A. J.; CHAPMAN, S. C.; HALL, A. J. 2001. **Genotype by environment interaction and indirect selection for yield in sunflower**. Field Crops Research, v.72, n.1 p.17-38.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. 1992. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 416 p.

VERARDI, C.K.; RESENDE, M.D.V.; COSTA, R.B.; GONÇALVES, P.S. 2009. **Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênes de seringueira**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, p.1277-1282.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. 1978. **Limitations of convencional regression analysis: a proposed modification**. Theor. Appl. Genet., v.53, n.2, p.89-91

WILLIAMS, E. R.; MATHESON, A. C. 1995. **Experimental design and analysis for use in tree improvement**. Melbourne: CSIRO. 174 p.