



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MILENA PIEROTTI EUZEBIO

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E INTERAÇÃO
GENÓTIPOS x AMBIENTES EM FEIJÃO**

Londrina
2008

MILENA PIEROTTI EUZEBIO

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E INTERAÇÃO
GENÓTIPOS x AMBIENTES EM FEIJÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Deonísio Destro

Londrina
2008

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

E91a Euzebio, Milena Pierotti.
Adaptabilidade, estabilidade e interação genótipos X ambientes em
feijão / Milena Pierotti Euzebio. – Londrina, 2008.
99f. : il.

Orientador: Deonísio Destro.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2008.
Bibliografia: p. 90-97.

1. Feijão – Melhoramento genético – Teses. 2. Feijão – Adaptação –
Teses. I. Destro, Deonísio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro
de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III.
Titulo.

CDU 631.52:635.652

MILENA PIEROTTI EUZEBIO

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E INTERAÇÃO
GENÓTIPOS x AMBIENTES EM FEIJÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior – IAPAR

PhD. Carlos Roberto Riede – IAPAR

Prof. Dr. Édison Miglioranza – UEL

Dr. Vânia Moda-Cirino – IAPAR

Prof. Dr. Deonísio Destro
Orientador
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 25 de fevereiro de 2008.

DEDICATÓRIA

Ao Dr. Nelson Fonseca da Silva Júnior e
ao meu noivo Paulo Zerbinatti pelo
incentivo a realizar este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, sempre presente na minha vida.

Agradeço a meus pais Edison Euzebio e Marilena Pierotti Euzebio pelo exemplo de vida, pelo amor e dedicação ao meu irmão Diogo pelo companheirismo e amizade.

A Universidade Estadual de Londrina, pela formação acadêmica, oportunidade de realizar este curso e pela disponibilização de instalações.

Agradeço ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) pela oportunidade, instalações e incentivo para desenvolver este trabalho.

Agradeço ao Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior, por todos os anos de paciência, amizade, por todos os conselhos, pelos conhecimentos transmitidos, e tempo despendido na orientação; e por acreditar e me incentivar.

Agradeço ao Professor Deonísio Destro pela orientação e sugestões dadas a este trabalho.

Agradeço ao Ph.D. Carlos Roberto Riede, integrante da Banca, como exemplo de profissional.

Agradeço ao meu noivo Paulo Campos Granado Zerbinatti, pelo amor, carinho, compreensão, por estar sempre ao meu lado me incentivando e apoiando em todos os momentos, por ser tão especial em minha vida.

Agradeço aos Coordenadores do Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina e aos Professores pela dedicação ensinamentos transmitidos e orientações na elaboração da dissertação.

Ao CNPq pelo apoio financeiro durante parte do curso.

A todos os funcionários do IAPAR, pelo trabalho desenvolvido na condução dos experimentos nas estações experimentais espalhadas pelo Paraná.

Enfim a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!!!

EUZEBIO, Milena Pierotti. **Adaptabilidade, Estabilidade e Interação Genótipos x Ambientes em Feijão**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RESUMO

Ao lançar novas cultivares comerciais, o melhorista depara-se com a interação Genótipo X Ambiente dificultando a seleção dos melhores genótipos. Aproveitando as combinações favoráveis específicas, utiliza-se a regionalização, que pressupõe maior critério e detalhamento da recomendação/indicação de cultivares. Este trabalho objetiva avaliar a performance agrônômica de linhagens e cultivares de feijoeiro pertencentes ao grupo cores, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), enfocando a produtividade de grãos, a estabilidade e adaptabilidade geral ou específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis. Utilizou-se dois tipos de ensaios, os intermediários e ensaios para determinação do valor de cultivo e uso. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, conduzidos em épocas de semeadura/locais representativos das regiões produtoras de feijão no estado do Paraná. Inicialmente, procedeu-se à análise de variância individual e posteriormente a análise conjunta. Para a análise de estabilidade e adaptabilidade aplicaram-se as metodologias propostas por Eberhart e Russel (1966), Verma et al. (1978), Eskridge (1990) e a análise AMMI. O genótipo LP 99-79 apresentou maiores médias de produtividade, obtendo méritos suficientes para ser indicada para o cultivo no estado do Paraná.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Regionalização. Recomendação de cultivares. AMMI.

EUZEBIO, Milena Pierotti. **Adaptability, Stability and the interaction Genótipos by Environments Interaction in Colored Dry Edible Beans.** 2008. 92f. Dissertation (Master`s degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ABSTRACT

In releasing new commercial cultivars, the plant breeder is faced with the genotype x environment interaction hindering the selection of the best genotypes. Considering the specific favorable genotype combinations, the zoning process is used as a better criterion for the recommendation/indications of cultivars. This study aimed to evaluate the agronomic performance of inbred lines and varieties, belonging to the colored dry edible beans group developed by the breeding program of the Agricultural Research Institute of Paraná (IAPAR), focusing on grain yield, general or specific stability and adaptability to favorable or unfavorable environments. Two kinds of regional comparative yield trials were used, the intermediaries and the value of cultivation and use (VCU) trials. A random complete block design with four replications, was carried out in different sowing dates and representative locations of the bean crop production regions of the Paraná state. Initially, an individual analysis of variance was performed followed by a combined analysis. For the analysis of stability and adaptability, the methodologies proposed by Eberhart e Russell (1996), Verma et al. (1978), Eskridge (1990), and the AMMI analysis were used. The genotype LP 99-79 showing higher averages, presented enough merits to be releases and indicated for cultivations in the State of Paraná.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L. Crop zoning. Cultivars recommendation. AMMI

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Descrição dos ambientes de instalação dos ensaios intermediários e os ensaios para determinação do VCU em linhagens de feijão do grupo cores	47
Tabela 3.2 – Médias de produtividade de grão (kg/ha) e resumo da análise de variância, coeficientes de variação dos seis genótipos testados nos dezoito ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no Estado do Paraná	51
Tabela 3.3 – Produtividade de grãos e respectivos índices ambientais, expressos em kg/ha, nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.	53
Tabela 3.4 – Análise conjunta nos dezessete ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná	54
Tabela 3.5 – Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.....	56
Tabela 3.6 – Parâmetros das análises de estabilidade pelo método de Verma; Chahal e Murty (1978), nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.....	62
Tabela 3.7 – Resultado da análise de estabilidade e de adaptabilidade para a característica produtividade de grãos de cultivares de feijão, segundo metodologia proposta por Eskridge (1990).....	65
Tabela 3.8 – Decomposição da $SQ_{G \times A}$ e porcentagem de explicação de cada autovalor, na análise de estabilidade e adaptabilidade nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná	68

Tabela 3.9 – Correlações significativas entre os diferentes parâmetros de quatro metodologias de análise de estabilidade fenotípica, nos 17 ambientes avaliados nos anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná	73
Tabela 3.10 – Formação de grupos com interação G x A não significativa nos 17 ambientes avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná	78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da cultivar Carioca, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.58
- Figura 3.2** – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da cultivar Iapar 81, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.58
- Figura 3.3** – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da linhagem LP 99-55, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.58
- Figura 3.4** – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da linhagem LP 99-63, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.58
- Figura 3.5** – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da linhagem LP 99-79, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.59
- Figura 3.6** – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da cultivar Pérola, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.59
- Figura 3.7** – Desempenho da linhagem LP 99-55 comparada com as testemunhas Carioca, IAPAR 81 e Pérola.59
- Figura 3.8** – Desempenho da linhagem LP 99-63 comparada com as testemunhas Carioca, IAPAR 81 e Pérola.60
- Figura 3.9** – Desempenho da linhagem LP 99-79, comparada com as testemunhas Carioca, IAPAR 81 e Pérola.60

Figura 3.10 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da cultivar Carioca, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	63
Figura 3.11 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da cultivar IAPAR 81, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	63
Figura 3.12 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da linhagem LP 99-55, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	63
Figura 3.13 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da linhagem LP 99-63, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	63
Figura 3.14 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da linhagem LP 99-79, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	64
Figura 3.15 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da cultivar Pérola, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	64
Figura 3.16 – Gráfico AMMI1 para a característica produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	69
Figura 3.17 – Gráfico AMMI2 para a característica produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.....	70
Figura 3.18 – Comparação de estabilidade fenotípica entre a linhagem LP 99-79 e a cultivar Pérola.	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO (PHASEOLUS VULGARIS)	16
2.1.1 Características Botânicas.....	16
2.1.2 Origem e Distribuição Geográfica	17
2.1.3 Utilização e Importância da Cultura.....	19
2.1.4 Variabilidade Genética	23
2.2 INTERAÇÃO ENTRE GENÓTIPOS E AMBIENTE (G x A)	24
2.3 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA	27
2.3.1 Metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966).....	29
2.3.2 Metodologia proposta por Verma; Chahal e Murty. (1978).....	30
2.3.3 Metodologia Proposta por Lin e Bins (1988)	31
2.3.4 Metodologia Proposta por Eskridge (1990)	32
2.3.5 Análise AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction)	35
2.3.6 Análise Não Paramétrica.....	38
2.3.7 Estratificação de Ambientes	39
3 ARTIGO – ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM FEIJÃO	42
3.1 RESUMO	42
3.2 ABSTRACT	43
3.3 INTRODUÇÃO	44
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	46
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.5.1 Análise de Variância.....	50
3.5.2 Metodologia proposta por Eberhart e Russel (1966).....	55
3.5.3 Metodologia proposta por Verma; Chahal e Murty. (1978).....	61
3.5.4 Metodologia Proposta por Eskridge (1990)	64
3.5.5 Análise AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction)	67
3.5.6 Comparação de Metodologias.....	71
3.5.7 Análise Não Paramétrica.....	75

3.5.8 Estratificação de Ambientes	77
3.6 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS	81
APÊNDICES	91
APÊNDICE A – Comparação entre Metodologias	92

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* (L.)), dentre as espécies cultivadas, é uma das mais difundidas no Brasil. A importância dessa produção deve-se ao feijão ser constituinte essencial da alimentação básica da grande maioria dos brasileiros, sendo um dos principais fornecedores de proteínas na alimentação das camadas sociais menos favorecidas economicamente.

A cultura do feijoeiro tem ampla adaptação edafoclimática, sendo possível o seu cultivo, durante todo o ano, nas mais diversas regiões do Brasil. Isso possibilita a constante oferta do produto no mercado e a sua produção em diversos ecossistemas, em monocultivo e/ou consorciado, favorecendo a diversificação na produção.

Considerando-se as inúmeras variações ambientais a que o feijoeiro é comumente submetido no Brasil, é esperado que a interação de genótipos por ambientes (G x A) assuma papel fundamental na manifestação fenotípica. Por esta razão a interação G x A deve ser estimada e, sobretudo, deve ser avaliada a sua importância na indicação das cultivares e no programa de melhoramento genético (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). Uma das maneiras de se contornar as inconveniências da interação G x A, é procurar regionalizar a indicação das cultivares.

A regionalização da indicação passou a figurar como estratégia da empresa que produz cultivares ou que pelo menos produz e comercializa sementes, visto que com a regionalização dos trabalhos de testes de cultivares, busca-se responder à pergunta: onde produzir e comercializar com maior sucesso as novas cultivares? Com dados de testes em vários ambientes, devidamente interpretados, pode-se abordar o mercado de maneira mais agressiva e segura. Além disso, a regionalização possibilita reduzir os custos da experimentação, testando-se os materiais em pontos chaves, cujos resultados possam ser extrapolados para regiões semelhantes, porém distantes.

A regionalização pressupõe maior critério e detalhamento da recomendação/indicação de cultivares, uma vez que não basta indicar um material para o país ou mesmo um estado inteiro. Tem-se que respeitar as particularidades ecológicas regionais e não as fronteiras administrativas, bem como as condições de

cultivo com maior ou menor uso de tecnologia disponível. Portanto, trabalhar com regionalização de cultivares implica em mais esforço de pesquisa, pois a interação genótipos por ambientes dificulta a interpretação dos resultados. Isso é função de que raramente um determinado genótipo se mantém como o melhor do grupo nos diversos ambientes em que foi testado, podendo haver alteração da magnitude da diferença entre os genótipos ou mesmo inversão na classificação dos mesmos.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a performance agrônômica de linhagens e cultivares de feijoeiro pertencentes ao grupo cores, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do IAPAR, com enfoque para a produtividade de grãos, a estabilidade e adaptabilidade geral ou específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* (L.))

2.1.1 Características Botânicas

O feijão comum é uma planta anual herbácea, trepadora ou não, pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, gênero *Phaseolus*. Está classificado como *Phaseolus vulgaris* (L.) (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2006).

A planta do feijoeiro é um pouco pubescente, de caules finos e eretos, atingindo até 65 centímetros de altura, ou trepadeira de até três metros de extensão. As folhas são simples e opostas nas folhas primárias; e compostas, constituídas de três folíolos peciolados. As flores podem ser de coloração branca, branco-amarelada, lilacínea ou roxa, de até 25 milímetros, dispostas em ramos axilares muito mais curtos que as folhas. O fruto é uma vagem linear, reta ou curvada, de até 15 centímetros de comprimento e até 15 milímetros de largura, contendo sementes reniformes de cor uniforme (cultivar unicolor) ou com mácula de outra cor (*maculatus*), ou com manchas pequenas em número variável (pardas), ou ainda com linhas desiguais cruzadas (*variegatas*). O sistema radicular do feijoeiro é formado por uma raiz principal, ou primária, da qual se desenvolvem, lateralmente, as raízes secundárias e terciárias (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2006).

O feijoeiro pode apresentar duas formas de crescimento, determinado e indeterminado. O hábito de crescimento determinado caracteriza-se por ter o caule e os ramos laterais terminando em uma inflorescência e possuir um número limitado de nós; a floração inicia-se do ápice para a base da planta. O hábito indeterminado é caracterizado por possuir um caule principal com crescimento contínuo, numa sucessão de nós e entrenós; as inflorescências são axilares, e a floração inicia-se da base para o ápice da planta. Condições do ambiente podem influenciar o hábito de crescimento do feijoeiro, que deve ser avaliado durante a floração e a maturação fisiológica (VIEIRA; PAULA JÚNIOR; BORÉM, 2006).

Segundo Lollato (1980), o feijoeiro sendo uma planta de ciclo curto, de 70 a 100 dias, exige uma boa disponibilidade de água durante todo o ciclo vegetativo. Tem como pontos críticos de necessidades hídricas as fases de emergência e fixação da planta no solo, o florescimento e a formação e enchimento de vagens. Desde a maturação fisiológica das sementes até a colheita, é essencial um período seco para obtenção de sementes de boa qualidade.

2.1.2 Origem e Distribuição Geográfica

Existem diversas hipóteses que tentam explicar não somente a origem da planta, mas também de quando teria o homem começado a utilizá-la como uma cultura doméstica.

Tipos selvagens, similares a cultivares criolas simpátricas, encontrados no México e a existência de tipos domesticados, datados de cerca de 7.000 a.C., na Mesoamérica, suportam a hipótese de que o feijoeiro teria sido domesticado na Mesoamérica e disseminado, posteriormente, na América do Sul. Por outro lado, achados arqueológicos mais antigos, cerca de 10.000 a.C., de feijões domesticados na América do Sul (sítio de Guitarrero, no Peru) são indícios de que o feijoeiro teria sido domesticado na América do Sul e transportado para a América do Norte (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2007).

Conforme Kaplan, Lynch e Smith (1973), achados arqueológicos indicam que antes de 6.000 a.C., *Phaseolus vulgaris* já se constituía uma espécie domesticada entre os nativos do Peru, o que sugere ter sido a espécie diferenciada de formas nativas, através de seleção natural.

Existem relatos antigos do feijão que ocorreram na Bíblia, no Egito, nas ruínas de Tróia, no Império Romano, nas cortes inglesas e francesas, onde o feijão fazia parte da dieta dos guerreiros para as guerras, ajudando assim o seu uso e cultivo, uma vez que esse alimento fazia parte essencial da dieta dos guerreiros em marcha (EMBRAPA, 2007).

A origem evolutiva do gênero *Phaseolus* e sua diversificação primária ocorreram nas Américas (VAVILOV, 1931 apud DEBOUCK, 1991), mas o

local exato onde isto se deu é ainda motivo de controvérsia (GEPTS; DEBOUCK, 1991).

Dados recentes sugerem que as cultivares atuais de feijão são o resultado de múltiplos eventos de domesticação, com dois centros primários, um na América Central e o outro ao Sul dos Andes (Sul do Peru, Bolívia, Norte da Argentina). Um terceiro centro é ainda sugerido na região da Colômbia (GEPTS; DEBOUCK, 1991).

Quanto à distribuição geográfica, sabe-se que a espécie *Phaseolus vulgaris* encontra-se distribuída em toda a América Latina, entre as latitudes de 33°S e 13°N. (MIRANDA, 1974).

No Brasil, são cultivados os gêneros *Phaseolus* e *Vigna*, sendo o primeiro (carioca e preto) mais cultivado nas regiões Centro-oeste e Sul e o segundo (macacar/caupi) nas regiões Norte e Nordeste (DOURADO NETO; ITO, 2006).

Por ser cultivado em quase todas as regiões brasileiras, a cultura do feijoeiro é submetida a condições climáticas bastante distintas, como precipitação pluvial, temperatura do ar e radiação solar, que podem, em diferentes intensidades, afetar a produtividade de grãos do feijoeiro (INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANA - IAPAR, 1989).

O feijoeiro comum é cultivado em três safras, praticamente em todo o território nacional, durante o ano todo, estando sujeito às mais diferentes condições ambientais. Além disso, é utilizado por diversas categorias de agricultores, desde a agricultura de subsistência, com escasso ou sem nenhum uso de tecnologia, até o grande empresário agrícola, com utilização da mais moderna tecnologia de produção (MELO, et al.; 2007).

O cultivo do feijoeiro ocorre em três épocas: safra das águas, safra da seca e de outono / inverno. No Paraná, a semeadura da safra das águas ocorre nos meses de agosto a novembro. Cerca de 70% da produção paranaense em 2005 foi oriunda desta safra. A safra da seca contribui com aproximadamente 30% da produção total do estado, ocorrendo a semeadura nos meses de dezembro a fevereiro. Observa-se nesse período, o cultivo de lavouras altamente tecnificadas, caracterizando uma agricultura empresarial com grande utilização de tecnologia e resultando em produtividade de grãos média elevada (PARANÁ, 2006).

O feijão de outono/inverno contribuiu com aproximadamente 3% da área cultivada com feijão no Paraná, a qual é concentrada nas regiões Norte e

Noroeste do Estado, em sucessão às culturas de soja, milho e algodão. A semeadura nesse período, abril a junho, constitui-se em uma atividade de alto risco devido à falta de chuva e às baixas temperaturas durante o desenvolvimento da planta, que quando associados ao baixo nível tecnológico adotado resulta em produtividades de grãos muito baixas (PARANÁ, 2006).

Segundo Lollato (1980), o estado do Paraná contribui com mais de 25% da produção brasileira de feijão, cultivando cerca de 20% da área destinada à produção de feijão no Brasil. O feijão é cultivado em quase todas as regiões do estado do Paraná, havendo maior concentração nas regiões Oeste, Sudoeste e Centro Sul.

2.1.3 Utilização e Importância da Cultura

Os feijões estão entre os alimentos mais antigos, remontando aos primeiros registros da história da humanidade. Eram cultivados no antigo Egito e na Grécia, sendo, também, cultuados como símbolo da vida. Os antigos romanos usavam extensivamente feijões nas suas festas gastronômicas, utilizando-os até mesmo para votar (o feijão branco representava um sim e o feijão preto representava um não) e como pagamento de apostas. Foram encontradas referências aos feijões na Idade do Bronze, na Suíça, e entre os hebraicos, cerca de 1.000 a.C. As ruínas da antiga Tróia revelam evidências de que os feijões foram os pratos favoritos dos robustos guerreiros troianos (EMBRAPA, 2007).

Os cinco países de maior produção de feijão são Brasil, China, Índia, México e Myanmar, contribuindo com aproximadamente 80% da produção mundial. O Brasil, no ano de 2004, conquistou a posição de país de maior volume de produção de feijão (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2005).

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão com uma produção estimada em 3.265 milhões de t, em 4.034 milhões de ha, com uma produtividade média de grãos de 808 kg/ha, na safra 2005/2006 (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2007).

Apesar de ser o maior país produtor de feijão, o Brasil também é um dos maiores consumidores, o que ocasionou a necessidade de compra de feijão durante os anos de 2002 e 2003 para suprir o consumo interno em períodos de entressafra brasileira (DOURADO NETO; ITO, 2006).

O consumo de feijão vem diminuindo nos últimos 40 anos, ou seja, de mais de 20 quilos por habitantes ao ano na década de 70, passou para 16 Kg/habitantes/ano, no final dos anos 90, representando uma redução de 1,3% ao ano, enquanto a população cresceu 2,2% (YOKOYAMA; BANNO; KLUTHCOUSKI, 1996; FERREIRA; DEL PELOSO; FARIA, 2002), com uma média de 17,4 kg/habitante/ano (RAMALHO, 2001). O consumo de feijão vem sendo substituído pelo consumo da carne de frango, derivados de suínos e farináceos, que vêm sendo ofertados aos consumidores por preços similares ao do feijão (DOURADO NETO; ITO, 2006).

No Brasil, o consumo atual de feijão é de aproximadamente 16 kg/hab./ano, existindo preferências de cor, tipo de grão e qualidade culinária em algumas regiões do País. O feijão tipo carioca é o mais comercializado, abrangendo cerca de 70% do total produzido no País (CONAB, 2007).

No Brasil são usadas várias cultivares de feijão que representam, basicamente, os tipos comerciais mais comuns: Preto, Carioca, Mulatinho, Roxo, Rosinha e Amarelo (SILVA, 1999).

A preferência do consumidor é regionalizada e diferenciada principalmente quanto à cor e ao tipo de grão. Segundo a Embrapa (2006), o feijão preto é mais popular no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul e leste do Paraná, Rio de Janeiro, sudeste de Minas Gerais e sul do Espírito Santo. Os feijões de grão tipo carioca é a preferência de praticamente todo o Brasil. O feijão mulatinho é mais aceito na Região Nordeste e os tipos roxo e rosinha são mais populares nos estados de Minas Gerais e Goiás. Como na maior parte dos estados brasileiros, no Paraná a preferência é por feijões com grãos tipo carioca.

O feijão é o principal produto básico na alimentação do povo brasileiro, principalmente das classes menos favorecidas. Além do alto teor protéico, o feijão ainda apresenta teor elevado de lisina, que exerce efeito complementar às proteínas dos cereais, fibras alimentares, com seus respectivos efeitos hipocolesterolêmico e hipoglicêmico, alto conteúdo de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O consumo em quantidades de média a alta de feijão está sendo associado a diminuição no desenvolvimento de doenças como o diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares e até mesmo neoplasias. Acredita-se que esse efeito benéfico do consumo do feijão é devido à presença de metabólitos secundários nessa leguminosa, os fitoquímicos, sendo que os presentes em maiores concentrações são os compostos fenólicos e os flavonóides (EMBRAPA, 2007).

Segundo dados publicados na FAO (2008), o feijão contém uma proporção em proteínas (22%) e calorias (350 por 100gramas de feijão). Elevado valor nutritivo, especialmente em cálcio (160 mg%) ferro (10 mg%), niacina (2,9 mg%), ácido fólico (180 μ g %) e manganês (1 mg%). Quantidade baixa de vitaminas. Possui vitamina B1 (370 gamas em 100 gramas) e B2 (160 gamas em 100 gramas de feijão). O teor protéico encontrado no feijão varia de 15 a 33%, é também um alimento energético, com 341 calorias por 100 gramas (POMPEU, 1993).

O feijão, que tem na sua composição ferro, minerais e vitaminas, mostra-se eficaz na prevenção da anemia ferropriva, auxiliando na recuperação de crianças com baixo peso e prevenindo a evolução negativa dos índices de risco nutricional em crianças, quando oferecido na alimentação escolar, em creches e em programas de distribuição do produto para consumo nas residências (Almeida, 2006). A anemia ferropriva pode ser definida como a diminuição anormal na concentração de hemoglobina no sangue (FISBERG et al., 2003).

De acordo com Carper (1998), muitos pesquisadores consideram o feijão um alimento funcional devido à sua capacidade de promover benefícios à saúde, pois proporciona a saciedade, podendo ser um aliado no controle do peso, evitando a obesidade. A abundância de fibra solúvel no feijão permite um equilíbrio nos níveis de açúcar no sangue, importante para as dietas de pessoas com diabetes. O feijão é citado como um "alimento mágico", que reduz consistentemente o mau colesterol (LDL), afastando assim o risco de doenças cardíacas.

Do ponto de vista bromatológico, o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* (L.)) fornece por 100g cerca de 350 calorias, 20-24 gramas de proteínas de mais baixa digestibilidade que a de outros produtos animais e cereais. Sua proteína contém os aminoácidos essenciais, mas é baixo o conteúdo dos aminoácidos sulfurados e do triptofano. Eles têm ao redor de 60 a 65% de hidratos de carbono, os quais não têm óleo. Contém mais fibra que os cereais e é quantitativamente uma boa fonte de ferro, mas também de baixa biodisponibilidade (OLIVEIRA, 2006).

Quanto ao aspecto culinário, os feijões são excepcionais, sendo utilizados tanto para salgados como para doces, aceitando os mais diferentes temperos e misturas com outros alimentos. Pode ser apresentado simplesmente cozido com os grãos inteiros ou amassado formando caldo grosso; pode ser preparado como sopa; como salada, com os grãos inteiros (MEIRA, 2007)

Além de o feijão ser o alimento básico na alimentação do brasileiro constituindo-se na principal fonte de proteína das classes de menor renda da população, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância econômico-social, devido principalmente à mão-de-obra empregada durante o ciclo da cultura (IAPAR, 1989).

De acordo com o Censo de 1995/96, os agricultores familiares foram responsáveis por 67% da produção de feijão. A região Sul do Brasil é a mais forte em termos de agricultura familiar, representada por 90,5% de todos os estabelecimentos da região, ou 907.635 agricultores familiares, ocupando 43,8% da área e produzindo 57,1% do Valor Bruto da Produção (VBP) regional (NOVO..., 2000).

A agricultura familiar, responde no Brasil por sete de cada dez empregos no campo e por cerca de 40% da produção agrícola. Atualmente, cerca de 35% dos alimentos que compõem a cesta alimentar distribuída pela Conab originam-se da agricultura familiar. E a maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros vem das pequenas propriedades (CONAB, 2007).

Os agricultores concentram seu trabalho entre os membros da família do próprio agricultor. Do total de Unidades de Trabalho utilizadas na agricultura familiar, apenas 4% são contratadas, sendo todo o restante do trabalho desenvolvido por membros da família (NOVO..., 2000).

A cultura do feijoeiro é atividade principal de uma parcela significativa dos produtores agrícolas do estado do Paraná, sendo formada especialmente por pequenos produtores familiares com áreas normalmente inferiores a 20 ha, caracterizados pelo uso de tração animal e baixa intensidade no uso de capital (IAPAR, 1989).

2.1.4 Variabilidade Genética

O feijoeiro é uma planta autógama, embora ocorra uma taxa de 1 a 8 por cento de cruzamentos naturais, variando de local para local, em função da população de insetos polinizadores (ALBERINI; LOLLATO, 1980).

Pompeu (1993) realizou estudos utilizando cultivares portadoras do gene recessivo responsável pela coloração branca das flores, e uma cultivar portadora do alelo dominante para a cor violeta. Essas cultivares foram plantadas em linhas alternadas e na forma hexagonal em que cada planta recessiva ficou rodeada por seis plantas dominantes. Obtendo taxa de cruzamentos naturais em Campinas de 1,26%, na cultura da seca, e 1,33%, no plantio das águas; e em Pindorama, os valores obtidos foram de 6,0% e 4,8%, respectivamente, para as épocas da seca e das águas.

A variabilidade genética é um dos princípios da vida, e o reino vegetal, com sua vasta complexidade, não teria se desenvolvido sem a sua presença. Além da variabilidade genética já existente na natureza, a do germoplasma pode ser amplificada por meio de mutações (naturais ou induzidas), recombinações gênicas, transformação pela tecnologia de DNA recombinante e por mutações somáticas (BORÉM, 1997).

A fonte básica da variabilidade genética disponível ao melhoramento de plantas cultivadas relaciona-se, em princípio, a cultivares primitivas ou avançadas e aos ancestrais selvagens de espécies comerciais (VALOIS et al., 2001). Uma das alternativas para incrementar a produtividade de grãos média do feijoeiro é a melhor utilização dos recursos genéticos existentes como fonte de variabilidade genética nos programas de melhoramento (BUSO et al., 2001).

A grande variabilidade genética presente no germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* (L.)) em uso na agricultura familiar no Brasil tem sido plenamente reconhecida. Essa variabilidade, existente em populações de feijão sob cultivo nas pequenas propriedades, é de fundamental importância na estratégia de sobrevivência dos pequenos agricultores, pois eles selecionam os materiais adaptados às suas condições agro ecológicas e socioeconômicas, que são diferentes das encontradas nos grandes cultivos (CORDEIRO; MARCATTO, 1994).

Rodrigues et al. (2002), concluiu que as cultivares de feijão em poder dos agricultores do Rio Grande do Sul apresentam maior variabilidade genética, quando comparadas com as geradas pela pesquisa.

Em trabalho realizado pelo Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Arroz e Feijão para aferir a variabilidade genética de 30 linhagens elites que compõe os ensaios finais de avaliação feitos pelo programa de melhoramento utilizando 25 marcadores microsátélites (SSR - Simple Sequence Repeats), detectou-se que as linhagens possuem variabilidade genética, o que quer dizer que as combinações realizadas pelos melhoristas possuem alta probabilidade de gerar materiais com mais características de interesse comercial (EMBRAPA, 2007).

Segundo Valois et al. (2001), em contraste com as populações naturais, as cultivares modernas são extremamente uniformes. Se por um lado a cultivar responde em termos de maior produtividade de grãos, por outro seu valor adaptativo fica comprometido, devido a uma maior vulnerabilidade a mudanças ambientais, embora a diversidade de ambientes ocupados pelas cultivares modernas seja maior que aquela dos ambientes relacionados aos centros de origem da espécie.

Além de incrementar a produtividade de grãos, o uso de cultivares melhoradas é insumo de baixo custo no sistema de produção e, conseqüentemente, de fácil adoção pelos produtores (DEL PELOSO et al., 2002).

2.2 INTERAÇÃO ENTRE GENÓTIPOS E AMBIENTES (G x A)

A alteração no desempenho relativo dos genótipos, em virtude da diferença de ambiente, é denominada interação genótipo x ambiente (BORÉM, 1997). Para Montalván e Montaña-Velasco (1999), a interação genótipos x ambientes é o comportamento diferenciado de genótipos quando cultivados em vários ambientes.

A influência dos fatores ambientais altera o fenótipo, ou seja, indivíduos geneticamente diferentes desenvolvem-se de modo diferente no mesmo ambiente, mas também indivíduos geneticamente idênticos desenvolvem-se desigualmente em ambientes diferentes (RAMALHO; SANTOS; PINTO, 2000). O

estudo da interação genótipos x ambientes torna-se necessário nos programas de melhoramento, desde a escolha de parentais à indicação e liberação de novas cultivares (FINLAY; WILKINSON, 1963; EBERHART; RUSSELL, 1966; CRUZ; REGAZZI, 1994).

Segundo Falconer e Mackay (1996), o caráter produtividade de grãos é governado por vários genes de pequeno efeito sobre o fenótipo, classificando esse caráter como quantitativo, ou seja, existe forte influência na expressão desse caráter.

Para que a interação genótipos x ambientes seja detectada estatisticamente é necessário que se disponham diferentes genótipos, testados em diferentes ambientes, e que haja repetições destes genótipos em cada ambiente (FONSECA JÚNIOR, 1999). Algumas cultivares podem apresentar produções estáveis, altas ou baixas, em uma ampla faixa de ambientes, enquanto outras apresentam variações, à medida que as condições ambientais são modificadas (COMSTOCK; MOLL, 1963).

Para se diminuir a interação G x A, pode-se melhorar a previsão do desempenho dos genótipos através de três formas básicas. A primeira, melhorando-se o modelo matemático, incluindo-se co-variáveis, como a população e a reação às doenças para auxiliarem na explicação do comportamento dos genótipos, quando se analisa a produtividade de grãos ou biomassa. A segunda maneira é através do agrupamento prévio dos genótipos em ensaios distintos, segundo o ciclo, a estatura, a reação a fatores abióticos, como reação ao alumínio, tolerância ao calor ou às geadas precoces, entre outros, tornando o grupo de genótipos o mais homogêneo possível, para melhor equilibrar a comparação, facilitando a seleção final. A terceira maneira de se diminuir a interação G x A é por meio da regionalização dos ensaios, procurando agrupar os locais em classes relativamente homogêneas, onde a interação seja mínima, possibilitando a extrapolação dos resultados para os locais inseridos no mesmo grupo (FONSECA JÚNIOR, 1999).

Segundo Chaves (2001), na presença de interação genótipos com ambientes o modelo básico que considera a expressão fenotípica como resultado da ação de variações ambientais sobre o valor genotípico, torna-se insuficiente para expressar a variação dos dados. A inclusão da interação pode ser feita utilizando-se o modelo: $F = G + A + GA$, sendo GA a parcela relativa à interação.

Para Cruz e Regazzi (2001), antes de estudar a interação genótipos por ambientes é fundamental que seja feita a análise de variância em cada ambiente, para avaliar a existência de variabilidade genética entre as cultivares estudadas, a precisão relativa de cada experimento e a homogeneidade das variâncias residuais.

Segundo Fonseca Júnior (1999), na tentativa de auxiliar o agricultor na decisão, a pesquisa oficial organiza testes regionais e mesmo nacionais de competição de genótipos, que são testados em diferentes condições do país. Após a análise de variância para cada local, efetua-se a análise conjunta, na qual se verifica o efeito da interação genótipos por ambientes (G x A).

Para Falconer e Mackay (1996), quando a correlação está presente, a variância fenotípica é acrescida de duas vezes o valor da covariância dos desvios do ambiente. A correlação baixa indica que o genótipo superior em um ambiente, normalmente, não terá o mesmo desempenho em outro ambiente. De acordo com Borém (1997), um genótipo que é superior em ambientes muito específicos, mas apresenta comportamento medíocre em outros, só terá valor se as condições ambientais requeridas por ele forem prevaletes.

A etapa principal de qualquer programa de melhoramento é a fase de avaliação de cultivares visando à identificação e indicação de genótipos superiores (FARIAS et al., 1997). O feijão, por ser uma espécie extremamente sensível às variações do ambiente, a partir da década de 80, tem sido alvo de muitas pesquisas relacionadas à interação genótipo x ambiente, principalmente no Brasil (DUARTE; ZIMMERMANN, 1992; 1994; 1995; MIRANDA et al., 1993; RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

Considerando-se as inúmeras variações ambientais em que o feijoeiro está comumente submetido no Brasil, é esperado que a interação de genótipos por ambientes (G x A) assumam papel fundamental na manifestação fenotípica. Por esta razão deve ser estimada e, sobretudo deve ser avaliada a sua importância na indicação das cultivares e no programa de melhoramento genético (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). Uma das maneiras de se contornar os inconvenientes da interação G x A, é procurar regionalizar a indicação das cultivares.

Segundo Vendruscolo (1997), a interação genótipos por ambientes é um fator que dificulta o trabalho do melhorista na indicação de cultivares para amplo

espectro de ambientes de cultivo. O emprego de análises de estabilidade e de adaptabilidade fenotípica pode minimizar o risco de cometer erros na seleção destes genótipos, quando na presença de interação G x A significativa.

Existe mais de uma dezena de métodos para se avaliar a performance genotípica, utilizada mais freqüentemente no melhoramento de plantas (CRUZ; REGAZZI, 1994). A diferença entre eles origina-se nos parâmetros adotados para a sua avaliação, nos procedimentos biométricos empregados para avaliá-la (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992) ou na informação ou detalhamento de sua análise (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Alguns destes métodos de análises permitem, também, dividir os efeitos da interação G x A em efeitos de genótipos e de ambientes, revelando a contribuição relativa de cada um para a interação total (ROCHA, 2002).

2.3 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA

Há alternativas para diminuir os efeitos das interações genótipos x ambientes. Uma das mais empregadas é a identificação de cultivares por meio de diversas metodologias de adaptabilidade e estabilidade (CRUZ; REGAZZI, 1994). A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente e a estabilidade diz respeito à capacidade de os genótipos mostrarem comportamento altamente previsível em razão do estímulo do ambiente (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Para Verma; Chahal; Muty (1978), a adaptabilidade é definida como a capacidade dos genótipos apresentarem produtividades elevadas e constantes em ambientes desfavoráveis, tendo habilidade de responder às melhorias ambientais. Já a estabilidade de um genótipo pode ser definida como a previsibilidade de adaptação ou como o ajuste do genótipo ao modelo estatístico. Alliprandini (1992) definiu estabilidade com relação à estatística do coeficiente de determinação (R^2) e dos desvios de regressão (s^2_{di}), e adaptabilidade com base no desempenho do genótipo em relação à média dos genótipos avaliados e da responsividade medida pelo coeficiente de regressão (b_i).

Para Eberhart e Russel (1966), há tendência de a estabilidade ter conotação de previsibilidade, interpretada pelos desvios da regressão linear, de modo que o genótipo será considerado estável se este desvio for pequeno. Este conceito de estabilidade, usado por Morais (1980) como de comportamento, é aquele que interessa ao melhorista e está associado ao conceito de adaptabilidade, ou seja, a estabilidade de comportamento de um cultivar determina a confiabilidade, ou veracidade, do parâmetro adaptabilidade estimada.

Lin, Binns e Lefkovitch (1986) definiram três tipos de estabilidades, sendo: Estabilidade tipo 1: um genótipo é considerado estável quando apresentar pequena variância entre ambientes; Estabilidade tipo 2: um genótipo é considerado estável quando é capaz de responder de forma paralela à resposta média de todos os genótipos do ensaio, frente às variações ambientais ($\beta_1 = 1$); Estabilidade tipo 3: um genótipo é considerado estável quando o quadrado médio residual do modelo de regressão em relação a um índice ambiental é pequeno (σ^2_{di} de baixa magnitude).

Segundo Pacheco et al. (2005), é sabido que a escolha de uma melhor estabilidade geralmente resulta em rendimentos médios mais baixos e, inversamente, que a seleção de rendimentos médios mais elevados podem levar a estabilidade mais pobres.

Finlay e Wilkinson (1963) definiram adaptabilidade geral como a capacidade que alguns genótipos possuem de terem um comportamento positivo em uma ampla gama de ambientes contrastantes, e adaptabilidade específica à capacidade destes genótipos de se comportarem bem em ambientes específicos, sejam desfavoráveis ou favoráveis.

Verma; Chahal; Muty (1978) consideraram que um genótipo ideal seria aquele com alta resposta à melhoria das condições ambientais e, ao mesmo tempo, tolerante às condições de ambientes desfavoráveis.

Segundo Cruz e Regazzi (2001), existem diversas metodologias de análise de estabilidade e de adaptabilidade de comportamento fenotípico dos genótipos, as quais diferem basicamente nos princípios estatísticos utilizados para cada uma delas. Algumas são mais simples ou mais complexas, tanto na aplicação quanto na sua interpretação, mas todas são fundamentais na presença de interação G x A significativa.

As metodologias baseadas em regressão são as mais utilizadas para estudos de estabilidade e adaptabilidade fenotípica, sobretudo pela simplicidade matemática e de interpretação biológica (LAVORANTI 2003).

2.3.1 Metodologia Proposta por Eberhart e Russel (1966)

No método proposto por Eberhart e Russell (1966), para cada genótipo é computada uma regressão linear simples da variável dependente, em relação a um índice ambiental (diferença entre a média de cada ambiente e a de todos os ambientes), cujos valores podem ser positivos ou negativos. Os negativos indicam os ambientes desfavoráveis, evidenciando áreas de cultivo cujo índice tecnológico empregado é baixo ou regiões com condições edafoclimáticas adversas. Os positivos indicam os ambientes favoráveis, associados a regiões com condições climáticas e edáficas apropriadas à aptidão da cultura ou áreas de cultivo onde se emprega alta tecnologia de produção.

A metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966) se baseia na análise de regressão linear, com dados não-transformados, e se assemelha à de Finlay e Wilkinson (1963) nos parâmetros estimados. Porém, diferem-se no conceito de estabilidade adotado, além de não requerer a transformação dos dados e o índice ambiental se referir à diferença entre a média de todos os cultivares em cada local e a média geral.

Segundo Jobim (1990), o modelo de análise proposto por Eberhart e Russell (1966) é informativo, pois utiliza três parâmetros, adaptabilidade, estabilidade e a produtividade de grãos média, proporcionando um benefício significativo na avaliação e caracterização de genótipos em programas de melhoramento.

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), o método de Eberhart e Russell tem sido empregado quando se dispõe de um número de ambientes acima de três. Com ambientes em número igual ou maior do que oito, pode-se adotar um modelo bissegmentado. De maneira geral, a análise da estabilidade, além das propriedades intrínsecas que possui, é uma maneira alternativa de estudar o fenômeno da interação genótipos x ambientes.

2.3.2 Metodologia Proposta por Verma; Chahal; Muty (1978)

Verma; Chahal; Muty (1978) propuseram uma técnica alternativa de regressão que consiste no ajustamento de suas regressões lineares separadamente: uma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos, e outra para os ambientes favoráveis, os quais possuem índices positivos, incluindo também o menor índice de ambiente desfavorável, em valor absoluto, para a continuidade da reta de genótipo teoricamente ideal. Esse genótipo com performance genotípica ideal é aquele com produtividades relativamente elevadas e invariante em ambientes desfavoráveis, mas com capacidade para responder a ambientes favoráveis, isto é, à melhoria do ambiente. Já o conceito de estabilidade é o mesmo adotado por Eberhart e Russell. Estes parâmetros são os mais utilizados para a avaliação da performance genotípica, quando se refere a caracteres como produtividade de grãos. Também são os que mais interessam ao melhorista e mais adequados aos propósitos da recomendação de cultivares.

A segmentação da resposta ambiental em ambientes desfavoráveis e favoráveis foi proposta por Verma; Chahal; Muty (1978), como uma modificação do método de Eberhart e Russell (1966). Segundo os autores, seria difícil identificar o genótipo ideal, que deve ser pouco sensível às condições ambientais desfavoráveis, possuir uma média de produtividade alta e ser responsivo em ambientes favoráveis. Porém, apresenta como desvantagem o fato de não utilizar o total de ambientes; separando ambientes favoráveis e desfavoráveis, reduzindo o número de pontos disponíveis para cada região do gráfico, diminuindo o número de graus de liberdade do resíduo e o coeficiente de determinação (R^2).

Essa metodologia foi aperfeiçoada por Silva e Barreto (1985) e posteriormente por Cruz et al. (1989). Ela baseia-se em uma análise de regressão bissegmentada e tem como parâmetros de estabilidade e adaptabilidade a média (b_{0i}), a resposta linear aos ambientes desfavoráveis (b_{1i}), a resposta linear aos ambientes favoráveis ($b_{1i} + b_{2i}$) e o desvio da regressão (s^2_{di}). Utiliza-se um modelo de regressão em que I_j e $T(I_j)$ fazem o papel de variável independente.

De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), por esse modelo pode-se detectar, por exemplo, se um tratamento tem comportamento diferente nos ambientes desfavoráveis e favoráveis. Assim, se b_{1i} for baixo e $b_{1i} + b_{2i}$ for alto, tem-

se a indicação de que o genótipo não é afetado pela deterioração da qualidade ambiental, mas é responsivo se as condições ambientais melhoram.

A principal vantagem do método de Verma et al. (1978) é permitir que o ponto de interseção entre as duas retas seja flutuante, ou seja, não determina que sempre a inclinação da reta de regressão de uma determinada cultivar se estabeleça no ponto zero. A interseção fora dos limites observados do índice ambiental sugere que a reta única explica melhor a regressão (FONSECA JUNIOR, 1987).

2.3.3 Metodologia Proposta por Lin e Binns (1988)

A metodologia de Lin e Binns (1988) estima o índice de estabilidade P_i , que é o desvio da cultivar i em relação ao material de desempenho máximo em cada ambiente; logo, quanto menor o valor de P_i , mais adaptado será o material. De acordo com a expressão que estima o P_i , quanto menor o seu valor, menor será também o desvio em torno da produtividade máxima em cada ambiente. Assim, maior estabilidade estará obrigatoriamente associada a maior produtividade (LIN; BINNS, 1988).

Segundo os autores, a estimativa do P_i pode ser ainda desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo, isto é, uma soma de quadrados de genótipos; e a segunda, correspondente à parte da interação genótipo x ambiente. A primeira parte não é prejudicial ao trabalho do melhorista, pois não implica, necessariamente, alteração na classificação dos materiais; a segunda parte, entretanto, pode afetar a classificação dos materiais. Logo, o ideal é um material que apresente o menor P_i possível e que a maior parte desse valor seja atribuída ao desvio genético.

2.3.4 Metodologia Proposta por Eskridge (1990)

Segundo Eskridge (1990), quando o objetivo é selecionar genótipos que tenham a menor chance possível de apresentar produtividades insatisfatórias sob condições ambientais variáveis, a metodologia de análise de estabilidade fenotípica baseada em componentes de primeira segurança (safety-first) é uma boa opção para os melhoristas.

Na metodologia proposta por Eskridge (1990), parte dos fundamentos apresentados por Kataoka (1963), foram adaptados a este modelo para quantificar a importância relativa da produtividade e da estabilidade, e para desenvolver índices de seleção específicos para três tipos de estabilidade citados por Lin, Binns e Lefkovich (1996), dando ênfase à seleção de genótipos que apresentam o menor risco possível de proporcionar produtividades inferiores àquele limite mínimo necessário para se evitarem prejuízos certos aos agricultores que forem cultivar.

Kataoka (1963) propôs o seguinte modelo, partindo da premissa de que a estabilidade esta ligada a variância:

$$\bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} (V_i)^{\frac{1}{2}}$$

Onde: Y_i = média do i-ésimo genótipo nos j ambientes;

V_i = alguma medida de estabilidade (variância) do i-ésimo genótipo;

$Z_{(1-\alpha)}$ = percentil $(1 - \alpha)$ de uma distribuição normal.

De acordo com Cubero e Flores (1994), a metodologia proposta por Eskridge envolve quatro diferentes modelos matemáticos, segundo os parâmetros de estabilidade que compõem esta análise, e que foram incluídos ao modelo Kataoka (1963). Assim, os parâmetros inseridos em cada um dos modelos foram a variância ambiental (\hat{S}_{xi}^2); o coeficiente de regressão de Finlay e Wilkinson (β_{ii}); a

variância de Shukla (σ_i); e o quadrado médio residual da regressão (\hat{S}_{di}^2) de Eberhart e Russel.

O método baseia-se na incorporação de várias metodologias de análise de estabilidade fenotípica à metodologia de Kataoka (1993) e em cada um dos quatro modelos criados por Eskridge (1990), apenas a variância (V_i) é substituída pelos parâmetros correspondentes a cada modelo (KVITSCHAL, 2003).

Eskridge (1990) propõe quatro modelos de estabilidade, quais sejam EV, FW, SH, e ER, todos definidos a partir dos conceitos de estabilidade citados por Lin, Binns e Lefkovitch (1986).

O índice EV está relacionado com a estabilidade tipo 1, que envolve o uso da variância genética do i -ésimo genótipo como medida de estabilidade, desconsiderando os efeitos exercidos pelo ambiente. A estabilidade tipo 1 define que um genótipo é considerado estável quando apresentar pequena variância entre ambientes (LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986).

O genótipo mais estável seria aquele que apresentasse a média mais elevada de produtividade e o menor desvio padrão entre os ambientes, ou seja, menor estimativa \hat{S}_{xi}^2 . Entretanto, segundo Cubero e Flores (1994), a avaliação da estabilidade produtiva por meio do uso deste índice pode ser realizada apenas quando a divergência entre ambientes for pequena; caso contrário, este parâmetro deixa de ser adequado para estimar a estabilidade fenotípica dos genótipos testados, visto que, neste caso não são considerados os efeitos que as variações ambientais exercem sobre a resposta fenotípica.

$$EV = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} (\hat{S}_{xi}^2)^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

$$\hat{S}_{xi}^2 = \sum_{j=1}^a (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 / (a - 1)$$

Os índices FW e SH estão relacionados com a estabilidade tipo 2 dos genótipos avaliados. Um genótipo seria considerado estável quando a resposta fenotípica deste fosse paralela à resposta média de todos os genótipos que estão

sendo testados, da mesma forma que os genótipos que se mostrassem mais distantes desta média seriam tidos como os menos estáveis ($\beta_1 = 1$) (ESKRIDGE, 1990).

A estimativa do parâmetro FW pode ser realizada pela seguinte equação:

$$FW = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} [(\hat{\beta}_{ii} - 1)^2 (S_y^2)(1 - 1/a)^2]$$

Onde:

$$\hat{\beta}_{ii} = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - \bar{Y}_i)(\bar{Y}_j - \bar{Y}_.)}{\sum_{j=1}^a (\bar{Y}_j - \bar{Y}_.)^2}$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^a (\bar{Y}_j - \bar{Y}_.)^2}{(a - 1)}$$

A estimativa do parâmetro SH pode ser realizada pela seguinte equação:

$$SH = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} [\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_i^2]^{\frac{1}{2}}$$

Onde: g = número de genótipos;

a = número de ambientes;

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{[QM(A) - QM(GA)]}{g}$$

Os índices FW e SH são úteis para estimar apenas a parte previsível da resposta fenotípica destes genótipos, enquanto o índice ER é útil para estimar também a parte imprevisível da resposta, incluindo as estabilidades tipo 2 e tipo 3 (ESKRIDGE, 1990).

De acordo com Lin, Binns e Lefkovitch (1986) na estabilidade tipo 2 um genótipo é considerado estável quando é capaz de responder de forma paralela à resposta média de todos os genótipos do ensaio, frente às variações ambientais ($\beta_1 = 1$); Estabilidade tipo 3: um genótipo é considerado estável quando o quadrado

médio residual do modelo de regressão em relação a um índice ambiental é pequeno (σ_{di}^2 de baixa magnitude).

$$ER = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} \left[\left((\hat{\beta}_{ii} - t)^2 (\hat{S}_y^2) (1 - 1/a) \right) + (\hat{S}_{ydi}^2) \right]^{1/2}$$

Onde:

$$\hat{S}_{ydi}^2 = \frac{1}{(\alpha - 2)} \left[\sum_{j=1}^{\alpha} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 - (\hat{\beta}_{ii})^2 \sum_{j=1}^{\alpha} (\bar{Y}_j - \bar{Y}_c)^2 \right]$$

De acordo com Eskridge (1990), se o índice ambiental pudesse ser substituído pelos fatores ambientais atuais, como a temperatura ou a precipitação, o índice ER certamente seria o índice de primeira segurança preferido dentre todos os índices apresentados.

De acordo com os conceitos de estabilidade de Lin, Binns e Lefkovitch (1986), os genótipos mais estáveis são aqueles que apresentam as estimativas mais elevadas para os respectivos parâmetros de estabilidade propostos por Eskridge (1990), ou seja, são aqueles que mostram produtividade mais elevada como limite mínimo de segurança, ou menor limite mínimo de segurança.

2.3.5 Análise AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction)

Visando minimizar possíveis erros de estimação e garantir uma maior acurácia e eficiência à análise da interação G x A, Zobel, Wright e Gaugh (1988), Crossa (1990) e Gauch e Zobel (1996) sugeriram a introdução de procedimentos multivariados. Crossa (1990) sugere o uso de métodos multivariados, tais como a análise de componentes principais (ACP), as análises de grupamentos, e o procedimento AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction) para estudo mais efetivo das interações G x A.

Dentre os procedimentos de análise multivariada, a técnica de análise de componentes principais (ACP), vem sendo utilizada em estudos da interação genótipos por ambientes, tanto no item estabilidade e adaptabilidade. O procedimento ACP baseia-se numa tabela de dupla entrada onde linhas são representadas por genótipos e cada coluna corresponde ao rendimento médio dos genótipos em cada ambiente. A abordagem ACP atualmente mais utilizada é a metodologia AMMI que combina análise de variância e análise de componentes principais (ACP) em um único modelo, aditivo quanto aos efeitos principais de genótipos e ambiente e multiplicativo no detalhamento dos efeitos da interação (CHAVES, 2001).

A análise AMMI combina, em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para os efeitos da interação G x A, ou seja, combina a análise de variância (técnica univariada), para avaliar os efeitos principais, com a análise de componentes principais (técnica multivariada), para os efeitos da interação G x A (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

A incorporação de componentes aditivos e multiplicativos faz da metodologia AMMI uma análise de quadrados mínimos integrada e poderosa (ZOBEL; WRIGHT; GAUGH, 1988). Os resultados gerados permitem que as interpretações sejam mais coerentes com a realidade dos sistemas vegetais (ROSSE, 1999).

Para Duarte e Vencovsky (1999), a magnitude dos escores é utilizada para traduzir o grau de contribuição à interação G x A pelos genótipos e pelos ambientes (padrão), e os que apresentam escores baixos (próximos a zero) evidenciam pequena ou quase nenhuma interação e, portanto, são considerados como estáveis. No entanto, os genótipos e os ambientes que apresentarem escores elevados indicam alta contribuição destes à interação, sendo considerados como instáveis, ou de adaptabilidade específica. Por sua vez, o sinal destes escores reflete a qualidade destes genótipos e destes ambientes, de forma que escores negativos indicam uma contribuição negativa à interação G x A, ou seja, estes genótipos ou ambientes possuem características positivas que podem ser exploradas. Assim, em um gráfico $AMMI_1$ versus $AMMI_2$, os genótipos e os ambientes que estiverem plotados mais próximos da linha de interseção entre os

valores nulos de ambos os eixos ($IPCA_1$ e $IPCA_2$) serão caracterizados como os mais estáveis.

A análise AMMI permite estudar também os efeitos positivos da interação $G \times A$ que, normalmente, outras metodologias seriam incapazes de indicar (ZOBEL et al., 1988). A representação gráfica dos dados em diagrama de dispersão multivariado (biplot) tem a importante propriedade de sumarizar os dados permitindo uma melhor visualização da tendência da distribuição de dados, de pontos discrepantes, facilitando, conseqüentemente, sua interpretação (CHAVES, 2001).

De acordo com Duarte e Vencovsky (1999), outra vantagem apresentada pelo modelo AMMI é a representação gráfica, onde são plotados os escores dos efeitos da interação, para cada genótipo e para cada ambiente, simultaneamente. A interpretação é feita observando-se a magnitude e o sinal dos escores de genótipos e ambientes para o eixo de componentes principais. Escores baixos indicam genótipos e/ou ambientes que contribuem pouco ou quase nada para a interação $G \times A$, sendo, portanto, estáveis. Tais genótipos podem ser recomendados amplamente desde que tenham médias elevadas. Em ambientes estáveis o ordenamento dos genótipos deve ser mais consistente. Esse tipo de informação permite aos melhoristas selecionar também locais de testes, conforme seus interesses. Portanto, esse gráfico fornece informações sobre a estabilidade de genótipos e também de ambientes, além de permitir a realização de zoneamentos ecológicos, com a seleção de locais chaves.

Segundo Gauch e Zobel (1996), esta análise pode auxiliar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e de adaptação ampla, como na realização do zoneamento agrônômico, objetivando recomendações regionalizadas e, também, ajuda na seleção de locais de testes. Zobel, Wright e Gaugh (1988) sustentaram que o método AMMI permite uma análise mais detalhada da interação $G \times A$, garante a seleção de genótipos mais produtivos (capazes de capitalizar interações positivas com ambientes), propicia estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilita uma fácil interpretação gráfica dos resultados da análise estatística.

2.3.6 Análise Não Paramétrica

Segundo Huenh (1990), a utilização de estatísticas obtidas de métodos de avaliação de performance genotípica com base em medidas não-paramétricas, apresenta algumas vantagens em relação às paramétricas, das quais destacam-se: a) a tendenciosidade causada por pontos complementares fora da equação de regressão ajustada é reduzida ou, às vezes, eliminada; b) não é necessário assumir qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos; c) as medidas estimadas com base nas classificações são de fácil uso e interpretação; d) a adição ou subtração de um ou poucos genótipos não seria causa de grandes variações nas estimativas, como poderia ser para as obtidas de procedimentos paramétricos; e) o uso em outras aplicações, como, por exemplo, seleção de programas de melhoramento em que é de fundamental importância a posição relativa ou classificação dos genótipos.

Nas análises não-paramétricas há tendência de se expressar, em uma ou poucas medidas, o desempenho e o comportamento de um genótipo em termos de produtividade, capacidade de resposta às variações ambientais e flutuações (HUENH, 1990).

Um método utilizado para obtenção de análise não-paramétrica é a análise visual de uma tela gráfica (gráficos do tipo “teia”) onde se avalia a estabilidade e adaptabilidade dos genótipos nos diferentes ambientes. Este gráfico corresponde à figura de um polígono de n lados, sendo n igual ao número total de ambientes (CRUZ, 2001).

Neste polígono é representado o desempenho de cada genótipo em relação à média geral dos genótipos frente ao melhor genótipo em cada ambiente. A linha mais externa do polígono corresponde aos valores máximos alcançados pelos genótipos, em cada ambiente, e convertidos para 100%. Uma das linhas internas corresponde aos valores médios, em termos percentuais, obtidos pelo grupo de genótipos em cada ambiente. A outra linha interna corresponde ao genótipo em estudo, onde os ambientes favoráveis são representados com raios de cor azul e ambientes desfavoráveis em vermelho (CRUZ, 2001).

2.3.7 Estratificação de Ambientes

Segundo Cruz e Regazzi (2001), para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação genótipos por ambientes, recomenda-se a estratificação da região de adaptação da cultura em sub-regiões mais homogêneas. Mesmo com este procedimento, uma fração da interação ainda permanece, em razão da ocorrência de fatores ambientais incontroláveis (temperatura, chuvas, granizo etc.), contra os quais a estratificação não oferece eficácia. Para a realização da estratificação de ambientes, utilizam-se os próprios dados derivados dos ensaios de avaliação de cultivares nos diferentes ambientes (CRUZ, 2001).

Nos estudos que envolvem a avaliação de genótipos em diferentes ambientes, é comum tentar classificar esses ambientes em grupos semelhantes, na tentativa de se reduzir ou minimizar a interação genótipos e ambientes dentro dos grupos. (HUHN; TRUBERG, 2002^a; 2002b).

Devido ao elevado custo financeiro que os ensaios de avaliações finais requerem, é fundamental identificar se há, entre os ambientes disponíveis, padrões similares de respostas de genótipos, por meio de técnicas de estratificação ambiental. Assim torna-se possível uma eventual redução no número de ambientes quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos (MENDONÇA et al., 2007).

A estratificação ambiental é importante para identificar se há, entre os ambientes disponíveis, padrões de similaridades de respostas de genótipos, tomar decisões com relação a descartes de ambientes, quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos, e identificar grupos de ambientes onde a interação possa ser não significativa para o conjunto de genótipos disponíveis (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Dentro de cada grupo de ambientes semelhantes, pode-se utilizar apenas um deles em avaliações futuras, sem perda da eficiência ou precisão do processo seletivo. Por isso, o estudo dos ambientes utilizados nas avaliações é de grande importância, pois fornece informações sobre os padrões de respostas das cultivares possibilitando o conhecimento do grau de representatividade dos locais, auxiliando na tomada de decisões quanto à desistência, ou não, da instalação de

ensaios num determinado local por razões técnicas ou por escassez de recursos (MURAKAMI; CRUZ, 2001).

Entre os métodos de estratificação ambiental, citam-se os que procuram formar subgrupos homogêneos, em que a interação genótipo x ambiente seja não significativa (LIN, 1982) ou, em outros casos, significativa, mas de natureza predominantemente simples (CRUZ; CASTOLDI, 1991).

A estratificação de ambientes, proposta por Cruz e Regazzi (2001), procura formar subgrupos homogêneos, de tal forma que, ao se refazer a análise conjunta por subgrupo, a interação genótipos por ambientes seja não significativa. Por exemplo, no programa GENES (CRUZ, 2001) a análise é feita assumindo-se que os fatores são não-correlacionados, com base no modelo de fatores ortogonais. A extração das cargas fatoriais é feita pelo método dos componentes principais, e os fatores são estabelecidos pelo método de rotação varimax, com um máximo de 50 rotações (CRUZ, 2003).

Murakami e Cruz (2003) propuseram uma metodologia que contempla simultaneamente a análise de similaridade e de estratificação de ambientes por meio do princípio da similaridade da performance genotípica baseada na técnica multivariada de análise de fatores.

A análise de fatores é uma técnica multivariada que permite reduzir um número elevado de variáveis originais observadas a um pequeno número de variáveis abstratas, sendo estas denominadas de fatores. Cada fator reúne variáveis originais fortemente correlacionadas entre si, mas fracamente correlacionadas com as dos outros fatores (JOHNSON; WICHERN, 1992). Assim, postula-se que a análise de fatores seja capaz de estabelecer subgrupos de ambientes de modo a haver altas correlações na característica de interesse dentro de subgrupos e baixa, ou nenhuma, entre subgrupos.

Há diferentes maneiras de se regionalizar os locais, uma delas é através da correlação entre os ambientes, visto que os ambientes que classificarem da mesma forma os diferentes genótipos em teste, serão agrupados na mesma região ou zona. Outra forma de se efetuar a regionalização é mediante a realização de análises de variâncias conjuntas envolvendo os locais dois a dois, ou em grupos de três, quatro, enfim formando grupos de locais cuja interação G x A não seja significativa pelo teste F a 5% de probabilidade (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Para definitivamente montar uma regionalização de indicação de cultivares é necessário o acúmulo de dados cuidadosamente obtidos, em vários anos agrícolas e analisando-se diversas variáveis, não apenas as relativas às plantas, como também aquelas pertinentes ao clima e solo do local analisado. O aproveitamento dos efeitos favoráveis da interação de genótipos com ambientes implica em que se tenha, para cada ambiente, o genótipo mais adaptado. Quanto mais previsível for o ambiente de uma lavoura, maior será a possibilidade de aproveitamento dos efeitos da interação (CHAVES, 2001).

3 ARTIGO – ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM FEIJÃO

3.1 Resumo

Ao lançar novas cultivares comerciais, o melhorista depara-se com a interação Genótipo X Ambiente dificultando a seleção dos melhores genótipos. Aproveitando as combinações favoráveis específicas, utiliza-se a regionalização, que pressupõe maior critério e detalhamento da recomendação/indicação de cultivares. Este trabalho objetiva avaliar a performance agrônômica de linhagens e cultivares de feijoeiro pertencentes ao grupo cores, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), enfocando a produtividade de grãos, a estabilidade e adaptabilidade geral ou específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis. Utilizou-se dois tipos de ensaios, os intermediários e ensaios para determinação do valor de cultivo e uso. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, conduzidos em épocas de semeadura/locais representativos das regiões produtoras de feijão no estado do Paraná. Inicialmente, procedeu-se à análise de variância individual e posteriormente a análise conjunta. Para a análise de estabilidade e adaptabilidade aplicaram-se as metodologias propostas por Eberhart e Russel (1966), Verma et al. (1978), Eskridge (1990) e a análise AMMI. O genótipo LP 99-79 apresentou maiores médias de produtividade, obtendo méritos suficientes para ser indicada para o cultivo no estado do Paraná.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L. Regionalização. Recomendação de cultivares. AMMI.

3.2 ABSTRACT

ADAPTABILITY, STABILITY AND THE INTERACTION GENÓTIPOS BY ENVIRONMENTS INTERACTION IN COLORED DRY EDIBLE BEANS

In releasing new commercial cultivars, the plant breeder is faced with the genotype x environment interaction hindering the selection of the best genotypes. Considering the specific favorable genotype combinations, the zoning process is used as a better criterion for the recommendation/indications of cultivars. This study aimed to evaluate the agronomic performance of inbred lines and varieties, belonging to the colored dry edible beans group developed by the breeding program of the Agricultural Research Institute of Paraná (IAPAR), focusing on grain yield, general or specific stability and adaptability to favorable or unfavorable environments. Two kinds of regional comparative yield trials were used, the intermediaries and the value of cultivation and use (VCU) trials. A random complete block design with four replications, was carried out in different sowing dates and representative locations of the bean crop production regions of the Paraná state. Initially, an individual analysis of variance was performed followed by a combined analysis. For the analysis of stability and adaptability, the methodologies proposed by Eberhart e Russell (1996), Verma et al. (1978), Eskridge (1990), and the AMMI analysis were used. The genotype LP 99-79 showing higher averages, presented enough merits to be releases and indicated for cultivations in the State of Paraná.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.. Crop zoning. Cultivars recommendation. AMMI

3.3 Introdução

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* (L.)), dentre as espécies cultivadas, é uma das mais difundidas no Brasil. A importância dessa produção deve-se ao feijão ser constituinte essencial da alimentação básica da grande maioria dos brasileiros, sendo um dos principais fornecedores de proteínas na alimentação das camadas sociais economicamente menos favorecidas.

A cultura do feijoeiro tem ampla adaptação edafoclimática, sendo possível o seu cultivo, durante todo o ano, nas mais diversas regiões do Brasil. Isso possibilita a constante oferta do produto no mercado e a sua produção em diversos ecossistemas, em monocultivo e/ou consorciado, favorecendo a diversificação na produção.

Considerando-se as inúmeras variações ambientais a que o feijoeiro é comumente submetido no Brasil, é esperado que a interação de genótipos por ambientes (G x A) assumam papel fundamental na manifestação fenotípica. Por esta razão a interação G x A deve ser estimada e, sobretudo, deve ser avaliada a sua importância na indicação das cultivares e no programa de melhoramento genético (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). Uma das maneiras de se contornar os inconvenientes da interação G x A, é procurar regionalizar a indicação das cultivares.

A regionalização da indicação passou a figurar como estratégia da empresa que produz cultivares ou que pelo menos produz e comercializa sementes, visto que com a regionalização dos trabalhos de testes de cultivares, busca-se responder à pergunta: onde produzir e comercializar com maior sucesso as novas

cultivares? Com dados de testes em vários ambientes, devidamente interpretados, pode-se abordar o mercado de maneira mais agressiva e segura. Além disso, a regionalização possibilita reduzir os custos da experimentação, testando-se os materiais em pontos chaves, cujos resultados possam ser extrapolados para regiões semelhantes, porém distantes.

A regionalização pressupõe maior critério e detalhamento da recomendação/indicação de cultivares, uma vez que não basta indicar um material para o país ou mesmo um estado inteiro. Tem-se que respeitar as particularidades ecológicas regionais e não as fronteiras administrativas, bem como as condições de cultivo com maior ou menor uso de tecnologia disponível. Portanto, trabalhar com regionalização de cultivares implica em mais esforço de pesquisa, pois a interação genótipos por ambientes dificulta a interpretação dos resultados. Isso é função de que raramente um determinado genótipo se mantém como o melhor do grupo nos diversos ambientes em que foi testado, podendo haver alteração da magnitude da diferença entre os genótipos ou mesmo inversão na classificação dos mesmos.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a performance agrônômica de linhagens e cultivares de feijoeiro pertencentes ao grupo cores, desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do IAPAR, com enfoque para a produtividade de grãos, a estabilidade e adaptabilidade geral ou específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis.

3.4 Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos por três anos, nas safras das águas e seca, em locais representativos do estado do Paraná, totalizando dezoito ambientes. De acordo com a instrução normativa de nº 25, de 23 de maio de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as cultivares lançadas para o mercado devem ser testadas por pelo menos dois anos, em três locais por região e safras representativas das culturas (BRASIL, 2006).

Os ensaios realizados foram de dois tipos: os ensaios intermediários e os ensaios para determinação do valor de cultivo e uso (VCU). Os primeiros foram compostos por cultivares padrões (testemunhas) e linhagens oriundas dos ensaios preliminares do Programas de Melhoramento Genético do IAPAR, os quais são testados por um ano. Os ensaios de VCU testam em maior número de ambientes as linhagens selecionadas nos ensaios intermediários juntamente com as cultivares padrões. As melhores linhagens dos ensaios VCU permanecem por mais um ano em teste, no mesmo ensaio, para então serem avaliadas e indicadas ou não como novas cultivares. Portanto, uma nova cultivar é testada por pelo menos três anos nos ensaios em rede, ou seja, um ano em intermediário e dois nos ensaios de VCU, antes que seja indicada para cultivo na região em que foi testada.

Cada experimento foi composto por linhagens e por pelo menos duas cultivares padrões, sendo uma a mais cultivada no estado e a outra a mais produtiva daquele grupo comercial. As cultivares testemunhas, definidas como padrões, foram Carioca, IAPAR 81 e Pérola, as quais estavam presentes em todos os anos de testes.

Os ensaios intermediários foram alocados em Londrina, Ponta Grossa e Pato Branco e os ensaios de VCU foram instalados em Londrina, Ponta Grossa, Pato Branco, Wenceslau Braz e Arapoti. Foram conduzidos nas safras das águas e da seca nos anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03. Portanto, as avaliações foram conduzidas em um total de dezoito ambientes diferenciados, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 3.1 – Descrição dos ambientes de instalação dos ensaios intermediários e os ensaios para determinação do VCU (Valor de Cultivo e Uso) em linhagens de feijão do grupo cores.

<i>Ambiente</i>	<i>Ano</i>	<i>Safra</i>	<i>Local</i>	<i>Ensaio.</i>
A1	2000/01	Águas	Londrina	Intermediário
A2	2000/01	Águas	Pato Branco	Intermediário.
A3	2000/01	Águas	Ponta Grossa	Intermediário
A4	2000/01	Seca	Pato Branco	Intermediário
A5	2000/01	Seca	Ponta Grossa	Intermediário
A6	2001/02	Águas	Campo Mourão	VCU (Final)
A7	2001/02	Águas	Londrina	VCU (Final)
A8	2001/02	Águas	Pato Branco	VCU (Final)
A9	2001/02	Águas	Ponta Grossa	VCU (Final)
A10	2001/02	Seca	Arapoti	VCU (Final)
A11	2001/02	Seca	Castro	VCU (Final)
A12	2001/02	Seca	Pato Branco	VCU (Final)
A13	2001/02	Seca	Ponta Grossa	VCU (Final)
A14	2002/03	Águas	Arapoti	VCU (Final)
A15	2002/03	Águas	Pato Branco	VCU (Final)
A16	2002/03	Águas	Ponta Grossa	VCU (Final)
A17	2002/03	Seca	Pato Branco	VCU (Final)
A18	2002/03	Seca	Ponta Grossa	VCU (Final)

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. A adubação e o controle de plantas daninhas e de insetos foram feitos segundo as recomendações para a cultura. A característica analisada foi a produtividade de grãos de feijão (kg/ha). As parcelas foram compostas por quatro linhas de 5,0 metros de comprimento, com 0,50 metros de espaçamento entre linhas, com cerca de 14 plantas por metro linear.

Inicialmente procedeu-se a análise de variância individual e a respectiva análise de resíduos, visando detectar dados discrepantes, utilizando-se o procedimento PROC GLM (GLM – General Linear Model) do programa SAS – Statistical Analysis System (1990), sendo este programa também utilizado para a análise conjunta.

A análise de estabilidade e adaptabilidade foi realizada mediante o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2001), pelos métodos propostos por Eberhart e Russell (1966), baseado no modelo de regressão linear única e pela metodologia de Verma; Chahal; Murty (1979), baseado em regressão linear bissegmentada.

Para estimar os parâmetros descritos por Eskridge (1990) foi necessária a realização de cálculos das estimativas com auxílio do software Microsoft Excel, visto não haver nenhum pacote estatístico para realizar tal análise. Para a realização da análise AMMI foi utilizado o software estatístico Estabilidade.

Efetuuou-se a análise visual do desempenho dos genótipos nos diferentes ambientes, mediante gráficos do tipo “teia”, que consistem em um polígono de n lados, sendo n igual o número total de ambientes. Neste polígono é representado o desempenho de cada genótipo em relação à média geral dos genótipos frente ao melhor genótipo em cada ambiente. Ambientes favoráveis são

representados com raios de cor azul e ambientes desfavoráveis em vermelho. Estes gráficos foram obtidos pelo aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2001).

A estratificação de ambientes, proposta por Cruz e Regazzi (2001), procura formar subgrupos homogêneos, de tal forma que, ao se refazer a análise conjunta por subgrupo, a interação $G \times A$ seja não significativa. Para este procedimento também foi utilizado o aplicativo Genes.

3.5 Resultados e Discussão

3.5.1 Análise de Variância

Como recomendado por Cruz e Regazzi (2001), inicialmente, foram realizadas as análises de variância individuais para a característica produtividade de grãos de feijoeiro em cada um dos ambientes, a fim de verificar a presença de variabilidade genética entre os genótipos testados, a precisão relativa de cada experimento, bem como a homogeneidade das variâncias residuais.

Na tabela 3.2 são apresentados os resultados referentes às médias gerais de produtividade de grãos dos diferentes genótipos obtidos nos 18 ambientes. Tais resultados permitem observar que a maioria das médias gerais foram acima de 1.450 kg/ha, valor este superior a média geral das lavouras do estado nos anos agrícolas de 2000 a 2003, estimada em 1.230 kg/ha (PARANÁ, 2004).

A relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro (QME) ultrapassou 30:1. Entretanto, o critério utilizado para agrupar experimentos que tem o mesmo número de parcelas, a fim de proceder a análise conjunta é reunir no mesmo grupo os ensaios cuja relação entre o maior e o menor quadrado médio não ultrapasse 7:1 (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Tabela 3.2 – Médias de produtividade de grão (kg/ha) e resumo da análise de variância, coeficientes de variação dos seis genótipos testados nos dezoito ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no Estado do Paraná.

Ano	Safr	Local	Exp.	Genótipos						Média Ambiental	QM (E)	CV	F	Desvio Padrão	CV Experimental	
				G1 CARIOCA	G2 IAPAR 81	G3 LP 99-55	G4 LP 99-63	G5 LP 99-79	G6 PEROLA							
A1	2000/01	Águas	Londrina	Interm.	1.546	1.945	1.992	1.824	1.893	1.915	1.852,5	63.029,4	18,2	10,7	160,2	8,6
A2	2000/01	Águas	P. Branco	Interm.	2.587	2.115	2.572	2.579	2.893	2.352	2.516,3	69.418,3	10,8	2,3	261,5	10,4
A3	2000/01	Águas	P. Grossa	Interm.	2.494	2.989	1.777	1.562	2.333	2.263	2.236,3	107.942,7	16,8	11,6	511,6	22,9
A4	2000/01	Seca	P. Branco	Interm.	1.973	1.895	2.562	2.477	2.891	2.149	2.324,5	110.825,6	16,1	6,0	384,6	16,5
A5	2000/01	Seca	P. Grossa	Interm.	2.449	2.133	2.304	2.497	2.647	2.624	2.442,3	149.194,4	16,2	2,6	196,3	8,0
A6	2001/02	Águas	C. Mourão	Final	2.078	2.563	2.009	2.716	2.801	2.711	2.479,7	157.468,5	116,2	2,3	347,1	14,0
A7	2001/02	Águas	Londrina	Final	698	1.121	783	803	1.244	723	895,0					
A8	2001/02	Águas	P. Branco	Final	1.195	1.016	1.466	1.873	2.163	1.009	1.453,7	67.065,4	18,4	10,8	476,5	32,8
A9	2001/02	Águas	P. Grossa	Final	2.782	3.579	3.422	3.305	3.165	4.071	3.387,3	184.854,1	13,0	3,4	430,8	12,7
A10	2001/02	Seca	Arapoti	Final	3.350	3.036	3.242	3.661	3.541	3.230	3.343,3	89.881,7	9,2	3,4	227,0	6,8
A11	2001/02	Seca	Castro	Final	1.746	1.855	1.739	1.861	2.081	1.424	1.784,3	54.950,1	14,1	4,3	215,5	12,1
A12	2001/02	Seca	P. Branco	Final	2.269	2.161	2.560	2.406	2.999	2.442	2.472,8	109.144,9	14,3	3,2	292,8	11,8
A13	2001/02	Seca	P. Grossa	Final	2.470	2.245	2.480	2.337	2.658	2.235	2.404,2	62.479,5	10,8	3,3	163,1	6,8
A14	2002/03	Águas	Arapoti	Final	2.967	3.024	3.143	3.026	3.343	2.877	3.063,3	159.382,6	12,4	4,0	162,2	5,3
A15	2002/03	Águas	P. Branco	Final	2.259	3.149	2.273	1.903	2.715	2.603	2.483,7	187.378,1	16,8	11,2	434,2	17,5
A16	2002/03	Águas	P. Grossa	Final	3.447	2.851	3.122	3.453	3.710	3.387	3.328,3	124.412,7	10,4	1,7	299,7	9,0
A17	2002/03	Seca	P. Branco	Final	2.577	2.801	1.981	2.547	2.390	2.810	2.517,7	250.587,2	19,7	2,0	308,0	12,2
A18	2002/03	Seca	P. Grossa	Final	1.192	712	1.213	2.201	2.134	1.493	1.490,8	53.504,7	17,5	16,3	581,6	39,0
Média Geral					2.316,5	2.357,0	2.344,5	2.484,0	2.726,9	2.446,8	2.445,8					
Desvio Padrão					652,9	758,6	636,8	604,8	524,2	752,5						
CV Genético					28,2	32,2	27,2	24,3	19,2	30,8						

Optou-se, então, por descartar o ambiente 7, que apresentou o menor valor de quadrado médio e a menor média de produtividade de grãos. Com isso, a homogeneidade das variâncias residuais passou a ser de 6:1. Assim, foram considerados 17 ambientes para a realização das análises. Os coeficientes de variação experimental ficaram abaixo de 20%, dentro do limite aceitável definido pelo Ministério da Agricultura, nas normas de condução de ensaios de determinação de valor de cultivo e uso de feijoeiro.

A precisão relativa de cada experimento, que é outro aspecto importante a ser avaliado nas análises individuais e que pode ser estimada por meio dos coeficientes de variação (CV) também pode ser observada na Tabela 3.2, já que os CV se mostraram não elevados. Devido ter sido verificada presença de variabilidade genética entre os genótipos testados, a aplicação de metodologias estatísticas para auxiliar a seleção de genótipos superiores e o estudo da interação genótipos por ambientes foi justificada.

Na tabela 3.3 são apresentadas a descrição dos ambientes e sua classificação para os estudos de adaptabilidade e estabilidade para a variável produtividade de grãos (kg/ha). Dos dezessete ambientes que continuaram no estudo, oito foram considerados desfavoráveis, por apresentarem valores inferiores à média geral dos ambientes e nove foram considerados favoráveis. Pode-se constatar o equilíbrio do número de ambientes em cada classe, oito e nove, respectivamente.

Tabela 3.3 – Produtividade de grãos e respectivos índices ambientais, expressos em kg/ha, nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

<i>Amb.</i>	<i>Ano</i>	<i>Safra</i>	<i>Local</i>	<i>Ensaio</i>	<i>Média (a)</i>	<i>Índice</i>	
						<i>Média Geral (b)</i>	<i>Ambiental (a - b)</i>
<i>A1</i>	2000/01	Águas	Londrina	Interm.	1.852,5	2.445,8	-592,8
<i>A2</i>	2000/01	Águas	P. Branco	Interm.	2.516,3	2.445,8	70,2
<i>A3</i>	2000/01	Águas	P. Grossa	Interm.	2.236,3	2.445,8	-209,8
<i>A4</i>	2000/01	Seca	P. Branco	Interm.	2.324,5	2.445,8	-121,8
<i>A5</i>	2000/01	Seca	P. Grossa	Interm.	2.442,3	2.445,8	-3,8
<i>A6</i>	2001/02	Águas	C. Mourão	Final	2.479,7	2.445,8	34,2
<i>A7</i>	2001/02	Águas	P. Branco	Final	1.453,7	2.445,8	-991,8
<i>A8</i>	2001/02	Águas	P. Grossa	Final	3.387,3	2.445,8	941,2
<i>A9</i>	2001/02	Seca	Arapoti	Final	3.343,3	2.445,8	897,2
<i>A10</i>	2001/02	Seca	Castro	Final	1.784,3	2.445,8	-661,8
<i>A11</i>	2001/02	Seca	P. Branco	Final	2.472,8	2.445,8	27,2
<i>A12</i>	2001/02	Seca	P. Grossa	Final	2.404,2	2.445,8	-41,8
<i>A13</i>	2002/03	Águas	Arapoti	Final	3.063,3	2.445,8	617,2
<i>A14</i>	2002/03	Águas	P. Branco	Final	2.483,7	2.445,8	37,2
<i>A15</i>	2002/03	Águas	P. Grossa	Final	3.328,3	2.445,8	882,2
<i>A16</i>	2002/03	Seca	P. Branco	Final	2.517,7	2.445,8	72,2
<i>A17</i>	2002/03	Seca	P. Grossa	Final	1.490,8	2.445,8	-954,8

Analisando-se os resultados da Tabela 3.4, observa-se que a análise conjunta detectou significância para os efeitos de genótipos, ambientes e sua interação. De acordo com Montalván e Faria (1999), o efeito significativo para os

genótipos explica que há divergência genética entre eles. A presença de variação genética é essencial no processo de seleção, pois sem variabilidade genética a seleção não é efetiva e, portanto, não há melhoramento genético.

O efeito significativo para os ambientes, segundo Borém (1997), demonstra que os testes foram conduzidos sob condições ambientais divergentes, mesmo nos ambientes representados pelos mesmos locais, o que é interessante quando se deseja estudar os efeitos da interação entre os genótipos e ambientes, bem como avaliar a estabilidade fenotípica dos genótipos.

Tabela 3.4 – Análise conjunta nos dezessete ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

<i>Fontes de Variação</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.Q.</i>	<i>Q.M.</i>	<i>F</i>
<i>Blocos/Ambientes</i>	51	15.671.138,0	307.277,2	
<i>Genótipos (G)</i>	5	7.839.750,3	1.567.950,1	12,3**
<i>Ambientes (A)</i>	16	134.656.947,5	8.416.059,2	27,4**
<i>G x A</i>	80	32.622.777,4	407.784,7	3,2**
<i>Resíduo</i>	255	32.532.163,1	127.577,1	
<i>TOTAL</i>	407	223.322.776,3		
<i>Média</i>	2.445,9			
<i>CV(%)</i>	14,6			

** Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

A significância do efeito da interação G x A é explicada pelo fato de que os genótipos tendem a não apresentar resultados semelhantes quando submetidos a condições ambientais diferentes (CRUZ; REGAZZI, 1994). Para melhor interpretação do desempenho dos genótipos, utilizou-se o desdobramento da interação G x A, mediante as análises de estabilidade e adaptabilidade fenotípica.

3.5.2 Metodologia Proposta por Eberhart e Russel (1966)

Os resultados obtidos pela metodologia de adaptabilidade e estabilidade segundo Eberhart e Russell (1966), estão apresentados na Tabela 3.5 e nas Figuras de 3.1 a 3.9. O parâmetro β_1 (coeficiente angular) é responsável pela estimativa da adaptabilidade, enquanto o parâmetro S^2_{di} é responsável pela estimativa da estabilidade ou previsibilidade do comportamento fenotípico (EBERHART; RUSSEL, 1966). Observa-se que o genótipo LP 99-79 apresentou maior média e coeficiente angular (β) significativamente menor que 1 pelo teste t a 5% de probabilidade, enquanto que o genótipo Pérola foi a mais responsiva ($\beta = 1,20^{**}$).

Conforme Eberhart e Russel (1966), genótipos podem apresentar adaptabilidade ampla, ou seja, um genótipo consegue aproveitar tanto condições ambientais favoráveis quanto as menos favoráveis para expressar seu fenótipo. Este tipo de genótipo deve apresentar $\beta_1 = 1$. Também existem genótipos com adaptabilidade específica a condições ambientais favoráveis e desfavoráveis, que devem apresentar, respectivamente, $\beta_1 > 1$ e $\beta_1 < 1$.

Os genótipos que apresentaram adaptabilidade ampla ($\beta_1 = 1$) foram LP 99-63, LP 99-55, Carioca e IAPAR 81, conforme indicam os resultados do teste T. Já o genótipo Pérola apresentou adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$), e o genótipo LP 99-79 teve adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$).

Tabela 3.5 – Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

<i>Genótipo</i>	<i>Média</i>	β_1	S^2_{di}	R_2 (%)
<i>Carioca</i>	2316,40	1,03	21825,07	88,18
<i>IAPAR 81</i>	2356,96	1,08	145541,90**	71,08
<i>LP 99-55</i>	2344,43	1,00	24143,32*	87,04
<i>LP 99-63</i>	2483,93	0,87	73671,36**	72,93
<i>LP 99-79</i>	2726,73	0,80**	20459,05	82,12
<i>Pérola</i>	2446,61	1,20**	27008,14*	90,24

**Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste T.

* e ** Diferenças significativas nos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

β_1 – Coeficiente Angular;

S^2_{di} – Desvio da regressão;

R_2 (%) – Coeficiente de determinação.

A cultivar Carioca apresentou a menor média geral e coeficiente angular ao redor de 1, enquanto a linhagem LP 99-79 obteve a maior média geral, apesar de seu coeficiente angular ser estatisticamente menor que 1, indicando que responde à melhoria do ambiente abaixo da média dos genótipos, ou seja, para cada quilo no aumento do índice ambiental (eixo x), a produtividade de grãos da linhagem LP 99-79 aumenta de 0,80 kg, visto que seu coeficiente angular é igual a 0,80.

A estabilidade ou previsibilidade é estimada pelo parâmetro S^2_{di} (desvio da regressão). Genótipos mais estáveis, teoricamente, apresentam S^2_{di} não significativo, enquanto os genótipos instáveis apresentam estes desvios de regressão significativos (EBERHART; RUSSEL, 1966).

Por meio da realização do teste F para os desvios da regressão (S^2_{di}), os genótipos Carioca e LP 99-79 se mostraram estáveis, não diferindo

estatisticamente de zero. Já os genótipos IAPAR 81, LP 99-55, LP 99-63 e Pérola se mostraram menos previsíveis.

O comportamento de cada genótipo em estudo pode ser verificado nas figuras de 1 a 6. Na cultivar Carioca (figura 3.2), observa-se a maior dispersão dos pontos em torno da reta de regressão, o que é refletido num menor coeficiente de determinação ($R^2 = 71,08$). Na figura 6, relativa a cultivar Pérola, os pontos estão mais próximos da reta evidenciando um valor elevado de $R^2 = 90,04$.

O modelo proposto por Eberhart e Russel (1966) ainda fornece informações do coeficiente de determinação (R^2), que fornece informações sobre a qualidade do ajuste do modelo linear de cada um dos genótipos. Quanto menor o valor do componente de variância causado pelos desvios da regressão (S^2_{di}) e maior o valor do coeficiente de determinação (R^2), mais próximos da reta estão os pontos observados, ou seja, quanto menor o valor de S^2_d , mais estável e mais previsível é o genótipo, sendo que Carioca e LP 99-79 apresentaram maior previsibilidade, com S^2_{di} não diferindo estatisticamente de zero.

Considerando-se todos os parâmetros fornecidos pela metodologia de Eberhart e Russel (1966) em relação à produtividade de grãos, o genótipo que mais se destacou foi LP 99-79 devido à alta produtividade de grãos, elevada estabilidade e ampla adaptabilidade.

A comparação de cada uma das linhagens com as três testemunhas: Carioca, IAPAR 81 e Pérola estão representadas nas figuras de 3.7 a 3.9. A linhagem LP 99-55 não demonstrou superioridade frente às testemunhas (Figura 3.7). A linhagem LP 99-63 (Figura 3.8) apresentou superioridade em relação a todas as testemunhas nas regiões com ambientes desfavoráveis e a linhagem LP 99-79

teve desempenho superior a todas as testemunhas, em ambas as regiões e ambientes (Figura 3.9).

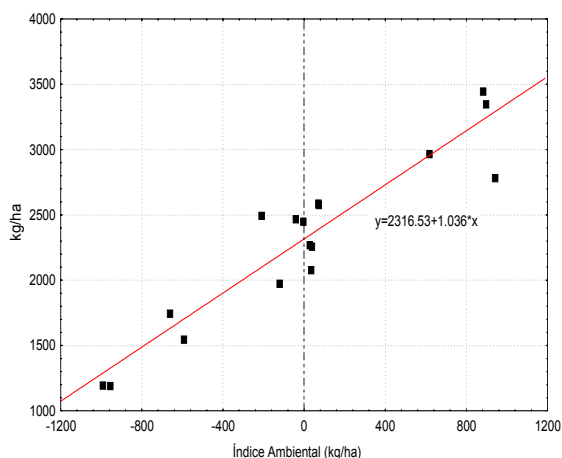


Figura 3.1 – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da cultivar Carioca, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

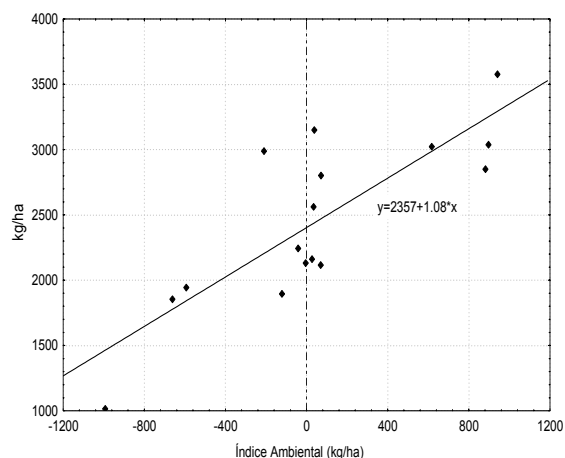


Figura 3.2 – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da cultivar IAPAR 81, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

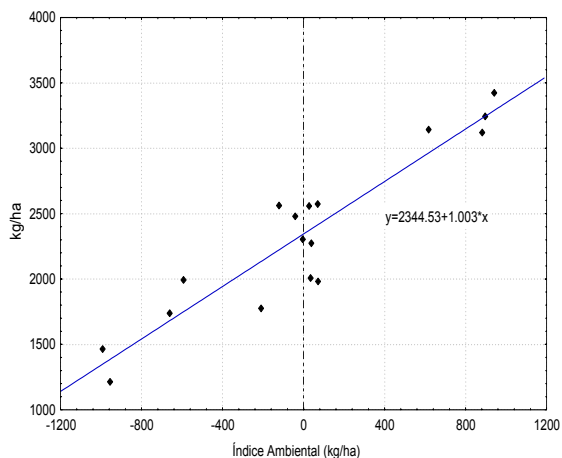


Figura 3.3 – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da linhagem LP 99-55, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

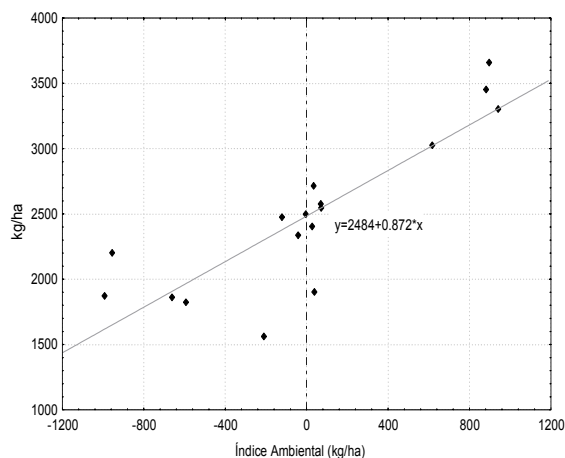


Figura 3.4 – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da linhagem LP 99-63, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

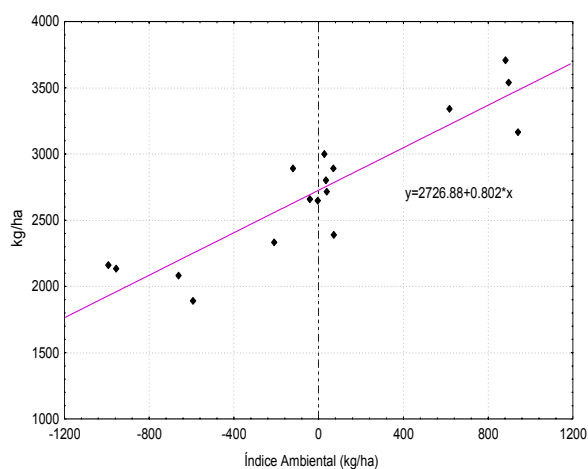


Figura 3.5 – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da linhagem LP 99-79, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

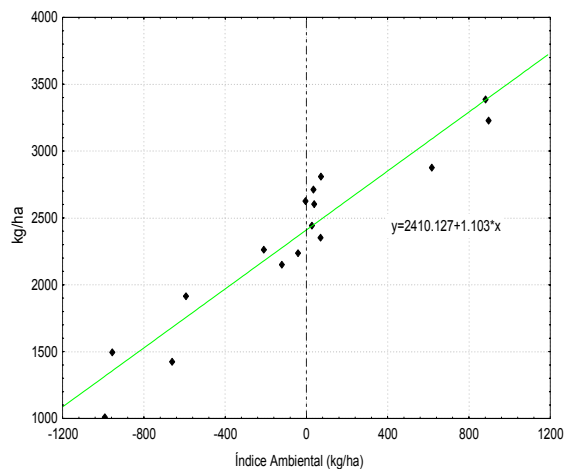


Figura 3.6 – Análise de estabilidade fenotípica pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) da cultivar Pérola, em 17 ambientes do estado do Paraná nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

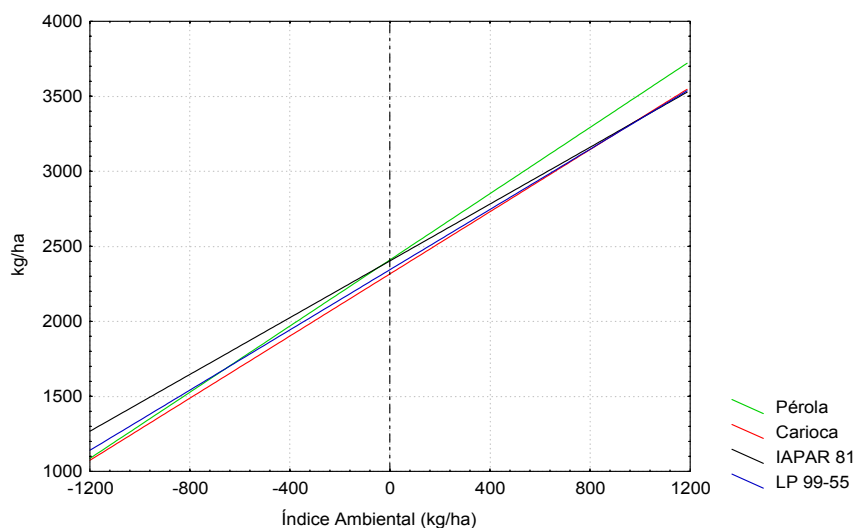


Figura 3.7 – Desempenho da linhagem LP 99-55, comparada com as testemunhas Carioca, IAPAR 81 e Pérola.

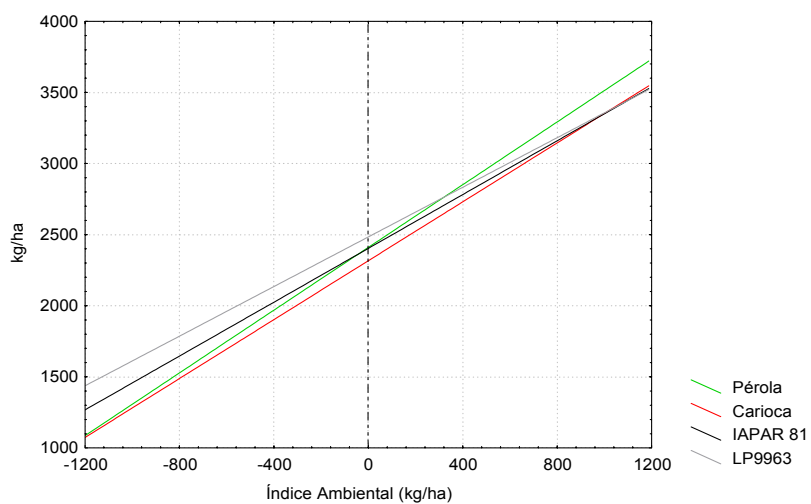


Figura 3.8 – Desempenho da linhagem LP 99-63, comparada com as testemunhas Carioca, IAPAR 81 e Pérola.

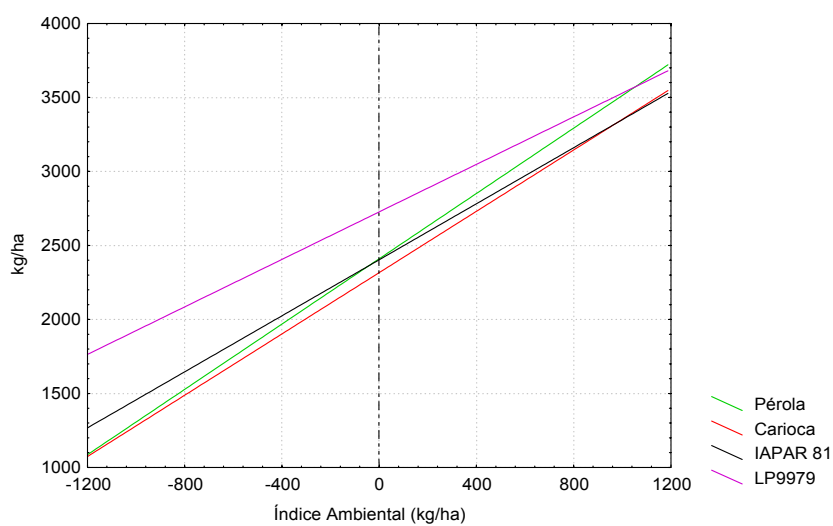


Figura 3.9 – Desempenho da linhagem LP 99-79, comparada com as testemunhas Carioca, IAPAR 81 e Pérola.

3.5.3 Metodologia Proposta por Verma; Chahal e Murty (1978)

Os resultados obtidos pela metodologia de adaptabilidade e estabilidade proposta por *Verma; Chahal e Murty (1978)*, estão apresentados na Tabela 3.6 e nas Figuras de 3.10 a 3.15. Essa tabela e as figuras evidenciam o comportamento de cada genótipo nas diferentes regiões, sendo elas desfavoráveis ou favoráveis.

Verma; Chahal e Murty (1978) conceituaram como um genótipo ideal aquele que apresenta alta produtividade associada a uma alta estabilidade em ambientes desfavoráveis e capazes de responderem satisfatoriamente à melhoria do ambiente. A caracterização dos dois grupos de ambientes é feita pelo índice ambiental: ambientes desfavoráveis são caracterizados por índices ambientais negativos, e o favorável, caracterizado por índices ambientais positivos (*VERMA; CHAHAL e MURTY, 1978*).

A resposta linear à variação ambiental é estimada pelo parâmetro β (coeficiente de regressão linear). O genótipo ideal é caracterizado por alta produtividade, baixa resposta aos ambientes desfavoráveis ($\beta_1 < 1$) e responsivo nos ambientes favoráveis ($\beta_2 > 1$). Genótipos indicados para ambientes favoráveis são conceituados como genótipos com alta produtividade, responsivos à melhoria dos ambientes ($\beta_2 > 1$), porém sensíveis às condições adversas do meio ($\beta_1 < 1$). Já os genótipos indicados para ambientes desfavoráveis são aqueles com alta capacidade produtiva, que não respondem à melhoria do ambiente ($\beta_2 < 1$), porém não são tão sensíveis às adversidades do meio ($\beta_1 < 1$) (*VERMA; CHAHAL e MURTY, 1978*).

Tabela 3.6 – Parâmetros das análises de estabilidade pelo método de *Verma; Chahal e Murty (1978)*, nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

Genótipo	Ambientes							
	Favoráveis (2,6,8,9,11,13,14,15,16)				Desfavoráveis (1,3,4,5,7,10,12,17)			
	Média	β_1	$t(\beta=1)$	R^2 (%)	Média	β_2	$t(\beta=1)$	R^2 (%)
<i>Carioca</i>	2701,52	0,98	-0,14	74,66	1883,14	1,28	1,69	88,32
<i>IAPAR 81</i>	2808,53	0,72	-1,88	42,17	1848,95	1,39	2,32	62,29
<i>LP 99-55</i>	2702,61	1,18	1,20	83,35	1941,49	1,05	0,32	77,87
<i>LP 99-63</i>	2843,96	1,20	1,32	81,43	2078,9	0,38	-3,74	19,33
<i>LP 99-79</i>	3061,69	0,82	-1,18	69,45	2349,91	0,67	-2,00	60,87
<i>Pérola</i>	2942,44	1,10	0,68	74,51	1888,81	1,24	1,41	86,89

Pela Tabela 3.6, verifica-se que houve variação nos valores de coeficiente de regressão linear (β) para diversos genótipos, ressaltando que a linhagem LP 99-63 teve um coeficiente de regressão próximo a zero ($\beta = 0,38$) na região negativa, ou seja, demonstrou menor resposta à melhoria do ambiente em condições desfavoráveis e cerca do triplo do valor de beta na região favorável (1,20). Essa linhagem foi a que apresentou menor coeficiente de determinação em ambiente desfavorável, demonstrando assim que esta linhagem é a menos previsível em ambientes mais estressantes.

Analisando-se os resultados do coeficiente de regressão linear obtidos pela cultivar IAPAR 81, observa-se que esta cultivar respondeu mais intensamente em ambientes desfavoráveis ($\beta = 1,39$), enquanto que nos favoráveis seu coeficiente de regressão foi aproximadamente à metade (0,72), indicando melhor adaptação em ambientes adversos. No caso da linhagem LP 99-79 constatou-se o melhor desempenho, consolidando assim a metodologia de Eberhart e Russel (1966).

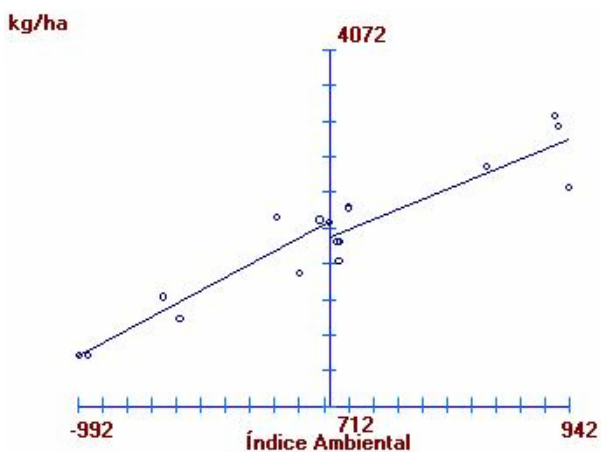


Figura 3.10 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da cultivar Carioca, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

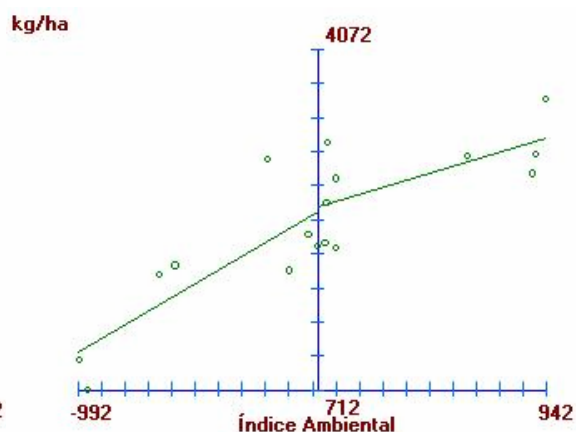


Figura 3.11 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da cultivar IAPAR 81, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

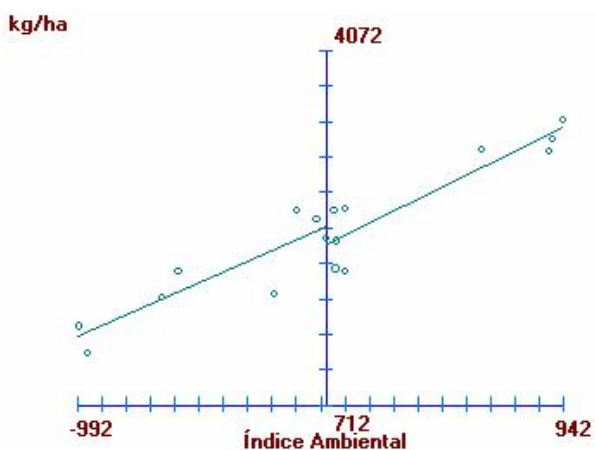


Figura 3.12 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da linhagem LP 99-55, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

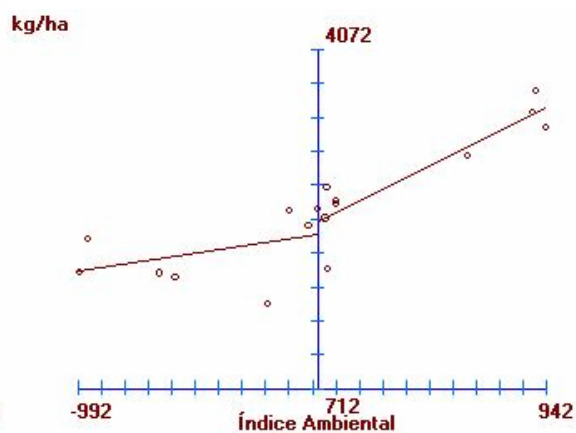


Figura 3.13 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da linhagem LP 99-63, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

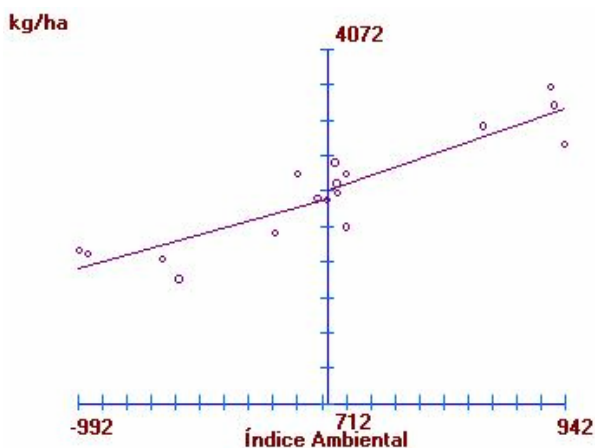


Figura 3.14 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da linhagem LP 99-79, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

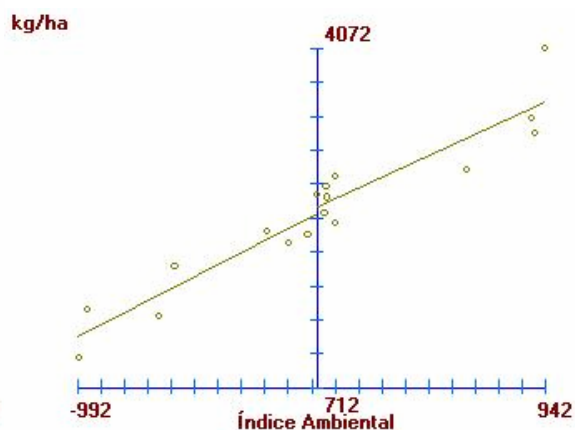


Figura 3.15 – Análise de estabilidade bissegmentada fenotípica pela metodologia de Verma; Chahal e Murty (1978) da cultivar Pérola, em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

3.5.4 Metodologia Proposta por Eskridge (1990)

Nesta metodologia são estimados quatro diferentes parâmetros como medida da estabilidade dos genótipos e cada um destes parâmetros se adapta à avaliação dos diferentes tipos de estabilidade (LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986). Na Tabela 3.7 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros (EV, FW, SH e ER) de estabilidade dos genótipos de feijoeiro, segundo metodologia proposta por Eskridge (1990).

No que se refere ao índice EV, que possibilita avaliar a estabilidade dos genótipos com base no conceito de estabilidade tipo 1, que define o genótipo como estável quando apresentar pequena variância entre ambientes; (LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986), pode-se observar que os genótipos LP 99-79, LP 99-63 e Carioca apresentaram as estimativas mais elevadas para este parâmetro.

Sendo assim, estes genótipos deveriam ser considerados como os mais estáveis segundo o conceito de estabilidade do tipo 1. Entretanto, como a variação entre os ambientes mostrou-se elevada, este parâmetro não deve ser tomado como referência para a determinação da estabilidade dos genótipos (ESKRIDGE, 1990).

Tabela 3.7 – Resultado da análise de estabilidade e de adaptabilidade para a característica produtividade de grãos de cultivares de feijão, segundo metodologia proposta por Eskridge (1990).

<i>Genótipo</i>	<i>Média</i>	<i>EV</i>	<i>FW</i>	<i>SH</i>	<i>ER</i>
<i>Carioca</i>	2316,53	1348,54 ⁽³⁾	2313,45 ⁽⁴⁾	1363,67 ⁽⁵⁾	1607,92 ⁽³⁾
<i>Iapar 81</i>	2357,00	1169,53 ⁽⁶⁾	2218,39 ⁽⁶⁾	1251,80 ⁽⁶⁾	1227,49 ⁽⁶⁾
<i>LP 99-55</i>	2344,53	1347,36 ⁽⁴⁾	2323,73 ⁽³⁾	1381,60 ⁽⁴⁾	1601,43 ⁽⁴⁾
<i>LP 99-63</i>	2484,00	1604,36 ⁽²⁾	2344,14 ⁽²⁾	1461,53 ⁽²⁾	1586,62 ⁽⁵⁾
<i>LP 99-79</i>	2726,88	1965,22 ⁽¹⁾	2509,56 ⁽¹⁾	1741,22 ⁽¹⁾	2006,99 ⁽¹⁾
<i>Pérola</i>	2446,76	1272,59 ⁽⁵⁾	2245,92 ⁽⁵⁾	1446,56 ⁽³⁾	1660,86 ⁽²⁾

Os valores dentro de parênteses indicam o ranking da estabilidade em ordem decrescente.

Quanto ao parâmetro FW, que associa o coeficiente de regressão linear de Finlay e Wilkinson (1963) ao modelo Kataoka (1963), observa-se que os genótipos LP 99-79, LP 99-63 e LP 99-55 se destacaram, respectivamente.

Segundo o conceito de estabilidade tipo 2, que consideram um genótipo estável quando é capaz de responder de forma paralela à resposta média de todos os genótipos do ensaio, frente às variações ambientais ($\beta_1 = 1$) (LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986) estes genótipos são considerados como os genótipos mais estáveis. Os genótipos Carioca, Pérola e Iapar 81 são considerados os menos estáveis ou menos promissores.

O parâmetro SH, que une a variância de Shukla ao modelo Kataoka (1963), também responsável pela avaliação da estabilidade tipo 2, onde um genótipo é considerado estável quando é capaz de responder de forma paralela à resposta média de todos os genótipos do ensaio, frente às variações ambientais ($\beta_1 = 1$) (LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986), apresenta com estimativas mais elevadas os genótipos LP 99-79, LP 99-63 e Pérola, respectivamente, mostrando-se como os mais estáveis. Neste parâmetro, os genótipos Carioca, LP 99-55 e Iapar 81 se mostraram como os materiais menos estáveis.

Segundo Eskridge (1990), o grande problema dos parâmetros FW e SH é que eles se baseiam apenas na parte previsível da interação genótipos por ambientes, enquanto o parâmetro ER baseia-se também na parte imprevisível da interação, com isso, tal parâmetro é capaz de explicar a estabilidade tipo 2 e tipo 3

Para o parâmetro ER, Eskridge (1990) buscou unir os conceitos de estabilidade tipo 2 e tipo 3, assim, os genótipos com estimativas mais elevadas são considerados como genótipos mais adaptados e com comportamento mais estável com relação às variações ambientais.

Conforme Eskridge (1990), se o índice ambiental ER pudesse ser substituído por fatores ambientais (precipitação, temperatura etc.) seria o melhor parâmetro para estudos de estabilidade de comportamento genotípico. O parâmetro ER indicou que os genótipos LP 99-79, Pérola e Carioca, respectivamente, mostraram-se mais estáveis ou mais adaptados, e os genótipos LP 99-63, LP 99-55 e Iapar 81 foram os menos estáveis dentre os materiais analisados.

3.5.5 AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*)

A análise AMMI combina, em um único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para os efeitos da interação G x A, ou seja, combina a análise de variância (técnica univariada), para avaliar os efeitos principais, com a análise de componentes principais (técnica multivariada), para os efeitos da interação G x A (DUARTE; VENCOSKY, 1999).

Segundo Zobel, Wright e Gaugh (1988), nos procedimentos AMMI são estimados vários eixos de interação pela análise multivariada para recuperar a $SQ_{G \times A}$, devendo ser escolhido o modelo que descreva a maior parte possível do padrão com o mínimo de ruído possível. Em cada modelo são estimados escores para cada um dos genótipos, dos quais os mais estáveis são aqueles que apresentam escores o mais próximos de zero.

Os resultados referentes à aplicação da metodologia AMMI está apresentada na Tabela 3.8, onde se pode observar que a $SQ_{G \times A}$ foi completamente restaurada em cinco eixos IPCA.

O primeiro eixo IPCA foi capaz de explicar aproximadamente 60% da $SQ_{G \times A}$ original, e mesmo não sendo um valor adequado (<70%), pode ser usado eficazmente para explicar os efeitos da interação G x A. O segundo eixo IPCA foi capaz de explicar mais de 77% da interação.

Tabela 3.8 – Decomposição da $SQ_{G \times A}$ e porcentagem de explicação de cada autovalor, na análise de estabilidade e adaptabilidade nos 17 ambientes, avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

<i>CP</i>	<i>Autovalores</i>	<i>% Explicação</i>	<i>% Explicação Acumulada</i>
1	4883224,51	59,87	59,87
2	1476158,12	18,10	77,97
3	947861,58	11,62	89,59
4	547850,08	6,72	96,31
5	301241,19	3,69	100,00

Borges et al. (2000), realizando análises de estabilidade na cultura do feijoeiro por meio da metodologia AMMI, obtiveram apenas 43% de explicação da interação no primeiro eixo IPCA, e concluíram que esta metodologia não foi eficiente para o estudo da interação G x A na cultura. Já Annichiarico e Mariani (1986) obtiveram dois eixos significativos ao estudarem a interação G x A de genótipos em trigo, em que foi possível explicar 63% da interação no primeiro eixo, e 27% no segundo.

Com objetivo de complementar os resultados apresentados, os escores de cada genótipo foram plotados em um gráfico biplot (DUARTE; VENCOSKY, 1999). Os biplots são gráficos compostos por pontos, representando os genótipos e os ambientes. Nestes gráficos optou-se por demonstrar o comportamento dos genótipos mediante a produtividade de grãos média nas abscissas e o componente principal 1 (IPCA1) no eixo das ordenadas.

A Figura 3.16 ilustra o gráfico biplot AMMI, em que são plotadas as médias de produtividade de grãos dos genótipos e dos ambientes, bem como seus respectivos escores estimados a partir do eixo IPCA1. O genótipo ideal deve estar o

mais a direita possível no eixo X, ou seja, com maior produtividade e apresentar valores de IPCA1 (eixo Y) próximos ao ponto zero, pois se trata de um genótipo estavelmente produtivo. Quanto maior for a distância dos genótipos da origem do eixo AMMI da interação (AMMI 1) maior será a contribuição para a interação (KVITSCHAL, 2003).

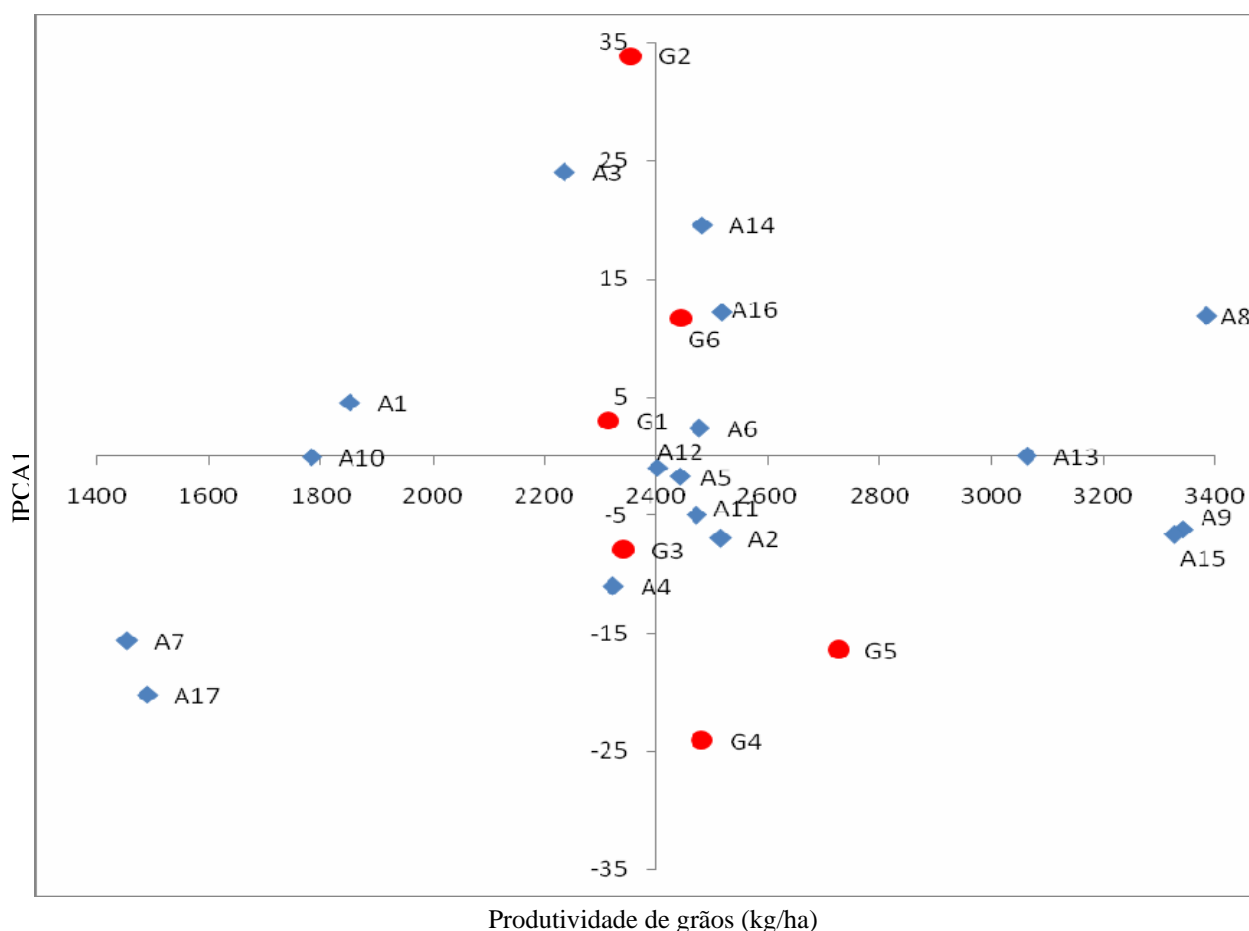


Figura 3.16 – Gráfico AMMI para a característica produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000 a 2003.

Os genótipos Pérola (G6) e Iapar 81 (G2) mostraram maior capacidade de responder aos ambientes específicos por terem apresentado escores IPCA1 positivos e de elevada magnitude. Em relação à análise dos ambientes, os ambientes A10, A12, A13, A5 e A6 foram os que menos influenciaram a interação G x A, o que pode ser observado pelos escores IPCA1 de menor magnitude. Os

ambientes que mostraram elevada contribuição à interação G x A, por demonstrarem escores IPCA1 de alta magnitude, foram A7, A8, A17, A14 e A3.

Duarte e Vencovsky (1999) afirmam que os genótipos e os ambientes com escores de mesmo sinal interagem positivamente, podendo ser estes genótipos recomendados aos referidos ambientes específicos. Para a análise de adaptabilidade os genótipos devem estar o mais próximo aos ambientes específicos, portanto, o genótipo LP 99-55 (G3) está adaptado ao ambiente A4; o genótipo Pérola (G6) está adaptado aos ambientes A16 e o genótipo Carioca (G2) está adaptado ao ambiente A3.

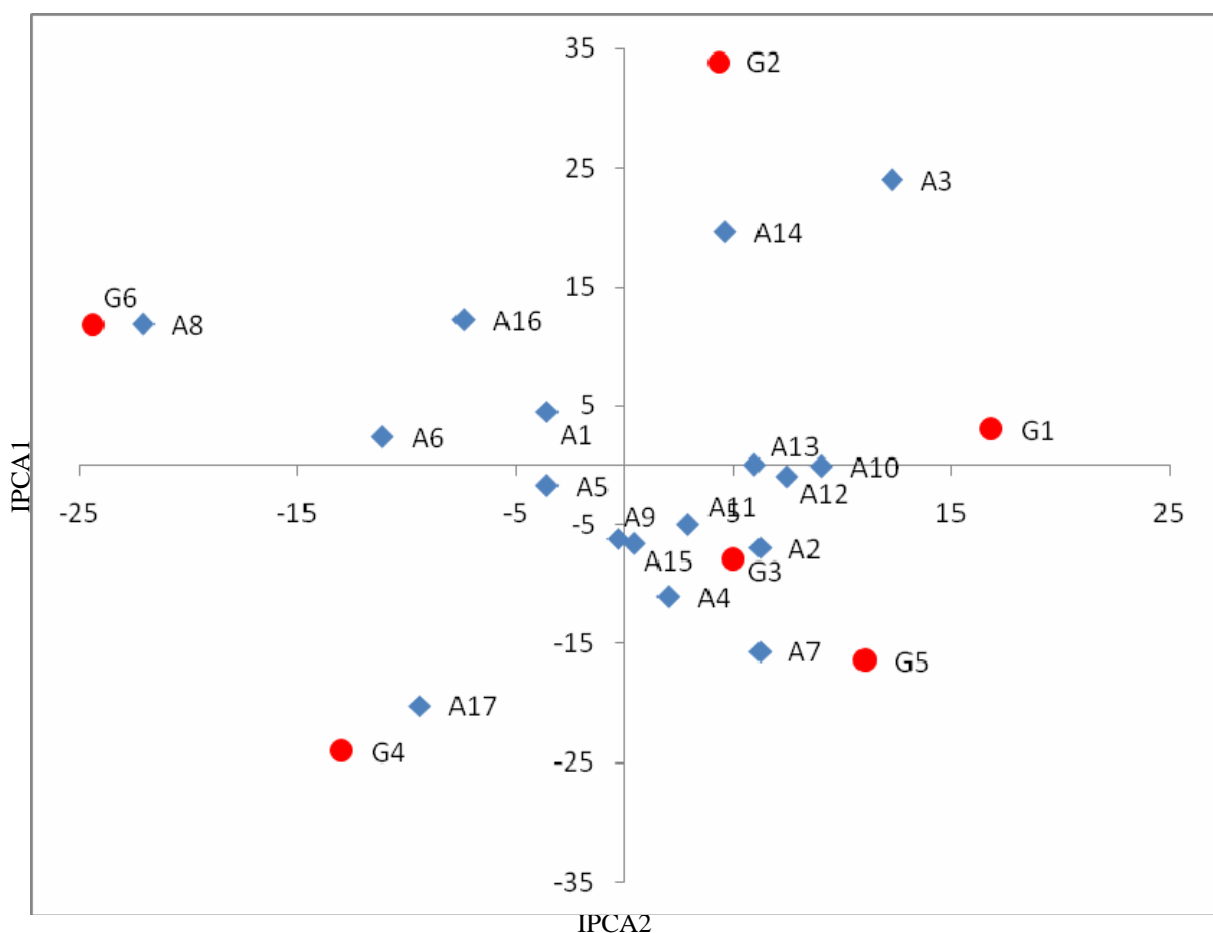


Figura 3.17 – Gráfico AMMI2 para a característica produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro em 17 ambientes do estado do Paraná, nos anos agrícolas de 2000-2003.

AMMI, pode-se observar que os genótipos Carioca (G1) e Iapar 81 (G2) apresentaram-se específicos aos ambientes A3 e A14, por terem apresentado mesmo sinal dos escores IPCA1 e IPCA2, indicando que estes tendem a interagir de forma favorável à interação G x A.

Os genótipos LP 99-55 (G3) e LP 99-79 (G5) mostraram-se específicos aos ambientes A2, A4, A11 e A7 também por terem apresentado os mesmos sinais dos escores IPCA1 e IPCA2. O genótipo LP 99-63 (G4) mostrou-se específico aos ambientes A17, e o genótipo Pérola (G6) foi específico aos ambientes A8, A6, A16 e A1. Com relação aos ambientes, o gráfico mostra que os ambientes A5, A9, A10, A12, A13 e A15 foram os que influenciaram em menor proporção a interação G x A.

3.5.6 Comparação entre Metodologias

Na tabela 3.9 são apresentadas informações referentes às correlações significativas entre os diferentes parâmetros de estabilidade e adaptabilidade fenotípica obtidos a partir das quatro metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade aplicadas neste trabalho.

As correlações positivas e significativas (acima de 0,81) detectadas foram entre:

a) A média geral (kg/ha) de cada genótipo, obtida pelo método de Eberhart e Russel (1966), com os seguintes parâmetros: média nos ambientes favoráveis e desfavoráveis pela metodologia de Verma, Chahal e Murty (1978), além

dos parâmetros EV, FW e SH da metodologia de Eskridge (1990), indicando que todos esses parâmetros levam em consideração mais a média em si do genótipo, ou seja, sua adaptabilidade, que sua contribuição à interação G x A;

b) O coeficiente angular (β) da metodologia de Eberhart e Russel com o β dos ambientes desfavoráveis da metodologia de Verma et al. (1978), resultado do desempenho dos genótipos nesta região ter sido muito semelhante ao comportamento geral das linhagens e cultivares testadas em todos os tipos de ambientes;

c) Pela a metodologia de Verma et al. (1978), na região favorável, o coeficiente de regressão β correlacionou-se positivamente com o R^2 de ER, ou seja, os genótipos mais adaptados aos ambientes favoráveis apresentaram maior previsibilidade (estabilidade) geral;

d) A média dos ambientes negativos da metodologia de Verma et al. (1978) com os parâmetros EV, FW e SH da metodologia de Eskridge (1990), indicando que todos esses parâmetros levam mais em consideração a média dos genótipos na região desfavorável;

e) O coeficiente de regressão β na região desfavorável com IPCA 1 da análise AMMI, indicando o quê prevaleceu nesta correlação foi a adaptação às condições adversas;

f) O parâmetro EV da metodologia de Eskridge com os demais parâmetros deste mesmo método FW, SH e ER sendo redundantes, neste caso, com estes genótipos estudados,

Tabela 3.9 – Correlações significativas entre os diferentes parâmetros de quatro metodologias de análise de estabilidade fenotípica, nos 17 ambientes avaliados nos anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

	<i>Verma et al.</i>										
	<i>Eberhart e Russel</i>		Amb. Favoráveis		Amb. Desfavoráveis		<i>Eskridge</i>			AMMI	
	β	S^2_{di}	Média	R^2	Média	B	EV	FW	SH	ER	IPCA1
<i>Média Geral</i>			0,9111*		0,9396*		0,9038*	0,8201*	0,9425*		
β (E.R.)						0,8198*					
R^2 (E.R.)		-0,8591*									
β (Verm+)	-0,8604*			0,8784*							
<i>Média (Verm-)</i>							0,9880*	0,9512*	0,9385*		
β (Verm-)	-0,8798*										0,8852*
EV	-0,8692							0,9675*	0,9368*	0,8359*	
FW									0,9085*	0,8659*	
SH										0,9402*	

*Significativos: acima de 0,81 ou menor que -0,81, pelo teste T a 5% de probabilidade.

g) O parâmetro FW da metodologia de Eskridge teve correlação positiva com SH e ER e o parâmetro SH da metodologia de Eskridge teve correlação positiva, sendo também redundantes;

As correlações negativas e significativas (inferiores a -0,81) detectadas foram entre:

a) O coeficiente de determinação (R^2) da metodologia de Eberhart e Russel com o desvio da regressão S^2 deste método, o que é esperado, em função das expressões matemáticas que geraram as estimativas desses dois parâmetros;

b) A média dos genótipos nos ambientes negativos pelo método de Verma et al. com o β da metodologia de Eberhart e Russel; indicando que quanto maior adaptação aos ambientes favoráveis (β maior que 1), menor seu desempenho na região de ambientes desfavoráveis, o que está de acordo com o previsto (efeito “gangorra”) do parâmetro β do método de Eberhart e Russel;

c) O parâmetro EV da metodologia de Eskridge com o β (-0,8798) da metodologia de Eberhart e Russel, ou seja, quanto mais responsivo for o genótipo à melhoria do ambiente, menor é sua estabilidade pelo método de Eskridge;

d) O parâmetro FW da metodologia de Eskridge com o β (-0,8692) da metodologia de Eberhart e Russel, visto que a maioria dos genótipos testados apresentaram índices β superiores a 1 (Tabela 5) e quanto maior for esta diferença, menor será a estabilidade indicada pelo FW.

As correlações positivas e concordantes com KVITSCHAL (2003) foram: Média x FW, Média x SH, FW x SH, FW x ER e SH x ER. A correlação negativa coincidente e significativa com o mesmo autor foi B x EV, enquanto que a correlação B x FW foi negativa e significativa, porém com o sinal inverso obtido pelo mesmo autor, que trabalhou com outra cultura, a mandioca. Possivelmente as

correlações coincidentes, em magnitude e sinal, devem-se à expressão de cálculo dos respectivos parâmetros, independentemente do conjunto de genótipos e ambientes estudados.

As resultados dos coeficientes de correlação concordam com os obtidos por Silva e Duarte (2006) e confirmam que os métodos de Eberhart e Russell e AMMI são pouco correlacionados, ou seja, fornecem informações complementares ao estudo da interação genótipos por ambientes.

3.5.7 Análise Não Paramétrica

Esta análise avalia a estabilidade e adaptabilidade por meio de uma tela gráfica representativa do comportamento dos genótipos estudados (CRUZ, 2001). Na Figura 3.18 encontra-se uma análise visual representada por um gráfico de teia, sendo que este é composto por um polígono onde o número de seus lados partem diferentes raios que representam os diferentes ambientes, sendo os raios vermelhos referentes aos ambientes desfavoráveis e os raios azuis aos ambientes favoráveis.

Essa figura também é composta por outras três linhas sendo o perímetro externo representado pelo valor máximo do melhor genótipo em cada ambiente e convertidos para 100%; A segunda linha representa a média dos genótipos e a terceira a média do respectivo genótipo. O genótipo ideal é aquele que sua linha coincide com o perímetro do polígono. Neste caso, a linhagem LP 99-79 corresponde ao número de ambientes. Do centro deste polígono apresenta maior coincidência de suas médias com a melhor média nos diferentes ambientes.

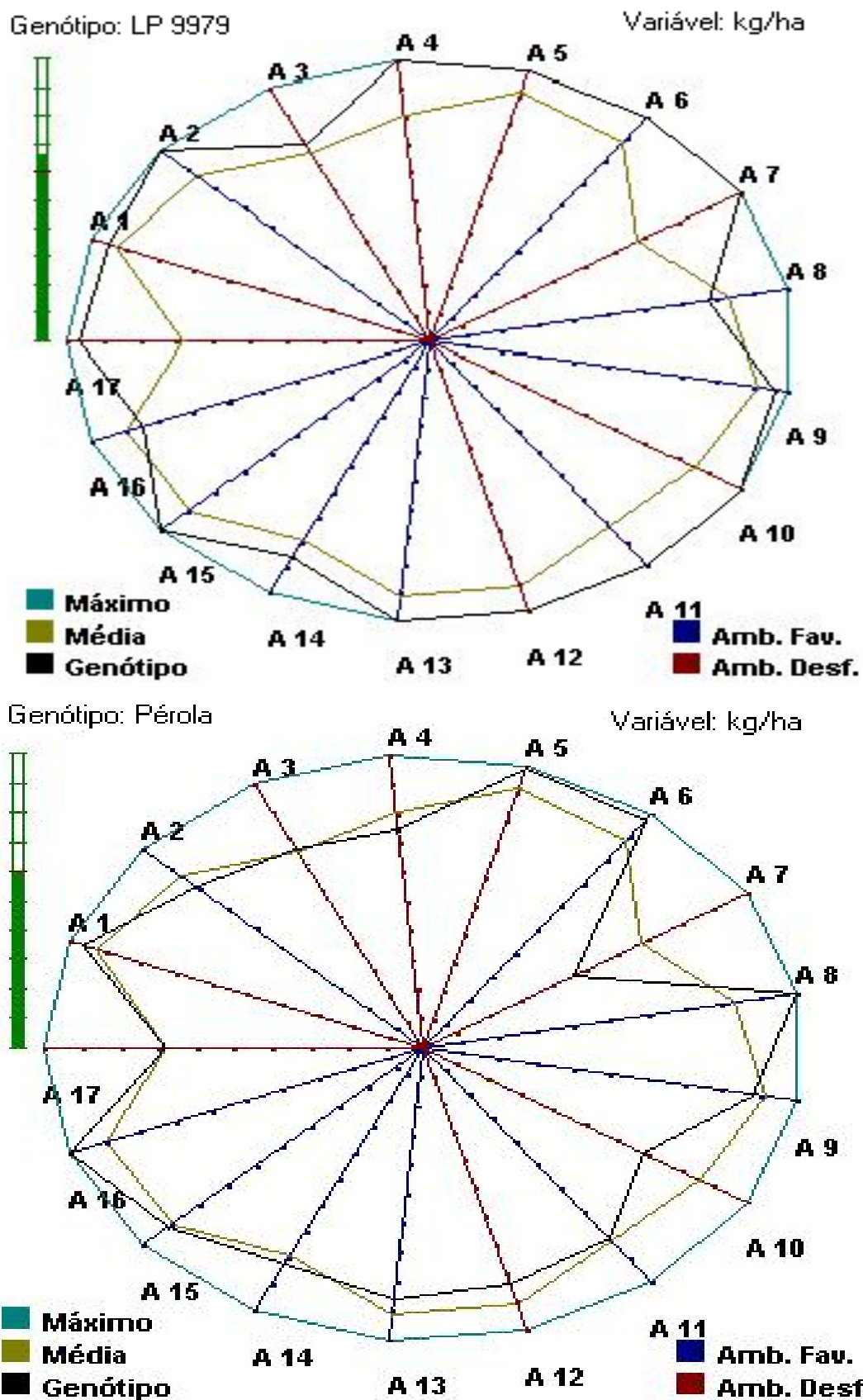


Figura 3.18 – Comparação de estabilidade fenotípica entre a linhagem LP 99-79 e a cultivar Pérola.

3.5.8 Estratificação de Ambientes

A estratificação de ambientes da região de adaptação da cultura em sub-regiões mais homogêneas é recomendada para contornar os inconvenientes proporcionados pela interação G x A (CRUZ; REGAZZI, 1994).

A estratificação ambiental é importante para identificar se há, entre os ambientes disponíveis, padrões de similaridades de respostas de genótipos, tomar decisões com relação a descartes de ambientes, quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos, e identificar grupos de ambientes onde a interação possa ser não significativa para o conjunto de genótipos disponíveis (CRUZ; REGAZZI, 1997).

A classificação dos ambientes pode ser realizada com base nas variáveis edafoclimáticas ou com base no desempenho médio dos genótipos nos vários ambientes (MILLIGAN, 1994).

As estimativas do agrupamento dos ambientes com base na significância da interação genótipos x ambientes para a produtividade média de feijoeiro, observa-se que os ambientes apresentaram-se estatisticamente semelhantes, constituindo grupos (Tabela 3.10). Entre eles, não há interação genótipos x ambientes significativa, ou seja, a classificação dos genótipos com base na produtividade média de feijoeiro é a mesma. Dentro do grupo, os ambientes não são necessariamente semelhantes, mas sim discriminam os genótipos da mesma forma.

Tabela 3.10 – Formação de grupos com interação G x A não significativa nos 17 ambientes avaliados entre os anos agrícolas de 2000/01, 2001/02 e 2002/03, no estado do Paraná.

<i>QMI/r</i>	<i>F_{cal}</i>	<i>F_{tab(5%)}</i>	<i>Ambientes</i>														
4235,65	0,13	2,23	12	13													
8500,33	0,26	1,86	12	13	10												
13618,62	0,42	1,70	12	13	10	2											
16932,91	0,53	1,61	12	13	10	2	11										
19436,23	0,60	1,54	12	13	10	2	11	9									
21335,79	0,66	1,50	12	13	10	2	11	9	5								
22800,33	0,71	1,46	12	13	10	2	11	9	5	15							
26599,78	0,83	1,44	12	13	10	2	11	9	5	15	4						
30455,62	0,95	1,41	12	13	10	2	11	9	5	15	4	1					
36365,12	1,14	1,40	12	13	10	2	11	9	5	15	4	1	7				
42907,69	1,34	1,38	12	13	10	2	11	9	5	15	4	1	7	6			
33847,98	1,06	2,23	3	14													
49007,80	1,53	2,23	7	17													
50429,86	1,58	2,23	6	16													
56898,55	1,78	2,23	1	8													
63503,92	1,99	2,23	5	16													
68409,78	2,14	2,23	15	17													
71068,35	2,22	2,23	1	16													

No estudo de estratificação de ambientes visando uma melhor eficiência na condução da rede de competição de linhagens de feijão (Tabela 3.10), pode-se selecionar cinco ambientes dos dezessete utilizados que forneceriam o mesmo poder de discriminação dos genótipos testados, reduzindo-se assim os custos da experimentação. Os ambientes selecionados foram: 8, 12, 14, 16 e 17.

Crerios como proximidade dos centros de pesquisa, facilidade de acesso e representatividade de centros produtivos (microrregiões) podem ser adotados. Essa diminuio no nmero de ambientes proporcionar reduzio nos custos de avaliao dos hbridos para silagem, alm de permitir a realizao de avaliaes mais criteriosas nos locais restantes (OLIVEIRA et al., 2004).

3.6 Conclusões

As análises de variância individuais demonstram que os ensaios foram bem conduzidos de acordo com as normas exigidas pelo Ministério da Agricultura, e a análise conjunta detectou significância para os efeitos de genótipos, ambientes e sua interação.

A estabilidade fenotípica determinada pelo método da regressão linear única evidenciou a maior previsibilidade dos genótipos Carioca e LP 99-79, enquanto que pela metodologia da regressão bissegmentada ressaltou o comportamento contrastante da cultivar IAPAR 81, que foi altamente responsiva nos ambientes desfavoráveis, em oposição ao desempenho da linhagem LP 99-63.

A análise de estabilidade e adaptabilidade realizada pelo método proposto por Eskridge (1990) indicou que os genótipos LP 99-79, LP 99-63 e Pérola, respectivamente, mostraram-se mais estáveis ou mais adaptados e os genótipos Carioca, LP 99-55 e Iapar 81 foram os menos estáveis dentre os materiais analisados.

A análise AMMI mostrou-se eficiente no estudo da interação $G \times A$, sendo capaz de explicar aproximadamente 78% da interação em apenas dois eixos IPCA.

Quanto à estabilidade, a análise AMMI indica que todos os genótipos apresentaram certa instabilidade fenotípica, sendo os genótipos LP 99-63 e Carioca considerados os mais estáveis. Os genótipos Pérola e Iapar 81 mostraram maior capacidade de responder aos ambientes específicos.

Há correlações coincidentes, em magnitude, sinal e significância devido à expressão de cálculo dos respectivos parâmetros, independentemente do conjunto de genótipos e ambientes estudados.

Pela análise não-paramétrica do gráfico de teia constata-se a superioridade da linhagem LP 99-79.

O procedimento de estratificação de ambientes indicou que dos 17 ambientes utilizados, bastariam somente cinco ambientes, para o estudo da interação genótipos por ambientes, sem perda de informação e com redução de custos da pesquisa.

A linhagem LP 99-79 obteve méritos suficientes para ser indicada para o cultivo no estado do Paraná e a linhagem LP 99-63 poderá ser utilizada desde que tenha alguma característica agronômica relevante favorável.

A linhagem LP 99-79 deixou de ser linhagem tornando-se a cultivar IPR Siriri.

REFERÊNCIAS

ALLIPRANDINI, L. F. **Estudos dos efeitos ambientais, estabilidade, adaptabilidade e ganho genético em linhagens de soja (Glicine Max (L.) Merrill) no Estado do Paraná.** Londrina, 1992. 122f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Londrina.

ALBERINI, J. L.; LOLLATO, M. A. *a importância da semente.* In: FUNDAÇÃO INSTITUTO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no Paraná.** Londrina: IAPAR, 1980. (Circular18).

ALMEIDA, M. A. de **Feijão enriquecido com ferro, vitaminas e minerais no combate a desnutrição infantil e prevenção de anemia ferropriva.** Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/pdf/palestra03.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2006.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi v. 46, p. 269-78, 1992.

ANNICCHIARICO, P.; MARIANI, G. Prediction of adaptability and yield stability of durum wheat genotypes from yields response in normal and artificially drought-stressed conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 46, p. 71-80, 1986.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas.** Viçosa: UFV, 1997. p. 547.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F.; ABREU, A. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de metodologias de avaliação da estabilidade fenotípica na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* (L.)). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 269, p. 89-102, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 25, de 23 de maio de 2006.** Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16956>> Acesso em 29 out 2007.

BRASIL. Ministerio das Relações Exteriores. **Feijão.** Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/CDBRASIL/ITAMARATY/WEB/port/economia/agric/producao/fejao/apresent.htm>>. Acesso em: 01 fev. 2007.

BUSO, G. S. C.; AMARAL, Z. P. S.; MORETZSOHN, M. C.; BRONDANI, C.; SILVA, H. T. Estudo das relações genéticas de acessos de feijão utilizando marcadores RAPD. **Boletim Técnico da EMBRAPA/EPAGRI**, Brasília, v. 9, p. 2001. 21p.

CARPER, J. **Food: your miracle medicine**. HarperTorc: Mass Market Paperback. 1998. 560p.

CHAVES, L.J. Interação genótipos com ambientes. In: NASS, L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES - INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento - Plantas**. Rondonópolis, Fundação MT, 2001. p. 673-713.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Levantamento de Grãos 2006/2007**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em 23 jul. 2007.

COMSTOCK, R.E., MOLL, R.H. Genotype-environment interactions. In: HANSON, W.D., ROBINSON, H.F. Eds. **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: National Academy of Sciences - National Research Council, p. 154-96, 1963. (Publication 982).

CORDEIRO, A.; MARCATTO, C. Milho: a volta das variedades crioulas. In: GAIFANI, A.; CORDEIRO, A. (Org.). **Cultivando a diversidade: recursos genéticos e segurança alimentar**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1994. p.139-162.

CROSSA, J. **Statistical analysis of multilocation Trial**. Advances in Agronomy, v. 44, p. 55 – 85, 1990.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. Volume 2.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v.38, p.422-430, 1991.

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

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. A.; VENCOVSKY, R. Na alternative to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, p.567-580, 1989.

CUBERO, J. I.; FLORES, F. **Métodos estadísticos para El estudio de La estabilidad varietal em ensayos agrícolas**. Sevilla: Junta de Andalucía, 1994. 176 p. (Monografias, 12/94).

DEBOUCK, D.G. Systematics and morphology. In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans**: research for crop improvement. Cali: CIAT, 1991. p.55-118.

DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; RAVA, C. A.; CARNEIRO, G. E. S.; SOARES, D. M.; FARIA, L. C.; ANTUNES, I. F.; SILVEIRA, E. P.; MESQUITA, A. N. Feijão preto é "Valente". In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002. Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2002. p. 387-390.

DOURADO NETO, D.; ITO, M. A. **Panorama atual da cultura de feijão**. In: CASTRO, J. L.; ITO, M. F. (Coord.). Anais dia de Campo de Feijão. Campinas: Instituto Agrônômico, 2006. (Documentos IAC; n. 76).

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise "AMMI". Ribeirão Preto: Funpec, 1999. 60 p. (Monografias, 9).

DUARTE, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.25-32, jan. 1994.

_____. Comparison of three methods used for the study of adaptation and phenotypic stability in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.15, n.1, p.125-136, 1992.

_____. Correlation among yield stability paramaters in common bean. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p.905-912, 1995.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n.1, p. 36-40, 1966.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Origem e história do feijão**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/feijao/historia.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistemas de Produção 2**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/cultivares.htm>>. Acesso em 03 dez. 2006.

ESKRIDGE, K. M. Selection of stable cultivars using a safety-first rule. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 369-374, 1990.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Home page**. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 23 nov. 2005.

_____. Melhorar a Nutrição através das Hortas Familiares. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/007/x3996p/x3996p18.htm#TopOfPage>>. Acesso em: 03 mar. 2008.

FALCONER, D.S., MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. England: Longman, 1996. 463 p.

FARIAS, F. J. C.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, L. P.; MOREIRA, J. A. N.; COSTA, J. N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 407-414, 1997.

FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, C. M. **Feijão na economia nacional**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa – CNPAF, 2002. 47 p. (Documentos, 135).

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 14, n. 6, p. 742-754, 1963.

FISBERG M; LIMA A; RODRIGUES C; NAUFEL C; RHEINS S; OLIVEIRA S; Feijão Enriquecido com ferro na prevenção da anemia em pré-escolas. **Nutrição em Pauta**, São Paulo, v. 59, p. 10-18, 2003.

FONSECA JUNIOR, N. S. Análise de estabilidade fenotípica: considerações sobre quatro metodologias. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. **Anais...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1987. p.193-212.

FONSECA JÚNIOR, N. S. Interação genótipo x ambiente: aspectos biométricos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Ed. UEL, 1999. p. 820.

GAUCH Jr., H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH Jr., H. G. (org.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, 1996. cap. 4, p. 85-122.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D.G. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: SCHOONHOVEN, A. van; VOYSEST, O. (Ed.). **Common beans: research for crop improvement**. Cali: CIAT, 1991. p.7-53.

HUENH, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: theory. **Euphytica**, Wageningen, v.47, p.195-201, 1990.

HUHN, M.; TRUBERG, B. Contributions to the analysis of genotype x environment interactions: theoretical results of the application and comparison of clustering techniques for the stratification of field test sites. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Zeitschri, v.188, n.2, p.65-72, 2002b.

HUHN, M.; TRUBERG, B. Contributions to the analysis of genotype x environment interactions: experimental results of the application and comparison of clustering techniques for the stratification of field test sites. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Zeitschri, v.188, n.2, p.113-122, 2002a.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **O feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. Circular 63.

JOBIM, C. I. P. **Utilização de variáveis ambientais na análise da interação genótipo x ambiente em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1990. 84f. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

JOHNSON, R. A.; WICHERND. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1992. 642p.

KAPLAN, L.; LYNCH, T.F.; SMITH, C.E. Early cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) from the intermontane Peruvian valley. **Science**, Washington, v. 179, p. 76-7, 1973.

KATAOKA, S. A stochastic programming model. **Econometria**, v. 31, p. 181-196, 1963.

KVITSCHAL, M. V. **Avaliação da estabilidade e da adaptabilidade de clones de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2003. 141f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade Nutricional. In: ARAÚJO, S.R. et al. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p. 22-70.

LAVORANTI O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem “bootstrap” no modelo AMMI**. 2003. 166f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

LIN, C. S. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.62, p.277-280, 1982.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.68, p.193-198, 1988.

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: Where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 894-900, 1986.

LOLLATO, M. A. Situação da cultura no estado. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO DO PARANÁ. **Cultura do feijão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1980. (Circular, 18).

MEIRA, L. **Feijão**. Disponível em <<http://luizmeira.com/feijao.htm>>. Acesso em 06 fev. 2007.

MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. da. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5. p. 715-723, maio 2007.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D.; FONSECA JUNIOR, N. S. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p.1567-1575, nov, 2007.

MILLIGAN, S. B. Test sit within and among stages of a sugarcane breeding program. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 2, p. 1184 -1190, 1994.

MIRANDA, C.S. **Evolutionary genetics of wild and cultivated *Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus coccineus***. Cambridge: University of Cambridge, 1974.

MIRANDA, G. V.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, G. A. de A. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares de feijão em quatro municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.15, n.232, p.591-609, 1993.

MONTALVÁN, R.; FARIA, R. T. Variabilidade genética e germoplasma. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (org.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. p. 27-38.

MONTALVÁN, R.; MONTAÑO-VELASCO, J. C. Interação genótipos x ambientes: aspectos básicos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Org.). **Melhoramento de plantas**. Londrina: UEL, 1999. p. 131-140.

MORAIS, O. P. **Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas, genotípicas e de ambientes em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.)**.1980. 70f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MURAKAMI, D. M.; CRUZ, C. D. Proposal of methodology to assess the representativeness of environments for genotypic discrimination. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 3, p. 325-330, 2003.

_____. Proposta de metodologia para avaliação da representatividade de ambientes para discriminação genotípica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia : Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 1 CD-ROM (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 113).

NOVO retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto. Brasília: INCRA/FAO, 2000. 74 p.

OLIVEIRA, G. V.; CARNEIRO, P. C. S.; DIAS, L. A. S.; CARNEIRO, J. E. S.; CRUZ, C.D. Factor analysis in the environment stratification for the evaluation of common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.5, p.166-173, 2005.

OLIVEIRA, J. E. D. de. **O feijão na alimentação/nutrição do brasileiro**: ontem e amanhã. Disponível em : <<http://www.cnpaf.embrapa.br/conafe/pdf/palestra13.pdf>> Acesso em: 28 set. 2006.

OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; FERNANDES, S. B. V.; WÜNSCH, J. A.; LAJÚS, C. A.; DUFLOTH, J. H.; ZANATTA, J. C.; MOLETTA, J. L.; PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. S.; BOTREL, M. A.; AUAD, M. V. Estratificação de ambientes, adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho para silagem no sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 997-1003, Jul./Aug. 2004.

PACHECO, R. M.; DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R.; PINHEIRO, J. B.; OLIVEIRA, A. B. de . Use of supplementary genotypes in AMMI analysis. **Theoretical And Applied Genetics**, Stuttgart, v. 110, n. 5, p. 812-818, 2005.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Perfil da agricultura paranaense**. Disponível em <<http://www.pr.gov.br/seab/>> Acesso em: 13 maio 2006.

POMPEU, A. S. Feijão. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p.111-155.

RAMALHO, M. A. P. Melhoramento genético de plantas no Brasil: situação atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia : EMBRAPA, 2001. p. 1-13.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. São Paulo: Globo, 2000.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

ROCHA, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. 2002. 184f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J. B. da **Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, set. 2002.

ROSSE, L.N. **Modelo de regressão não linear aplicado na avaliação da estabilidade fenotípica em plantas**. 1999. 179p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, H. T. **Análise da divergência genética do germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) melhorado e tradicional (Crioulo) cultivado no Brasil, e das formas silvestres de origem Centro e Sul Americana**. 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. Aplicação de regressão linear segmentada em estudos da interação genótipos x ambientes. In: SIMPOSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1. Campinas, Cargill. **Resumo**. P.49-50, 1985.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 23-30. 2006.

VALOIS, A. C. C.; PAIVA, J. R.; FERREIRA, F. R.; SOARES FILHO, W. S.; DANTAS, J. L. L. Melhoramento de espécies de propagação vegetativa. In: NASS, L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES - INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis, Fundação MT, 2001. p. 673-713.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. p. 486.

VENDRUSCOLO, E. C. G. **Comparação de métodos de avaliação de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho pipoca (*Zea mays*, L.) na região Centro – Sul do Brasil**. 1997. 84f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, p.89-91, 1978.

VIEIRA C.; PAULA JÚNIOR T. J. ; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 600p.

YOKOYAMA, L. P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, T. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Coord.) **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 2-4.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, A. J.; GAUCH Jr., H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 388 – 393, 1988.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Comparação entre Metodologias

Análise das correlações entre os diferentes parâmetros de quatro metodologias de análise de estabilidade fenotípica, nos 17 ambientes avaliados nos anos agrícolas de 2000/01 e 2002/03, no estado do Paraná.

		<i>Eberhart e Russel (1966)</i>				<i>Verma et al. (1978)</i>						<i>Eskridge</i>			<i>AMMI</i>		
						Amb. Favoráveis			Amb. Desfavoráveis								
		<i>Média</i>	β	S^2_{di}	R^2	<i>Média</i>	β	R^2	<i>Média</i>	β	R^2	<i>EV</i>	<i>FW</i>	<i>SH</i>	<i>ER</i>	<i>IPCA1</i>	<i>IPCA2</i>
Eberhart e Russel	<i>Média</i>	1.0000	-0,6568	-0,2536	-0,1043	0,9111*	-0,2252	0,0705	0,9396*	-0,6390	-0,3575	0,9038*	0,8201*	0,9425*	0,7750	-0,5091	-0,0398
	β	-0,6568	1.0000	0,1405	0,3589	-0,3056	0,0493	-0,2353	-0,8604	0,8198*	0,6287	-0,8798	-0,8692	-0,6646	-0,5411	0,7625	-0,4062
	S^2_{di}	-0,2536	0,1405	1.0000	-0,8591	-0,1254	-0,4689	-0,7912	-0,3260	0,1778	-0,4239	-0,3968	-0,5093	-0,5544	-0,8028	0,5715	-0,0686
	R^2	-0,1043	0,3589	-0,8591*	1.0000	-0,0643	0,3524	0,5464	-0,1234	0,3272	0,7955	-0,0745	0,0681	0,1761	0,4750	-0,0918	0,0004
Verma et al.	<i>Média</i>	0,9111	-0,3056	-0,1254	-0,0643	1.0000	-0,3041	-0,1177	0,7149	-0,3919	-0,2100	0,6563	0,5297	0,7949	0,6122	-0,1988	-0,2972
	β	-0,2252	0,0493	-0,4689	0,3524	-0,3041	1.0000	0,8784*	-0,1294	-0,3758	-0,1423	-0,0614	-0,0741	-0,0342	0,1417	-0,5643	-0,4997
	R^2P	0,0705	-0,2353	-0,7912	0,5464	-0,1177	0,8784	1.0000	0,2173	-0,4964	-0,0366	0,3058	0,3468	0,3409	0,5519	-0,7939	-0,2040
Eskridge	<i>Média</i>	0,9396	-0,8604*	-0,3260	-0,1234	0,7149	-0,1294	0,2173	1.0000	-0,7585	-0,4319	0,9880*	0,9512*	0,9385*	0,8062	-0,6985	0,1795
	β	-0,6390	0,8198	0,1778	0,3272	-0,3919	-0,3758	-0,4964	-0,7585	1.0000	0,8077	-0,7862	-0,6756	-0,6400	-0,5189	0,8852*	0,1671
	R^2	-0,3575	0,6287	-0,4239	0,7955	-0,2100	-0,1423	-0,0366	-0,4319	0,8077	1.0000	-0,4299	-0,2570	-0,1943	0,0437	0,4819	0,2287
AMMI	<i>EV</i>	0,9038	-0,8798*	-0,3968	-0,0745	0,6563	-0,0614	0,3058	0,9880	-0,7862	-0,4299	1.0000	0,9675*	0,9368*	0,8359*	-0,7636	0,2043
	<i>FW</i>	0,8201	-0,8692*	-0,5093	0,0681	0,5297	-0,0741	0,3468	0,9512	-0,6756	-0,2570	0,9675	1.0000	0,9085*	0,8659*	-0,7508	0,3857
	<i>SH</i>	0,9425	-0,6646	-0,5544	0,1761	0,7949	-0,0342	0,3409	0,9385	-0,6400	-0,1943	0,9368	0,9085	1.0000	0,9402*	-0,6661	0,0400
	<i>ER</i>	0,7750	-0,5411	-0,8028	0,4750	0,6122	0,1417	0,5519	0,8062	-0,5189	0,0437	0,8359	0,8659	0,9402	1.0000	-0,7019	0,0903
AMMI	<i>IPCA1</i>	-0,5091	0,7625	0,5715	-0,0918	-0,1988	-0,5643	-0,7939	-0,6985	0,8852	0,4819	-0,7636	-0,7508	-0,6661	-0,7019	1.0000	0,0000
	<i>IPCA2</i>	-0,0398	-0,4062	-0,0686	0,0004	-0,2972	-0,4997	-0,2040	0,1795	0,1671	0,2287	0,2043	0,3857	0,0400	0,0903	0,0000	1.0000

Significativos: acima de 0,81 ou menor que -0,81, pelo teste T a 5% de significância.