



HERMÍNIO BENTO INÁCIO

**PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE LINHAGENS
DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**LAVRAS - MG
2016**

HERMÍNIO BENTO INÁCIO

**PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE LINHAGENS DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

Coorientadora

Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende

LAVRAS - MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados
informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Inácio, Hermínio Bento.

Plasticidade fenotípica de linhagens de arroz de terras altas /
Hermínio Bento Inácio. – Lavras: UFLA, 2016.
57 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras,
2016.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.
Bibliografia.

1. Oriza sativa. 2. Adaptabilidade. 3. Estabilidade. 4. Produtividade.
5. Grãos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

HERMÍNIO BENTO INÁCIO

**PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE LINHAGENS DE ARROZ DE
TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de outubro de 2016.

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé EPAMIG

Dr. Moizes de Sousa Reis Dr. EPAMIG

Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientadora

Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2016**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial Departamento Agricultura/ fitotecnia pela oportunidade concedida.

À minha orientadora Dra. Flávia por ter me recebido e saber me conduzir até ao final do meu curso com toda dedicação e paciência.

A todos os colegas que sempre partilharam os momentos da minha estadia, em especial à Amanda, que se disponibilizou a ajudar em todos os momentos em todas as frentes deste processo.

A todos os meus amigos de Moçambique pelos momentos maravilhosos que passamos juntos em Lavras.

À minha família, especialmente à minha esposa e meus filhos que souberam entender e fazer possível que eu terminasse mais um sonho.

A todo pessoal docente que direta ou indiretamente contribuiu para finalizar mais uma batalha.

RESUMO

A fase de avaliação de genótipos para prévia recomendação em diferentes ambientes é uma etapa que requer um alto nível de investimento. Esta avaliação é extremamente importante especialmente quando o objetivo de melhoramento é selecionar genótipos com alta homeotase, adaptabilidade associados à alta produção e estabilidade. Com isso, para este trabalho foi formulado como objetivo principal, estudar a plasticidade fenotípica de linhagens de arroz de terras altas para o caráter produção em múltiplos ambientes. Os experimentos foram instalados em nove ambientes correspondentes à combinação de locais e anos agrícolas. Foram utilizadas 13 linhagens elite, provenientes de convênio entre a UFLA, EPAMIG e EMPRAPA arroz e feijão. Os dados foram analisados usando o pacote estatístico SISVAR mediante análise individual e posteriormente a realização de análise conjunta. Foi verificada a adaptabilidade e estabilidade usando o pacote estabilidade por meio de três métodos, Wricke, Annicchiarico, e Lin binns. Os métodos Annicchiarico e Lin Binns foram semelhantes na identificação de quatro linhagens adaptáveis e estáveis sendo as seguintes: CMG 2097, CMG 1896, CMG 2089, CMG 2085. Com o método de Wricke não identificou nenhuma linhagem como estável todas obtiveram o mesmo comportamento em diversos ambientes.

Palavras-chave: Oriza sativa. Adaptabilidade. Estabilidade. Produtividade. Grãos.

ABSTRACT

Assessing genotypes to be recommended in different environments is a step that requires a long time and resources. This assessment is extremely important especially when breeding objectives are selecting genotypes with high homeostasis, adaptability associated with high production and stability. The objectives of this researcher were to study the phenotypic plasticity of upland rice lines for the production parameter in multiple environments. The experiments were conducted in nine different environments matching the combination of place and agricultural years. 13 elite lines from UFLA, EPAMIG and EMBRAPA rice and beans were tested. Data were analysed using the statistical package SISVAR by individual analysis and subsequently conducting joint analysis. Using the package by means of three methods Wricke, Annicchiarico, and Lin Binns was verified the adaptability and stability. The Annicchiarico Lin and Binns methods were similar in the identification of four adaptive and stable lines: CMG 2097 CMG 1896 CMG 2089, 2085. The Wricke method did not identified any genotype as stable and all achieved the same behaviour in various environments.

Keywords: *Oriza sativa*. Adaptability and stability. Yield. Grain.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos locais onde foram instalados os experimentos.....	30
Tabela 2 - Identificação das linhagens utilizadas nos experimentos.....	31
Tabela 3 - Resumo das análises individuais em cada ambiente considerando o caráter produtividade de grãos.....	36
Tabela 4 - Resumo da Análise de variância conjunta para produtividade em kg/ha.....	38
Tabela 5 - Tabela de médias conjuntas para os caracteres produtividade em kg.ha ⁻¹ para a interação Genótipos x Ambientes.....	42
Tabela 6 - Análise da variável produção para estabilidade de acordo com modelo de Wricke (1965).....	43
Tabela 7 - Análise de estabilidade da variável de produção de acordo com modelo de Annicchiarico (1992).....	45
Tabela 8 - Análise de Estabilidade de Acordo com o modelo de Lin e Binns (1988) para variável produção.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1	Objetivo geral.....	11
1.1.2	Objetivos específicos.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Cultura do arroz	12
2.2	Interação genótipos x ambientes.....	15
2.2.1	Adaptabilidade e estabilidade no melhoramento de plantas	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	Locais de condução dos experimentos.....	30
3.2	Genótipos	30
3.3	Condução dos experimentos	31
3.4	Análises dos dados	32
3.4.1	Comparação de medias	33
3.4.2	Análise de estabilidade e adaptabilidade	33
3.4.2.1	Método de Wricke.....	33
3.4.2.2	Método de Annicchiarico	34
3.4.2.3	Método de Lin & Binns	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

Até a década de 70, a produção de arroz de terras altas e inundado era complementar no abastecimento nacional, e a concorrência entre eles era pequena, pois os produtos se dividiam entre os dois mercados.

A partir de meados de 1970, o arroz inundado passou a ter preferência nacional e obter maiores cotações no mercado. Contudo, no início da década de 80, a produtividade média nacional de arroz de terras altas apresentou uma tendência de crescimento, apesar da redução da área de cultivo, a produção cresceu e a qualidade do grão aumentou expressivamente (FERREIRA; VILHAR, 2003).

Tradicionalmente, a cultura do arroz de terras altas no Brasil vinha sendo praticada sem muita tecnologia, ocorrendo apenas como abertura de novas áreas agrícolas. Assim, a cultura apresentava baixa produtividade e qualidade inferior aos padrões do consumidor brasileiro, desestimulando de certa forma os produtores (NASCIMENTO, 2008). Além disso, apesar da disponibilidade de cultivares para as diversas condições edafoclimáticas do Brasil, pesquisas realizadas na década de 90 mostraram que a base genética do arroz de terras altas é bastante estreita, dificultando a obtenção de cultivares superiores.

A rizicultura constitui, entre as culturas anuais plantadas no Brasil, uma das mais sensíveis a adversidades ambientais (solos pobres, deficiência hídrica, ataque de pragas e doenças etc.). Essas adversidades têm como consequência, rendimentos baixos e produção instável ao longo dos anos, acarretando desabastecimento, grande oscilação de preços e queda no consumo per capita desse produto, que representa um dos principais pratos do brasileiro (MORAIS et al., 2008).

Aproximadamente 13% do cultivo de arroz de terras altas ocorrem sem qualquer tipo de irrigação e a sua produtividade depende totalmente do regime

hídrico da região de cultivo (RIOSTERRA et al., 2013). A maior parte do Brasil apresenta sazonalidade de chuvas, muitas vezes alternando períodos de excesso e deficiência hídrica, o que pode ocasionar redução na produção. A melhor alternativa, nesse caso, é a obtenção de cultivares adaptadas às regiões de cultivo, principalmente onde não é empregada nenhuma tecnologia de cultivo.

Entre outras razões essa extrema sensibilidade da cultura, deve estar associada ao uso de cultivares mal adaptadas aos diversos sistemas de produção e à grande variabilidade de condições edafoclimáticas, em que se cultiva o arroz no Brasil. Nesse aspecto, a recomendação de cultivares com base unicamente em suas produtividades médias nos ensaios avançados de rendimento pode contribuir, para a indicação de genótipos de adaptação específica. Dessa forma, uma das estratégias de sucesso para a recomendação de linhagens com ampla plasticidade fenotípica é a avaliação dos mesmos em um grande número de ambientes diferentes.

A fase de avaliação de genótipos para prévia recomendação em diferentes ambientes é uma etapa que requiere um alto nível de investimento. Esta avaliação é extremamente importante especialmente quando o objetivo de melhoramento é selecionar linhagens com alto homeotase, adaptabilidade, alta produção de genótipos associado à alta produção e estabilidade (BALESTRE et al., 2010). Assim, em um programa de melhoramento, é extremamente importante a obtenção de genótipos que apresentem um comportamento estável frente às oscilações ambientais (SANTOS, 2009).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

- ✓ Estudar a plasticidade fenotípica de linhagens de arroz de terras altas para caráter produção em múltiplos ambientes.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar cultivares com adaptabilidade e estabilidade geral ou específica;
- ✓ Verificar a existência de interação genótipos por ambientes nos locais em estudo;
- ✓ Recomendar os melhores cultivares nas diferentes regiões de adaptabilidade e estabilidade;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o terceiro cereal mais produzido e consumido no mundo, ficando atrás apenas do trigo e do milho. Faz parte da dieta básica de aproximadamente 50% da população mundial, podendo ser considerado o mais importante para a alimentação humana (WALTER et al., 2010).

O arroz está entre os cereais mais importantes do mundo, sendo a Ásia o responsável por 88,95% do consumo mundial, destacando-se a China, Índia e Indonésia. Na década de 70, o consumo de arroz no Brasil era de 57,5 kg por habitante por ano, sendo reduzido para 52 kg por habitante em 2002. Essa redução foi atribuída a vários fatores, destacando-se a substituição do arroz por fontes de proteína de origem animal e mudanças de hábito alimentar dos brasileiros.

O Rio Grande do Sul é o principal estado produtor de arroz no Brasil, responsável por 66% da produção nacional. O restante é produzido principalmente pelos estados de Santa Catarina, Maranhão e Mato Grosso (WANDER, 2006).

Nos últimos 10 anos a cultura expandiu-se para os continentes Americano e Africano que participam com 4,94% e 4,91% do consumo mundial, respectivamente (WANDER, 2006).

No contexto mundial, o arroz de terras altas é cultivado em uma extensão de 14 milhões de hectares representando próximo de 9% do arroz produzido no nível do mundo, no qual 64% na Ásia, 22% na América latina e 13% na África. Com o aquecimento global, a tendência é de aumentar a temperatura em cada década na ordem de 0,4 a 0,6 °C acompanhado da

diminuição de precipitação, que traz em grande medida o prejuízo nas culturas praticadas em grandes altitudes encurtando, sobretudo o ciclo vegetativo das espécies, e conseqüentemente a diminuição de rendimentos (SHRESTHA et al., 2012).

O arroz de terras altas é uma das culturas mais influenciadas pelas condições climáticas. Em geral, quando as exigências da cultura são satisfeitas, obtêm-se bons níveis de produtividade. Entretanto, quando isso não acontece, pode-se esperar redução na safra proporcional à duração e a intensidade das condições meteorológicas adversas (FERREIRA; VILHAR, 2003). É importante salientar, ainda, que o arroz é produzido em condições climáticas bastante distintas, pois é semeado em praticamente todos estados do Brasil, em latitude que varia de 5° Norte à 33° Sul.

A temperatura é uma das características climáticas de maior importância para o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura de arroz. Cada fase fenológica tem sua temperatura ótima. A exposição às temperaturas elevadas (acima de 33 °C), mesmo que por pouco tempo, pode promover esterilidade das espiguetas devido a menor disponibilidade de grão de pólen (FERREIRA; VILHAR, 2003; WALTER et al., 2010). Temperaturas extremas (acima de 40 °C) causam esterilidade dos órgãos femininos.

A maior parte do solo do cerrado, onde o arroz de terras altas é cultivado, possui baixa fertilidade e apresenta-se ácido, evidenciando o manejo da fertilidade como um dos aspectos mais importantes para o sucesso das culturas na região (FERREIRA; VILHAR, 2003). Assim, deve-se obter cultivares que possam explorar corretamente o ambiente para a obtenção de melhores resultados. No caso da cultura do arroz, as principais características que devem ser observadas são: ciclo, altura das plantas, resistência a doenças, qualidade do grão e produtividade.

Atualmente, a economia do fator água vem sendo amplamente discutida em todas as nações do mundo. O ramo agrícola destaca-se como o maior consumidor de água doce, por meio da irrigação das culturas. Nesse âmbito, o cultivo do arroz em sistema inundado, onde se detém um grande consumo de água para a irrigação, é um agravante para a produção do arroz de forma sustentável (PORTUGAL et al., 2015).

A forma moderna de cultivo de arroz, atendendo ambas as fases alimento e segurança ambiental, requer sustentabilidade e análise estreita na gerência do ambiente, tanto no campo a escala regional, integrando o conhecimento nas condições edafoclimáticas (CONFAONIERI; BOCCHI, 2005).

Condicionado a esses fatores existe, uma grande demanda pelos agricultores por cultivares de arroz que permitam menor uso de insumos por meio de resistência a doenças, maior capacidade de competição com plantas daninhas e maior eficiência na utilização dos nutrientes do solo (CARGNIN et al., 2008).

Para atingir esse objetivo, o crescimento de cultivares (Arroz) na Europa foi agrupado em três parâmetros definidos como japônica precoce e medio-tardio e variedade indica. Os parâmetros do cultivo foram calibrados e validados usando dados de colheita entre 1989 e 2002 no norte da Itália, que representa mais de 95% do total da área italiana onde cresce o arroz. O sistema do cultivo depois desta parametrização foi fácil à simulação de modo exato o crescimento desses tipos de cultivar de arroz. A exploração de diferentes condições meteorológicas permitiu excluir os parâmetros apresentados incluindo erros devido à situação meteorológica particular. Portanto, os três grupos de parâmetros calibrados para variedades japônica precoce e medio-tardio e para índico foi usado para simulação de uma larga escala no crescimento de arroz na Itália (CONFALONIERI; BOCCHI, 2005).

2.2 Interação genótipos x ambientes

Os estudos sobre a interação (G x E) são de extrema importância para o entendimento sobre os mecanismos que estão guiando a evolução orgânica, seja em espécies selvagens, ou em espécies cultivadas. No contexto do melhoramento genético, informações sobre a capacidade dos genótipos de responderem a estímulos externos bem como sobre a estabilidade fenotípica diante das diversas alterações ambientais são estratégicas, tendo em vista que refletem diretamente na recomendação de novas variedades. Geralmente, dá-se atenção à seleção, seja ela direta ou indireta, de genótipos que apresentem considerável estabilidade em relação a determinado caráter, e paralelamente procura-se identificar variedades com desempenho superior em ambientes específicos (CARVALHO, 2015).

A resposta diferenciada dos genótipos quando submetidos a ambientes diferentes proporciona a interação de genótipos x ambientes (G x E) (VENDRUSCOLO et al., 2001).

Considerações a respeito dessa interação são essenciais para a eficiência do melhoramento de plantas, pois o principal objetivo com o melhoramento é selecionar plantas adaptadas e produtivas. O efeito da interação G x E pode comprometer a seleção, sendo necessária a estratificação dos ambientes e a seleção direcionada a regiões específicas. Contudo, essas estratégias não são suficientes para controlar fatores relacionados à época de cultivo, como temperatura e precipitação (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Riosterra et al. (2013) afirmam que alguns caracteres associados com a tolerância à deficiência hídrica possuem herança quantitativa, sendo fortemente influenciados pelo ambiente. Para Santos (2009) e Vencovsky e Barriga (1992) é extremamente importante o conhecimento da interação G x E, seja do tipo genótipos x locais ou genótipos x anos, pois esse conhecimento orienta a adoção

de estratégias de melhoramento e recomendação de cultivares, além de ser determinante na estabilidade fenotípica de genótipos para uma região.

Quando o comportamento de duas cultivares são concordantes em dois ambientes distintos, a interação é chamada de interação simples, não acarretando maiores problemas. Entretanto, quando as cultivares possuem comportamentos diversos a interação é chamada complexa. Considerando um número maior de ambientes e cultivares, a presença de interação complexa quase sempre indica a existência de cultivares especificamente adaptada a ambientes particulares, bem como outras adaptações mais amplas, porém sem alto potencial produtivo (CARVALHO, 2015).

Segundo Melo et al. (2007) a diversidade de condições ambientais em cultivo de feijoeiro requer que os ensaios sejam conduzidos em rede, em vários ambientes, para que tenha uma boa estimativa da interação genótipo por ambiente, o que permite que se estime a estabilidade e adaptabilidade de genótipos elite, o que propicia maior segurança na indicação. A identificação de cultivares, com maior estabilidade fenotípica, tem sido uma alternativa muito utilizada para atenuar os efeitos da interação genótipo por ambientes e tornar o processo de indicação de cultivares mais seguro. Pelo fato de ter-se conduzido ensaios em anos e locais diferentes, supunha-se que as interações iriam ser significativas. Esse fato, por si só, não permitiria uma correta escolha dos materiais para um determinado local, o que pode evidenciar a necessidade do aprofundamento do estudo de adaptabilidade e da estabilidade de cada um dos genótipos.

Um método que tem se destacado nos estudos de genótipo por ambiente, é a Análise de AMMI (Análise da interação multiplicativa e dos efeitos aditivos principais) que podem auxiliar tanto na identificação dos genótipos com alta produtividade e amplamente adaptados, como no zoneamento agrônômico com a finalidade de recomendação regionalizada e seleção de locais de teste (MELO et

al., 2007; REGITANO NETO et al., 2013). Destacam também o método de Lin e Binns (1988) como estimador dos mesmos parâmetros, sempre que os valores sejam menores será uma indicação que o genótipo é mais estável. No uso do método Eberhart & Russel na avaliação de genótipos de feijão comum algumas variedades apresentaram uma adaptação específica a ambientes desfavoráveis.

Para reduzir a interação vem sendo usada eficientemente, a estratificação de ambientes. Entretanto, observa-se que mesmo assim, parte da interação ainda permanece com a ocorrência de fatores incontroláveis de ambientes como temperatura, precipitação, e outros (CARGNIN et al., 2008). No caso da escolha de método para Análise depende dos dados experimentais, principalmente aqueles relacionados com número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e o tipo de informação desejada.

Nos últimos anos, vem sendo observadas mudanças importantes nos modelos de Análise que substituem o enfoque tradicional univariado por métodos que incluem Análise multivariada no estudo e aproveitamento do fenômeno de interação genótipos x ambientes (CARGNI et al., 2008). Neste processo em estudos realizados foram encontrados resultados entre cultivares tardios e precoce possuindo uma maior média de produção de grãos, com a justificativa de que as precoces tiveram vantagens nos estágios mais exigentes com uma melhor forma de distribuição de precipitação.

O efeito significativo cultivares x ambientes revela que as cultivares tem respostas diferenciadas em relação as mudanças do ambiente. Estas alterações ocorrem devido a condições edafoclimaticas diferentes dos locais e safras de avaliação, assim como a estrutura genética diferenciada dos genótipos estudados (BARILI; AMARAL, 2015).

Existem disponíveis na literatura vários métodos para estudo e quantificação da interação genótipo x ambiente, a destacar os seguintes: Annicchiarico (1992), Cruz, Torres e Vencovsky (1989), Eberhart e Russell

(1966), Finlay e Wilkinson (1963), Freeman e Perkins (1971), Lin e Binns (1988), Perkins e Jinks (1968), Plaisted e Peterson (1959), Silva e Barreto (1986), Taí (1971), Verma et al. (1978) e Wricke (1965). A diferença entre os métodos origina-se nos próprios conceitos de estabilidade e nos procedimentos biométricos empregados para medir (BARROS et al., 2012).

O trabalho realizado em soja foi visto que a partir da análise conjunta, as fontes de variação genótipo, e interação (G x E) foram significativas. A interação (G x E) significativa indica que os genótipos avaliados apresentaram comportamento diferenciado em cada ambiente e que há mudança na magnitude das respostas para o caráter produtividade de grãos devido à variação ambiental, o que justifica a realização da estratificação ambiental (MENDONÇA; CARPENTIERI-PÍPOLO; GARBUGLIO, 2003). Dos resultados encontrados usando o método de Eberhart e Russel (1966) sugerem que esses genótipos possuem grande capacidade de explorar vantajosamente os estímulos ambientais favoráveis com certa estabilidade, embora tenham apresentado variância dos desvios de regressão significativos.

Foi avaliado a partir de três diferentes métodos de adaptabilidade e estabilidade, quanto à produtividade de grãos, utilizando-se os métodos de ecovalência, Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988). Foram observadas diferenças significativas para o efeito de genótipo (G), ambiente (E) e interação (G x E), para as duas variáveis. Algumas linhagens foram as mais produtivas, com comportamento estável e previsível. O método de Lin & Binns mostrou-se mais discriminante na avaliação de certos parâmetros, enquanto o método de Eberhart & Russel foi mais útil na indicação das linhagens com adaptabilidade ampla ou específica a determinados ambientes. Os métodos de Lin & Binns e de Eberhart & Russel foram mais informativos que o de ecovalência, na predição do comportamento das linhagens para as duas características (OLIVEIRA et al., 2006).

Foram utilizados, para estratificação ambiental, o método tradicional de Lin e a análise de fatores aliado ao percentual de parte simples (PS%) da interação genótipo x ambiente (G x E). Na determinação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, foram utilizados modelos baseados em regressão. A técnica de análise de fatores associada ao percentual de parte simples da interação G x E é mais seletiva no processo de estratificação ambiental do que o método tradicional de Lin (MENDONÇA; CARPENTIERI-PÍPOLO; GARBUGLIO, 2003).

O rendimento final de uma dada cultivar depende da interação entre o genótipo e as suas respostas a condições ambientais. Por isso, é necessário avaliar a plasticidade na formação de componentes de produção ao selecionar genótipos para um determinado ambiente. Para isso, realizam ensaios de campo compreendendo vários genótipos (SHESTHA et al., 2012).

Conhecer o efeito da interação de genótipos por ambientes, o potencial genético e a variabilidade genética, tanto para o teor de fibra bruta quanto para produtividade de grãos, relacionados a diferentes métodos de condução de populações segregantes em feijoeiro-comum é de fundamental importância, pois essas informações podem ser fator decisivo para aumentar as chances de sucesso dos programas de melhoramento. Além disso, a comparação dos métodos de melhoramento com relação à capacidade de geração de famílias mais estáveis torna possível a identificação de estratégias de melhoramento mais eficientes no desenvolvimento de cultivares com desempenho previsível e menos propícias à redução de produtividade e qualidade nutricional ocasionadas por variações ambientais (PONTES JÚNIOR et al., 2012).

Foram compilados dados de produção de arroz em múltiplos ambientes de ecossistema de terras baixas na região norte de Ghana, onde foram avaliados genótipos com uma grande diferença genética conhecida. O potencial de produção na área era maior e não tinha uma significância quanto ao efeito

interação G x E, na produção de arroz, mesmo para pequenas áreas representadas para sistema inundado. Efetuar alta produção no sistema inundado, selecionar locais convenientes com alta fertilidade do solo e pouco risco de submergência é necessário. Ademais semear cedo, seria eficaz para manejo de culturas de alta produção que reduziria o risco de submergência que pode induzir justamente perdas após a semeadura. É bastante seguro na duração de crescimento para obtenção de alta produção. Pelo analisado o efeito de interação de G x E em produção de arroz foram identificados em alguns genótipos promissores para o cultivo em terras baixas na região onde ocorreu o estudo. Os resultados foram aplicados em outras regiões da África com mesmas características. No final o mecanismo fisiológico da cultivar causou o efeito de interação G x E na produção de arroz (KATSURA et al., 2016).

2.2.1 Adaptabilidade e estabilidade no melhoramento de plantas

Devido à importância atual das mudanças climáticas, a comunidade científica tem se dedicado a estudar seus possíveis impactos no crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas. No caso da cultura do arroz, a maior parte das pesquisas vem sendo realizadas na Ásia, onde se encontra a maior concentração de produção e consumo (WALTER et al., 2010). Os possíveis efeitos das mudanças climáticas na cultura do arroz é uma preocupação constante de pesquisadores asiáticos, e assim deve ser em qualquer parte do mundo, em função da importância desse cereal nas políticas sociais e económicas, que ele afeta.

A capacidade da agricultura para apoiar as populações crescentes do mundo, tem sido uma grande preocupação por gerações e tema de debate, tanto na agenda política global como científica. Alguns especialistas tem expressado a sua inquietação sobre a habilidade de produção agrícola, de ajustar-se a demanda

alimentícia. Enquanto que outros têm a previsão que os avanços tecnológicos, ou a expansão de áreas cultivadas que poderiam impulsionar a produtividade o suficiente como para satisfazer as ascendentes necessidades. Neste contexto, os recursos genéticos jogaram um papel preponderante em determinar recursos que levam os cultivos, de tal forma que sua utilização seja eficiente (BONIERBALE et al., 2004).

O termo adaptabilidade refere-se à capacidade das plantas assimilarem vantajosamente o estímulo ambiental do ponto de vista de rendimento agrícola. Já estabilidade refere-se à capacidade do genótipo manter comportamento constante frente às variações ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; MACHADO et al., 2008).

O caráter de um indivíduo é o conjunto de informações biológicas que o identifica. As diferentes manifestações de um dado caráter definem o fenótipo (F). O fenótipo, por sua vez, é influenciado pelo genótipo (G), que é a constituição genética de um indivíduo, e pelo ambiente que pode ser definido como o conjunto das condições que afetam o crescimento e desenvolvimento do organismo. O fenótipo é função do genótipo, do ambiente e da interação genótipos x ambientes (G x E). Esse último componente ocorre devido à diferenciação do comportamento dos genótipos nos vários ambientes de cultivo (RAMALHO, 2012).

Os estresses ambientais podem provocar diversas alterações bioquímicas, fisiológicas e morfológicas nas plantas, tais como redução na abertura de estomas, e diminuição na absorção de CO₂, contribuindo para a ocorrência da interação G x E. A presença da interação interfere expressivamente nos programas de melhoramento. Em uma situação ideal a cultivares devem possuir adaptabilidade a vários ambientes, além de possuírem alta estabilidade. Porém, a interação faz com que as cultivares respondam de maneira variada ao estímulo ambiental (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Na prática, os programas de melhoramento genético envolvem, pelo menos, três etapas: (1) escolha dos parentais que darão origem à população base; (2) seleção das progênes superiores dessa população; e (3) avaliação fenotípica. Quantificação da interação $G \times E$ é realizada por meio da condução dos experimentos no maior número de ambientes possíveis. Segundo Maia et al. (2009) quando se avaliam materiais geneticamente distintos em uma série de ambientes, a componente interação $G \times E$ aparece, normalmente, afetando o ganho com a seleção.

Os estudos dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos têm sido de grande contribuição nesse sentido, pois fornecem informações sobre o comportamento de cada genótipo em várias condições ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Diferentes metodologias para avaliar a adaptabilidade e a estabilidade têm sido desenvolvidas e aprimoradas. Tais procedimentos se baseiam em análises de variância, regressão linear, regressão não linear, análise multivariada e estatística não paramétrica (CROSSA, 1990).

Adaptações específicas de genótipos a ambientes podem fazer toda diferença entre uma boa e uma excelente cultivar (GAUCH; ZOBEL, 2006). Pela mesma razão, sob o ponto de vista de recursos genéticos, a exploração dessa interação é interessante para manter a variabilidade genética da espécie. Contudo, para que seja possível tirar proveito desses efeitos positivos de acordo com Duarte e Zimmermam (1995), é preciso dispor de metodologias estatísticas adequadas para se estimar e explorar a interação, permitindo, assim, recomendações regionalizadas.

A análise multivariada, considerando-se todos os ambientes simultaneamente, é uma ótima alternativa para o estudo de adaptabilidade, tendo como alvo a produtividade média ao longo de todos os ambientes. No entanto, modelos mais completos podem permitir inferências adicionais, tais como a

seleção de genótipos produtivos, estáveis e responsivos à melhoria do ambiente (com alta adaptabilidade). Para a seleção desses três fatores simultaneamente pode-se utilizar a média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos (RESENDE, 2004).

Existem várias metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade citadas na literatura. Cargnelutti Filho et al. (2009) classificaram essas metodologias em:

- a) métodos baseadas na análise de variância, que informam a estabilidade dos genótipos avaliados;
- b) métodos que usam a regressão linear e informam sobre a adaptabilidade e a estabilidade dos genótipos;
- c) métodos que se baseiam na regressão bissegmentada não linear e linear;
- d) métodos não paramétricos; .
- e) métodos que analisam os efeitos aditivos principais e a interação multiplicativa (AMMI).

Todas elas fornecem informações importantes, no entanto são limitadas quando se tem dados desbalanceados, delineamentos experimentais não ortogonais e heterogeneidade de variâncias entre os locais onde são conduzidos os ensaios (RESENDE, 2004).

Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade no rendimento de arroz foram utilizados dois métodos propostos (RAMOS et al., 2011). A análise de variância revelou a existência de interação genótipos x ambientes. As duas metodologias revelaram resultados semelhantes.

O método proposto por Annicchiaro, no estudo para estabilidade, foi medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente. O método baseou-se na estimação de um índice de confiança de um determinado

genótipo mostrando comportamento relativamente superior (BARROS et al., 2012).

Utilizando dados de produtividade de genótipos de grãos de soja. Durante a avaliação, foram usados métodos tradicionais, Plaisted & Peterson, Wricke, Finlay & Wilkinson, Eberhart & Russell, Verma, Chahal & Murty, Toler, AMMI, Hühn, Annicchiarico e Lin & Binns. Avaliou-se a associação entre os métodos pela correlação de Spearman. Observou-se forte associação entre os métodos de Plaisted Peterson e Wricke, cujo uso concomitante foi contraindicado. A mesma conclusão é atribuída aos métodos Annicchiarico e Lin & Binns, também fortemente associados, o que implica em classificações fenotípicas muito semelhantes. O uso de um deles, entretanto, é recomendado. Métodos baseados, exclusivamente, em coeficientes de regressão, devem ser utilizados em associação com outros, fundamentado na variância da interação $G \times E$, ou em medidas estatísticas como a variância dos desvios da regressão.

O uso do método de Eberhart e Russell (1966) e AMMI é outra indicação, em razão de suas correlações significativas com a maioria dos outros métodos e uma associação relativamente fraca entre eles (CAMARGOS; BATISTA, 2006).

Porto et al. (2007) estudando adaptabilidade e estabilidade em girassol como critério de seleção, notaram que a decomposição da média geral em ambientes favoráveis e desfavoráveis usando o método da (IDMG), propiciou informações sobre a qual tipo de ambiente específico, determinados genótipos podem ser indicados. Mesmo com média geral superior à das testemunhas quanto a rendimento de grãos. Por outro lado, observou que alguns genótipos foram indicados para ambientes favoráveis. A decomposição da média possibilitou a detecção de genótipos que não haviam apresentado média geral superior à das testemunhas, mas que se destacaram em ambientes específicos.

Outros genótipos foram indicados para ambientes desfavoráveis quanto às características rendimento de grãos e óleo.

Para a análise de genótipos de trigo para recomendação, foram usados métodos de Eberhart e Russel (1966) e Lin e Binns (1988) na avaliação de adaptabilidade e estabilidade. Os métodos empregados foram eficientes, pois discriminaram as populações avaliadas quanto à produtividade e à capacidade de expansão nos ambientes estudados e foram coerentes entre si na maioria das interpretações (PIRES, 2006).

No caso de Pereira et al. (2009) trabalhando na cultura de feijão, para verificar a sua estabilidade e adaptabilidade na região centro do Brasil, usando os vários métodos, nomeadamente Lin & Binns, Annichiarico, Eberhart & Russell (CRUZ; TORRES; VENCOVSKY, 1989) e AMMI verificaram que, os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade em cada método são diferentes, os métodos identificaram diferentes genótipos como os mais estáveis.

Estudos levados a cabo em Campinas com relação aos genótipos de arroz irrigado observou-se por meio do método AMMI, uma classificação e interpretação simplificada dos resultados de estabilidade e adaptabilidade específica permitindo assim, a recomendação específica dos genótipos pelo melhorista. Isso somente foi possível pela estratificação ambiental, detectada na análise pela falta de similaridade entre os locais de teste, que por sua vez permitiu uma melhor discriminação dos genótipos quanto ao seu comportamento adaptativo (PAULO et al., 2008). Quando se avalia diferentes genótipos, em diferentes condições de ambientes, um questionamento que surge é com relação à menor ou maior estabilidade dos materiais.

Paulo et al. (2008) comentam que o fator estabilidade pode ser analisado considerando-se duas situações: estabilidade populacional (homeostase populacional) e estabilidade individual (homeostase individual). A homeostase populacional pressupõe que cada indivíduo que compõe a população seja

adaptado a uma diferente faixa de variação ambiental, ao passo que a homeostase individual é uma consequência da reação tamponante de cada indivíduo da população, que se adapta a diversos ambientes. Espécies de base genética estreita como o arroz, dependem mais da homeostase individual para conservar suas características. Sendo assim, a recomendação de genótipos de arroz deve ser extrapolada ao maior número de ambientes possível. Dessa forma, a recomendação desses cultivares deve ser feita para áreas que possuam as mesmas condições edafoclimáticas.

Oliveira et al. (2006) trabalhando com linhagens de feijão, destacou o método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) como o mais refinado na recomendação de cultivares para condições específicas de ambientes favoráveis e desfavoráveis ou ambas, comparado ao método Eberhart e Russell (1966). Com este estudo também se concluiu que método do trapézio quadrático, proposto por Carneiro, destacou-se para a recomendação de cultivares, em razão da unicidade do parâmetro MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento), que engloba os conceitos de adaptação, adaptabilidade e estabilidade.

Estudos realizados em algodão concluem que o método de Eberhart & Russell, Lin & Binns e Annicchiarico são concordantes, e identificam genótipos de alta adaptabilidade e elevado desempenho produtivo. O método AMMI permite a verificação de adaptabilidade específica, de grande valia para fins de zoneamento e indicações específicas, em estudos com vasto conjunto de ambientes. Pela facilidade de uso e interpretação, é conveniente o uso combinado das metodologias de Lin e Binns e AMMI (SILVA FILHO et al., 2008).

O sucesso na identificação de linhagens de feijão para serem recomendadas aos agricultores é maior quando baseada na produtividade de grãos do que se utilizando os parâmetros de estabilidade (LIMA, 2013).

Para seleção dos genótipos foram estimados parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para produtividade de grãos utilizando os métodos univariados de Lin & Bins e Annicchiarico, e análise multivariada AMMI. A seleção para adaptabilidade geral pelos dois primeiros métodos é bastante similar, diferindo, no entanto do terceiro método. A produtividade média das linhagens no ambiente com estresse foi 39% menor quando comparado ao ambiente sem estresse hídrico. Foram detectadas diferenças significativas para as interações linhagens (L) x anos (A), linhagens (L) x regime hídrico (R) e LxAxR, indicando a complexidade de se trabalhar com seleção para tolerância à seca em sorgo em nível de campo. Os métodos univariados complementaram o método AMMI, possibilitando a seleção de linhagens tolerantes, estáveis e responsivas ao ambiente (CARVALHO et al., 2015).

Trabalhos realizados no feijão-caupi na identificação de genótipos em seguida, os dados foram submetidos às análises de adaptabilidade e estabilidade por meio dos métodos de Eberhart & Russell e de RNAs (redes neurais artificiais). Houve elevada concordância entre os métodos avaliados quanto à discriminação da adaptabilidade fenotípica dos genótipos de feijão caupi semiprostrado, o que indica que as RNAs podem ser utilizadas em programas de melhoramento genético. Em ambos os métodos avaliados, os genótipos são recomendados para ambientes desfavoráveis, gerais e favoráveis, respectivamente, por apresentarem produtividade de grãos acima da média geral dos ambientes e alta estabilidade fenotípica (TEODORO et al., 2015).

Comparando-se as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade discutidos, foi constatado que, na análise com dados de produtividade médias anuais de quatro colheitas, as cultivares apresentaram grande instabilidade de produção, ao contrário dos resultados da análise com base na média dos biênios, que promoveu a estabilidade na produtividade. Nessa condição, houve aumento na quantidade de cultivares classificadas com

adaptabilidade geral, com estabilidade de produção e indicadas para ambientes favoráveis. Além disso, houve acréscimo de três vezes mais no número de cultivares recomendadas para o cultivo orgânico, quando comparado com as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, considerando a média de quatro colheitas. Segundo Francisco et al. (2014), a combinação das colheitas em biênios contribuiu para reduzir o coeficiente de variação ambiental melhorando a precisão experimental.

Em todos os parâmetros comparativos utilizados para comparação do modelo fixo e aleatório (% G+GE, PRESS e correlação), observou-se que o uso das médias fenotípicas apresentou menor potencial preditivo sob desbalanceamento simulado quando comparadas com o uso dos valores genotípicos preditos. Conclui-se que alguns cultivares, são os genótipos ideais para o sul de Minas Gerais e que a utilização das médias fenotípicas, como base para estudo de estabilidade e adaptabilidade, possui menor poder preditivo quando comparada ao uso das médias genotípicas (BALESTRE et al., 2010).

Finalmente o método HMRPGV (Harmonic mean of relative performance of genotypic values) mostrou ser um instrumento importante e prático para identificação simultânea de linhagens elite estáveis e adaptáveis e capaz de expressar alto potencial produtivo por meio da localização e ano, desta forma, permitiu identificar duas linhagens notáveis que aqueles cultivares atuais. Assim, a liberação de algumas destas linhagens elites como cultivares vão permitir consolidar um ganho no futuro para arroz de terras altas com alto rendimento de grãos associado com grande adaptabilidade e estabilidade para uma grande extensão de solos, clima e tipos de manejo de cultivares (COLOMBARI; MARCOS; VILELA, 2013).

A acurácia da estimação depende de alto modelo de parâmetros de cultivar específico e assim na existência de desenho experimental para estimação destes parâmetros. Ainda mesmo que a modelagem de cultivar subestime a

deficiência da produção no caso de agricultores de subsistência no qual tradicionalmente, cultivares com multi-proposito ainda tem uso extensivo. Em alguns locais há maior campo para melhoramento de produção devido à oportunidade de novos mercados, a mudança de agricultor tradicional a adaptação a agricultor moderno para responder o crescimento da demanda do mercado de grãos.

As linhagens de arroz de terras altas desenvolvidas para plantio em Minas Gerais apresentaram ótimo desempenho para estabilidade, adaptabilidade e produtividade grãos, simultaneamente (BORGES et al., 2010). A BRSMG Caravera, entre todas as cultivares e linhagens avaliadas de 1997 a 2008, foi a de melhor desempenho pela MHPRVG, ou seja, maior estabilidade, adaptabilidade e produtividade de grãos, simultaneamente, proporcionando aos orizicultores de Minas Gerais alta segurança no seu cultivo. A metodologia de modelos mistos é uma estatística de fácil aplicação e de grande utilidade na avaliação de ensaios de valor de cultivo e uso, sobretudo na seleção e no descarte de linhagens a cada ano agrícola.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Locais de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em 9 ambientes, correspondentes à combinação de locais e anos agrícolas. Na safra 2013/2014, os experimentos foram conduzidos em Lavras-MG, Patos de Minas-MG, e na safra 2014/2015, os experimentos foram conduzidos em Lavras-MG, Fazenda Muquem, Lambari-MG, Patos de Minas-MG, e na safra 2015/2016 foram conduzidos em Lavras-MG, Lambari e Patos de Minas-MG. Os locais possuem condições edafo-climáticas bastante diversas e ideais para esse tipo de estudo (Tabela 1).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos locais onde foram instalados os experimentos.

Locais	Altitude(m)	Latitude sul	Longitude oeste
Lavras	919	21° 14' 45"	44° 59' 59"
Patos de Minas	832	18° 34'	46° 31'
Fazenda Muquem	919	21° 14' 45"	44° 59' 59"
Lambari	845	21° 58'	45° 22'

3.2 Genótipos

Foram utilizadas 13 linhagens elite oriundas do programa de melhoramento de arroz de terras altas do convênio entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e a EMBRAPA Arroz e Feijão (Tabela 2).

Tabela 2 - Identificação das linhagens utilizadas nos experimentos.

Identificação	Cultivar/Linhagem	Origem
1	BRS ESMERALDA	Embrapa
2	CMG 2170	UFLA/Epamig
3	BRSMG Caçula	UFLA/Empraba/Epamig
4	CMG 2085	UFLA/Epamig/Embrapa
5	BRSMG CARAVERA	UFLA/Embrapa/Epamig
6	BRSMG RELÂMPAGO	UFLA/Empraba/Epamig
7	CMG 1511	UFLA/Epamig/Embrapa
8	CMG 2089	UFLA/Epamig/Empraba
9	CMG 1896	UFLA/Epamig/Empraba
10	CMG 2097	UFLA/Epamig/Embrapa
11	CMG 1977	UFLA/Epamig/Embrapa
12	CMG 1509	UFLA/Epamig/Embrapa
13	CMG 1987	UFLA/Epamig/Embrapa

3.3 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados com 3 repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 4 metros com densidade de semeadura de 80 sementes/metro.

Os tratos culturais empregados nos experimentos foram os mesmos recomendados para a cultura do arroz nas regiões de avaliação, contudo, sem aplicação de fungicidas, uma vez que a avaliação da incidência de doenças fez parte da metodologia.

Durante a condução dos experimentos foi avaliada a Produtividade de grãos que foi colhida manualmente em cada parcela na medida em que atingia o ponto de maturação e foi corrigido para 13% de umidade.

3.4 Análises dos dados

Foram realizadas análises de variância individuais, para cada ambiente, e conjunta, utilizando-se o software estatístico SISVAR, segundo os modelos:

$$y_{ij} = \mu + t_i + b_j + l_k + e_{ij}$$

em que y_{ij} é a média da linhagem i na repetição j ; μ é a média geral; t_i é efeito fixo da linhagem i , $i = 1, 2, \dots, 13$; b_j é o efeito fixo do bloco j , $j = 1, 2, 3$; l_k efeito fixo do ambiente $k = 1, 2, \dots, 9$;

e e_{ij} é erro associado à observação y_{ij} .

$$y_{ijk} = \mu + t_i + b_{j(k)} + l_k + (tl)_{jk} + e_{ijk}$$

em que y_{ijk} é a média da linhagem i na repetição j no ambiente k ; t_i é efeito fixo da linhagem i , $i = 1, 2, \dots, 13$; $b_{j(k)}$ é o efeito fixo do bloco j , $j = 1, 2, 3$ dentro do ambiente k ; l_k é o efeito fixo do ambiente k , $k = 1, 2, \dots, 9$; tl_{jk} é a interação entre a linhagem i e o ambiente k ; e e_{ij} é erro associado à observação y_{ijk} .

Posteriormente foi calculado o coeficiente de variação por meio da seguinte fórmula:

$$cv = \frac{\sqrt{QMr}}{\mu} \times 100\%$$

em que

QMr é quadrado médio do erro

μ é a média geral

A acurácia foi estimada utilizando o modelo apresentado abaixo:

$$r = \sqrt{1 - \frac{1}{F_c}} \times 100$$

em que.

R é acurácia expressa em percentagem;

F_c é o valor de F calculado.

3.4.1 Comparação de médias

Foi utilizado o teste de scott knott, a 1% de probabilidade, para comparação de médias este procedimento foi realizado utilizando o software SISVAR.

3.4.2 Análise de estabilidade e adaptabilidade

Para Análise de estabilidade e adaptabilidade foi usado o software Estabilidade por meio de 3 métodos sendo Wricke, Annichiaricco e Lin Binns.

3.4.2.1 Método de Wricke

Com as estimativas das médias de característica (produtividade) por ambiente, foi estimada a estabilidade das linhagens pelo método de Wricke (1965). Foi, portanto, estimada a ecovalência (W_k), por meio da partição da soma de quadrados da interação linhagens por ambientes. A significância da estabilidade dos genótipos foi verificada pelo teste estatístico apresentado em Resende (2002).

$$w = r \sum_j [\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j - \bar{y}_{...}]^2$$

\bar{y}_{ij} é a média ajustada da cultivar i no ambiente j

\bar{y}_i é a média de ajustada de a linhagem i nos ambientes avaliados

\bar{y}_j é a média ajustada do ambiente l

\bar{y} é a média geral

3.4.2.2 Método de Annicchiarico

Visando estudar a adaptabilidade das linhagens avaliadas foi empregado o método de Annicchiarico (1992), em que estima o índice de confiança na adoção de determinada linhagem. Demonstra-se nos métodos de avaliação de desempenho genotípico, mediante o uso de regressão, que o índice ambiental é a própria variável dependente (média das cultivares de cada local) subtraída de uma constante, que no caso é a média geral. Assim, é admitida a homogeneidade de variância fenotípica entre os ambientes.

Os procedimentos para os cálculos pelo método proposto por Annicchiarico (1992) dão-se, inicialmente, com a transformação das médias de cada cultivar em cada ambiente, em porcentagem da média do ambiente, sendo o desvio-padrão e a média das porcentagens de cada cultivar posteriormente estimados. De posse destas estimativas, obtém-se o índice de confiança (I_i) por meio do seguinte estimador:

$$l_i = \bar{Y} - Z_{(1-\alpha)} (\sigma_1)$$

Em que:

I_i é índice de confiança

\bar{y} é média

$z_{(1-\alpha)}$ valor na distribuição normal estandardizada no qual a função a distribuição acumulada atinge o valor $(1-\alpha)$, com nível de significância pré-fixada pelo autor em 0.25.

σ_i desvio padrão

3.4.2.3 Método de Lin & Binns

O método de Lin e Binns (1988) para se estimar o desempenho genotípico, é definido como o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima para todos os ambientes. Esta medida é dada por:

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

em que:

P_i = estimativa da estatística estabilidade e adaptabilidade de cultivar i ;

X_{ij} = produtividade da i -ésima cultivar no j éximo ambiente;

M_j = resposta máxima observada entre todas as Linhagens no ambiente j ; e

n = número de ambientes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão experimental foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV%). Verificou-se que a menor estimativa foi obtida no ambiente Muquem 14/15 que foi de 10,26% sendo o mais baixo entre os ambientes em estudo, significando ser o mais preciso de todos ambientes em questão. O maior CV, foi notório para o ambiente Lavras 2015/2016 que chegou a ser 16,92%. Porém ainda conserva peculiaridades de ter uma boa precisão experimental.

De acordo com Pimentel-Gomes (2000), em ensaio de campo, o coeficiente de variação pode ser classificado como baixo, se for menor que 10%, médio, se este oscila entre 10-20%, alto, se estiver entre 20-30% e muito alto, quando é acima de 30%.

Tabela 3 - Resumo das análises individuais em cada ambiente considerando o caráter produtividade de grãos.

Ambientes	QM genótipo	Produção média (kg/ha)	QM ERRO	CV (%)
Lavras 13/14	6831750,453*	7631,74	781565,82	11,58
Patos de Minas 13/14	1377601,769*	4576,54	448590,02	14,63
Lavras 14/15	913236,3535	4491,94	468647,84	15,24
Patos de Minas 14/15	639624,7009	6484,48	518648,43	11,11
Lambari 14/15	9201945,828*	4900,36	523387,73	14,74
Muquem 14/15	802684,7625*	5376,43	304564,52	10,26
Patos de Minas 15/16	2745078,077*	4746,23	503555,07	14,95
Lambari 15/16	410647,7168	3170,83	275345,49	16,55
Lavras 15/16	711833,9475	3750,21	402615,59	16,92

Barros et al. (2012) na cultura de soja encontrou coeficientes de variação experimental que variaram de 8,03 a 14,26%, indicando precisão no controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a

produtividade de grãos, que é uma característica quantitativa muito influenciada pelo ambiente.

Verificou-se que a razão entre o maior e o menor valor para os quadrados médios do erro foi de 2,83. Segundo Banzatto e Kronka (1995), uma razão menor que sete indica que há homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises, o que possibilita a realização da análise conjunta dos locais, sem restrições.

A relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro dos ambientes, em cada grupo de experimento, oscilou entre 2,87 e 6,71, revelando variâncias residuais homogêneas, conforme critérios possibilita a realização da análise conjunta (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007).

Foi verificado por meio das análises de variância individuais que, em alguns ambientes as linhagens tiveram comportamentos distintos. Dos 9 ambientes, 5 resultaram significativos. Os restantes (4 ambientes), as linhagens tiveram comportamento similar, não foram significativos segundo o teste F (Tabela 3).

As estimativas médias de grãos variaram de 7.631,74 kg/ha para ao ambiente que mais produziu (Lavras 13/14) a 3.170,83 kg/ha para o ambiente que menos produziu (Lambari safra 15/16). Esses valores estão acima da média de Minas Gerais que é de 1,9 t/ha (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Para o caso dos resultados de análise conjunta de variância da produtividade, indicou-se a existência de diferença significativas das fontes de variação linhagens, ambientes e da interação linhagens x ambientes (Tabela 4). A precisão experimental foi boa, isto é observada pelo coeficiente de variação que foi de 15,34 %, por sua vez, a acurácia ratifica mais uma vez esta precisão que chegou a ser de 92,24%.

Estudos realizados (OLIVEIRA et al., 2006) com a cultura de feijão para definir o CV considerado como preciso, classificou como média precisão quando variou de 10,60 a 24,57%.

Tabela 4 - Resumo da Análise de variância conjunta para produtividade em kg/ha.

FV	GL	QM
Genótipos (G)	12	3966840,44*
Repetição	2	439987,50
Ambientes (A)	8	71608173,05*
G x A	96	2458445,40*
Erro	323	591466,44
Acurácia		92,24
CV (%)		15,34
Média Geral		5014,4

*Significativo a 99% de confiabilidade pelo teste F.

Os resultados da análise de variância conjunta encontrados por Molina (2007) revelaram diferenças significativas entre genótipos, mostrando que existe diferença entre os mesmos. O mesmo ocorreu para o efeito de ambientes, ou seja, ocorreu diferença entre as localidades onde foi desenvolvida a pesquisa, dada por fatores climáticos, solo etc., bem como a significância da interação genótipos x ambientes. Essa interação indica que o desempenho dos genótipos não foi consistente nos locais avaliados e que a análise de adaptabilidade e estabilidade é adequada. Isto reflete as diferentes sensibilidades dos genótipos às diversas condições de ambientes encontradas, que neste estudo são as condições do solo, ano e localidade. Assim, torna-se importante a identificação de genótipos com comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais.

Estudando o efeito de duas épocas de semeadura em trigo no Estado de Minas Gerais, Cargnin et al. (2008) observaram interação genótipos x ambientes, concluindo que os genótipos tinham diferentes respostas com relação à condição ambiental devido, possivelmente, à tolerância ao calor. Os autores afirmam que, o rendimento de grãos foi o mais afetado pelas condições ambientais, sendo a interação, predominantemente, do tipo complexa, o que dificulta a seleção e indicação dos melhores genótipos.

Outros resultados semelhantes aos demais foram encontrados com Rocha (2010) em feijão. Esses resultados indicaram que os genótipos avaliados diferiram geneticamente para potencial de produtividade de grãos e que os mesmos, apresentaram respostas diferenciadas aos ambientes em que foram avaliados. Portanto, necessitou-se desdobrar a interação G x A, o que foi feito mediante o uso das análises de estabilidade e adaptabilidade. Concluindo que, os fatores edafoclimáticos são os que mais influenciaram a adaptabilidade e a estabilidade dos genótipos.

Esse fato, por si só, não permitiria uma correta escolha dos materiais para um determinado local, o que pode evidenciar a necessidade do aprofundamento do estudo de adaptabilidade e da estabilidade de cada um dos genótipos (MELO et al., 2007).

Estudos realizados no mamoeiro por Oliveira et al. (2014) encontrou diferenças significativas entre os tratamentos (linhagens, híbridos de mamoeiro e testemunha), genótipos (híbridos e linhagens), ambientes (locais) e interações: tratamentos x ambientes e genótipos x ambientes, para as duas características. Para efeito do grupo (híbridos e linhagens x testemunhas), observou-se diferença significativa apenas para produção, indicando que um híbrido apresentou NFC (número de frutos comerciais) semelhante aos novos híbridos e linhagens em teste. A interação entre grupos x ambientes não foi significativa para nenhum caráter.

Segundo Cargnelutti Filho et al. (2007), a existência da interação G x A provoca inconsistência na indicação dos melhores genótipos nos diferentes ambientes. Portanto, a presença de desempenho produtivo diferenciado dos genótipos de mamoeiro diante das variações ambientais, dificulta a recomendação de variedades para estes locais, tornando-se necessário proceder a estudos de adaptabilidade e estabilidade.

Na tabela 5 pode ser observada a interação genótipos por ambientes, se pode ver a superioridade de cada cultivar em cada ambiente. Lavras 13/14 foi o melhor ambiente diferindo totalmente dos demais ambientes, e apresentou maior produtividade média.

Neste ambiente apesar dos nove terem sido as melhores relativamente aos demais, não foi encontrado nenhuma linhagem com uma produção abaixo de 4000 kg/ha. Indicando que permitiu a expressão de potencial das linhagens, por outro lado que o desempenho foi aceitável dentro do mesmo ambiente.

Para o caso do ambiente Patos de Minas 14/15 ocupou a segunda posição com destaque das linhagens CMG 2089, BRSMG Relâmpago. Merece comentar que o cultivar BRSMG caçula expressou rendimentos mais baixos entre todos no ambiente Lambari 14/15.

Ainda vale comentar que nos ambientes Patos de Minas 13/14, 15/16 Lambari 15/16 e Lavras 13/14, houve diferença de comportamento produtivo entre as linhagens. Enquanto que nos restantes ambientes, as linhagens tiveram comportamento similar quanto a sua produtividade.

Pereira et al. (2009) usando os vários métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade no feijoeiro comum afirma que houve variação nas médias e CV dos ensaios, o que indicou que as condições edafoclimáticas e tecnológicas às quais os genótipos foram submetidos foram discrepantes na análise conjunta, todos os efeitos foram significativos, o que indicou a presença de variabilidade entre os genótipos e entre os ambientes utilizados, e também a

ocorrência de resposta diferencial dos genótipos aos ambientes, evidência da necessidade de realização de análises de estabilidade.

Considerações a respeito dessa interação são essenciais para a eficiência do melhoramento de plantas, pois o principal objetivo do melhoramento é selecionar plantas adaptadas e produtivas. O efeito da interação G x E pode comprometer a seleção, sendo necessária a estratificação dos ambientes e a seleção direcionada a regiões específicas. Contudo, essas estratégias não são suficientes para controlar fatores relacionados à época de cultivo, como temperatura e precipitação (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Tabela 5 - Tabela de médias conjuntas para os caracteres produtividade em kg.ha⁻¹ para a interação Genótipos x Ambientes.

Genótipos	Ambiente									Media
	Lavras13/14	Patos Minas14/15	Muquen14/15	Lambari 14/15	Patos de Minas 15/16	Pato de Minas 13/14	Lavras 14/15	Lavras15/16	Lambari 15/16	
CMG 2097	9194,3 aA	6991,0 aB	6296,0 aB	6425,4 aB	3575,8 bC	3994,7 bC	4465,0 aC	3694,4 aC	2759,7 aC	5266,26
CMG 1509	8873,0 aA	6016,3 aB	5298,4 aB	6014,3 aB	4811,7 aB	4554,3 aB	5123,9 aB	3954,0	3276,4 aC	5324,80
CMG 2085	8793,0 aA	6224,7 aB	5504,8 aC	5971,4 aB	5294,3 aC	5070,0 bD	4564,3 aC	3645,9 aD	3368,1 aD	5381,83
CMG 1511	8694,3 aA	6985,7 aB	5180,2 aC	6668,3 aB	5033,7 aC	4034,3 bD	4965,1 aC	3402,8 aD	3634,7 aD	5399,90
CMG 1987	8634,7 aA	6535,7 aB	4880,9 aC	6487,3 aB	2836,3 bD	3856,7 bC	4038,9 aC	3243,7 aC	3416,7 aD	4881,21
CMG 2089	8515,0 aA	7030,3 aB	5331,7 aC	5858,7 aC	4697,1 aC	4723,3 aC	4248,4 aD	3129,2 aD	3390,3 aD	5213,78
BRSMG										
Caçula	7857,3 aA	6738,3 aA	5548,4 aB	1696,9 cD	3627,9 bC	3453,7 bC	4282,5 aC	3334,7 aC	3016,7 aC	4395,16
CMG 1896	7813,3 aA	5819,3 aB	6154,8 aB	4830,2 aC	4929,7 aC	5512,0 aB	5413,5 aB	4619,4 aD	3829,2 aC	5435,71
CMG 2170	7805,7 aA	6286,0 aB	5496,0 aB	5963,5 aB	5950,6 aB	3965,0 bC	4540,5 aC	4612,5 aC	2429,2 aD	5227,67
CMG 1977	6869,3 bA	6238,7 aA	5490,5 aB	5307,9 aB	4474,6 aC	4446,0 bC	4869,0 aC	3712,5 aD	3012,5 aD	4935,67
BRSMG										
Relamago	6682,3 bA	7160,3 Aa	4273,0 Ab	2814,3 Bc	4794,3 Ab	5226,0 aB	4707,1 aB	3543,0 aC	3062,5 aC	4695,87
BRS										
esmeralada	5357,3 bA	5855,7 aA	5471,4 aA	3565,1 bB	5401,9 Aa	5291,0 aA	3734,9 aB	4281,9 aB	3065,3 aB	4669,39
BRSMG										
Caravera	4123,0 bC	6416,3 aA	4967,5 aB	2101,6 cD	6273,3 aA	5373,3 aB	3442,1 aC	3577,8 aC	2959,7 aD	4359,40
Média	7631,73	6484,48	5376,43	4900,38	4746,25	4576,95	4491,94	3750,21	3170,85	5014,36

As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 95% de confiabilidade.

Na Tabela 6, são apresentados resultados referentes à contribuição de interação usando o método de Wricke. Neste caso é oportuno salientar que, a contribuição da interação entre as linhagens não mostrou diferença, desta forma, pode-se deduzir que tem uma similaridade na contribuição para a interação.

O comportamento adotado pelo método deve estar associado pelos resultados mostrados pela análise, que se nota de igual forma que a produção média dos genótipos teve pouca variação sendo na ordem 26% entre a produção máxima e a mínima.

Tabela 6 - Análise da variável produção para estabilidade de acordo com modelo de Wricke (1965).

Linhagens	Medias	W(i)	W(i) (%)
BRS Esmeralda	4.646,35	2.787,42	7,72
CMG 2170	5.261,67	2.776,84	7,69
BRSMG Caçula	4.532,57	2.778,78	7,70
CMG 2085	5.178,82	2.761,98	7,65
BRSMG Caravera	4.087,65	2.817,37	7,80
BRSMG Relâmpago	4.558,32	2.768,20	7,67
CMG 1511	5.044,04	2.778,87	7,70
CMG 2089	5.513,44	2.779,42	7,70
CMG 1896	5.598,71	2.770,49	7,67
CMG 2097	5.482,67	2.766,81	7,66
CMG 1977	4.833,67	2.768,57	7,67
CMG 1509	4.731,72	2.767,15	7,66
CMG 1987	4.808,46	2.761,44	7,65

Geralmente pelo método da ecovalência (Wi), o material genético mais estável é o que apresenta menor estimativa para a ecovalência, ou seja, o genótipo com menor contribuição para a interação genótipo x ambiente (PRADO et al., 2001). Utilizando este método, os dados de rendimento de grãos forneceram indicativos para a recomendação de linhagens que acompanharam o desempenho médio obtido nos ambientes, e, portanto, capazes de apresentar os

melhores desempenhos em várias épocas de plantio. Algumas cultivares apresentaram os maiores valores de (W_i), demonstrando, assim, a grande interação que possuem com o ambiente.

Trabalhos realizados por Polizel et al. (2013) em soja, resultados obtidos, às estimativas de ecovalência (WRICKE, 1965), verificou-se que algumas linhagens apresentaram-se mais estáveis e com adaptabilidade mediana.

Franceschi et al. (2010) estudando métodos para adaptabilidade e estabilidade em linhagens de trigo, constataram por meio da metodologia de Wricke, que as cultivares de trigo tiveram os menores valores de W_i , sendo consideradas as mais estáveis. Porém, destes, apenas foram classificadas como de superior rendimento de grãos, com produtividade acima de 4.000 kg /ha. Constata-se que nem todas as cultivares de maior estabilidade (menor W_i) são as que obtiveram alto rendimento em grãos.

As estimativas das médias dos genótipos e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Annicchiarico (1992) podem ser apreciadas na (Tabela 6).

O método proposto por Annicchiarico, à estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente. O método baseia-se na estimação de um índice de confiança de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior (BARROS et al., 2012).

Com base no índice de confiança ou de recomendação podem ser indicadas as seguintes linhagens: CMG 1896 que mostrou uma maior adaptabilidade de todas as linhagens, seguido de CMG 2097, CMG 2089, CMG 2170, CMG 2085 como linhagens que estão acima da produção média.

Carvalho et al. (2013) durante o estudo de adaptabilidade e estabilidade usando o método de Annicchiarico, relataram ser recomendado para amplas condições ambientais, uma vez que apresentou índice de confiança superior a 100%.

Assim, admitida a homogeneidade de variância entre os ambientes, a regressão dos valores percentual de cada ambiente, em função dos índices ambientes, também apresentará coeficiente de regressão dos índices ambientais próximo da unidade. Desta forma se o cultivar apresentar o valor percentual médio, constante ao longo dos ambientes, como 110%, da média do ambiente, o seu desvio padrão será zero e o será igual a 110% (também I será igual a 110%) logo esse cultivar apresentará adaptabilidade ampla (SCHEMILDT; CRUZ, 2005). Pelos resultados obtidos pelo mesmo método há indicação que as linhagens destacadas anteriormente apresentam também uma adaptabilidade ampla pela eficiência deste método.

Tabela 7 - Análise de estabilidade da variável de produção de acordo com modelo de Annicchiarico (1992).

Linhagens	Medias kg/ha	Desvio Padrão (Dados %)	I (i)
BRS Esmeralda	4.646,35	22,57	98,2
CMG 2170	5.261,67	23,35	105,7
BRSMG Caçula	4.532,57	20,95	90,3
CMG 2085	5.178,82	11,22	104,4
BRSMG Caravera	4.087,65	31,19	86,3
BRSMG Relâmpago	4.558,32	15,89	92,3
CMG 1511	5.044,04	22,48	101,2
CMG 2089	5.513,44	19,45	108,8
CMG 1896	5.598,71	16,49	108,8
CMG 2097	5.482,67	16,9	109,1
CMG 1977	4.833,67	12,74	99,1
CMG 1509	4.731,72	13,89	94,0
CMG 1987	4.808,46	13,32	95,7

Cavalcante et al. (2014), pesquisas realizadas na cultura de soja encontrou três linhagem, que apresentaram menores valores de P_i para ambiente favorável, sendo assim classificadas como genótipos de adaptabilidade para ambiente favorável.

Segundo a análise de Lin e Binns (1988) na Tabela 10 indica que houve comportamentos diferenciados de algumas linhagens no qual obtiveram valor de P_i menor e ainda outros apresentaram maior. Os que tiveram valores de P_i menor coincidiram com médias de produção altas e que tiveram maior P_i a sua produtividade foi relativamente baixo.

As linhagens CMG 2085, CMG 1896 e CMG 2097 foram identificados como cultivares com menor P_i , sendo consideradas como os adaptáveis e estáveis segundo os argumentos do método.

O pior genótipo com alto valor de P_i e menor valor da media, foi o BRSMG Caravera, seguida de BRSMG Caçula, BRS Esmeralda e BRSMG Relâmpago. Enquanto que as restantes cultivares expressaram este parâmetro com valores intermédios.

Tabela 8 - Análise de Estabilidade de Acordo com o modelo de Lin e Binns (1988) para variável produção.

Linhagens	Medias (kg/ha)	P (i)
BRS Esmeralda	4.646,35	7.856
CMG 2170	5.261,67	3.408
BRSMG Caçula	4.532,57	8.028
CMG 2085	5.178,82	2.748
BRSMG Caravela	4.087,65	14.117
BRSMG Relâmpago	4.558,32	7.346
CMG 1511	5.044,04	4.298
CMG 2089	5.513,44	2.410
CMG 1896	5.598,71	2.077
CMG 2097	5.482,67	2.020
CMG 1977	4.833,67	5.468
CMG 1509	4.731,72	4.772
CMG 1987	4.808,46	4.623
Média	5.321,46	

Oliveira et al. (2014) em estudo realizado com mamona, apresentou menor valor de P_i correspondendo quase 60 % no caráter produção indicando menor contribuição da interação G X E.

Para a característica produção de mamona, dentre os dez genótipos mais produtivos, nove apresentaram menores valores de P_i , enquanto para NFC (número de frutos comerciais) a coincidência foi completa. Isso indica que a maior parte dos materiais com melhor desempenho para PROD e NFC também o foram para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin; Binns (1988). Isso pode ser explicado pelo fato deste método considerar os genótipos mais adaptáveis e estáveis aqueles cujas produtividades, em cada ambiente estejam mais próximas da máxima produtividade (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Este método indica a eficiência que possui em identificar

os genótipos adaptáveis e estáveis com maior segurança em relação ao método de Wricke (1966).

O método de Wricke, neste trabalho, não foi capaz de indicar de uma forma clara linhagens específicas, sendo como estáveis, contrariamente ao método de Annicchiarico e Lin Binns que teve similaridade na identificação de cultivares adaptáveis e estáveis.

O método não paramétrico de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) apresentou resultados satisfatórios e com maior facilidade de interpretação, além de discriminar melhor os genótipos quanto ao desempenho tanto nos ambientes favoráveis quanto nos desfavoráveis. Este resultado concorda com o obtido por Atroch e Nunes (2000), que indicaram o método de Lin & Binns para uso futuro nos programas de melhoramento de arroz; concorda ainda com os resultados de Pereira et al. (2009), para indicação do uso em feijoeiro comum e com Nascimento (2008) em clones de guaraná.

No caso de Pereira et al. (2009) trabalhando na cultura de feijão, para verificar a sua estabilidade e adaptabilidade na região central do Brasil, usando os vários métodos, nomeadamente Lin & Binns, Annicchiarico, Eberhart & Russell, Cruz et al., e AMMI verificaram que, como os parâmetros de estabilidade e adaptabilidade em cada método são diferentes, os métodos identificaram diferentes genótipos como os mais estáveis.

5 CONCLUSÃO

Foi verificada a existência de interação de genótipos por ambientes enfatizando a necessidade de recomendação de genótipos com alta plasticidade fenotípica.

Por meio dos métodos de Annicchiarico e Lin Binns foram identificados linhagens

CMG 2097, CMG 1896, CMG 2089 e CMG 2085 com boa plasticidade fenotípica.

REFERÊNCIAS

ANNICHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 46, p. 269-278, 1992.

ATROCH, A. L.; NUNES, G. H. S. Progresso genético em arroz de várzea úmida no Estado do Amapá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 4, p. 767-771, abr. 2000.

BALESTRE, M. et al. Stability and adaptability of upland rice genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 10, n. 4, p. 357-363, Dec. 2010.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 1995. 247 p.

BARILI, L. D.; AMARAL, R. D. C. Adaptabilidade e estabilidade e a produtividade de grãos em cultivares de feijão preto recomendadas no Brasil nas últimas cinco décadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 1980-1986, 2015.

BARROS, H. B. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. Adaptability and stability of soybean genotypes using univariate and multivariate methods. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 3, n. 2, p. 49-58, 2012.

BONIERBALE, M. et al. Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. **Revista Latinoamericana de la Papa**, Valdivia, p. 3-14, 2004. Suplemento.

BORGES, V. et al. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 833-842, 2010.

CAMARGOS, W.; BATISTA, J. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 1, p. 23-30, jan. 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 340-347, 2009.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantina**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 571-578, 2007.

CARGNIN, A. et al. Interação genótipos e ambientes e implicações na adaptabilidade e estabilidade de arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 3/4, p. 49-57, 2008.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 155 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

CARVALHO, A. J. D. E. et al. Adaptability and stability of sorghum genotypes cultivated under water stress and full irrigation. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 101-115, 2015.

CARVALHO, E. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 162-169, maio/ago. 2013.

CARVALHO, L. C. B. **Interpretação da interação genótipos x ambientes em feijão-caupi usando modelos multivariados, mistos e covariáveis ambientais**. 2015. 115 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CAVALCANTE, A. K. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja em porto alegre do norte, MT. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 942-949, July/Aug. 2014.

COLOMBARI, M.; MARCOS, F.; VILELA, D. Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability , adaptability and grain yield. **Euphytica**, Wageningen, v. 192, n. 1, p. 117-129, July 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Informe agropecuário**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 10 maio 2016.

CONFALONIERI, R.; BOCCHI, S. Evaluation of CropSyst for simulating the yield of flooded rice in northern Italy. **European Journal of Agronomy**, Dordrecht, v. 23, p. 315-326, Aug. 2005.

CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 44, n. 1, p. 55-85, Jan. 1990.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 567-580, 1989.

DUARTE, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. Correlation among yield stability parameters in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 3, p. 905-912, 1995.

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

FERREIRA, C. N.; VILLAR, P. M. **Sistemas de produção nº 1**. Santo Antônio de Goiás: EMPRAPA Arroz e Feijão, 2003.

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

FRANCESCHI, L. et al. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 797-805, 2010.

FRANCISCO, C. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de café no cultivo orgânico em Minas Gerais adaptability and stability of coffee genotypes in the organic cultivation in Minas Gerais, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1936-1942, nov. 2014.

FREEMAN, G. H.; PERKINS, J. M. Environment and genotype and environment of variability: VII., relation between genotype grown in different components environments and measures of these environments. **Heredity**, Cary, v. 27, p. 15-24, 1971.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC, 2006. p. 85-86.

KATSURA, K. et al. Genotype-by-environment interaction analysis of rice (*Oryza spp.*) yield in a floodplain ecosystem in West Africa. **The Journal of the European Society for Agronomy**, Dordrecht, v. 73, p. 152-159, Feb. 2016.

LIMA, L. K. D. E. **Implicações da interação genótipos x ambientes em ensaios de valor de cultivo e uso no Estado de Minas**. 2013. 122 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

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.

MACHADO, J. C. et al. Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos de milho oriundos de um mesmo conjunto gênico. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 627-631, 2008.

MELO, L. C. et al. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 5, p. 715-723, 2007.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, D. D. Análise de fatores estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 1, p. 1567-1575, 2003.

MAIA, M. C. C. et al. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.

MOLINA, L. M. R. **Avaliação de interação genotipo x ambiente em linhagem de arroz (*Oriza sativa* L.)**. 2007. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jabotocabal, 2007.

MORAIS, L. K. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado para o Estado de São Paulo. **Revista Biociências**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 9-16, 2008.

NASCIMENTO, W. F. **Caracterização morfológica de acessos de arroz de terras altas**. Recife: [s.n.], 2008.

OLIVEIRA, E. J. de et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 8, p. 1253-1260, ago. 2006.

OLIVEIRA, E. J. de et al. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 402-410, mar./abr. 2014.

OLIVEIRA, G. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 2, p. 257-265, fev. 2006.

PAULO, S. et al. Irrigado para o Estado de São Paulo. **Revista Biociências**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/index/search/advancedResults>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

PEREIRA, H. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 1, p. 29-37, jan. 2009.

PEREIRA, H. S. et al. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 374-383, abr. 2009.

PERKINS, J. L.; JINS, J. L. Environmental and genotyp-environmental components of variability 3 multiple lines and cross. **Heridity**, Cary, v. 23, n. 3, p. 339-356, Aug. 1968.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Ed. ESALQ, 2000. 477 p.

PIRES, J. L. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1112-1117, jul./ago. 2006.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. **American Potato Journal**, Orono, v. 36, p. 381-385, 1959.

POLIZEL, A. Z. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no Estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 910-920, jul./ago. 2013.

PONTES JÚNIOR, V. de A. et al. **Potencial genético e famílias de feijoeiro-comum obtidas por diferentes métodos de melhoramento**. 2012. 120 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

PORTO, W. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 491-499, abr. 2007.

PORTUGAL, J. R. et al. Análise econômica do cultivo do arroz de terras altas com e sem irrigação. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n. 27, p. 104-110, 2015.

PRADO, E. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4, p. 625-635, abr. 2001.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 2012. 522 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAMOS, L. M. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. **Acta Agronômica**, Palmira, v. 60, n. 1, p. 39-49, 2011.

REGITANO NETO, A. et al. Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 512-519, 2013.

RESENDE, M. D. V. de. **Efeitos fixos ou aleatórios de repetições no contexto dos modelos mistos no melhoramento de plantas perenes**. Colombo: EMPRABA Florestas, 2002. 23 p. (EMBRAPA florestas. Documento, 68).

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

RESENDE, M. D. V. de. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2004. 65 p. (Documentos, 100).

RIOSTERRA, T. G. et al. Tolerância de linhagens de arroz em terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 201-208, abr./jun. 2013.

ROCHA, N. P. C. Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 39-54, jan./mar. 2010.

SANTOS, V. B. **Avaliação de linhagens genotípicas do arroz em terras altas via modelos mistos**. 2009. 153 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SCHIMILD, E. R.; CRUZ, E. D. Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Ebeherth e Russel e de Annicchiarico. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 299, p. 45-58, 2005.

SHRESTHA, S. et al. Field crops research climate effects on yield components as affected by genotypic responses to variable environmental conditions in upland rice systems at different altitudes. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 134, p. 216-228, 2012.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. **Biometrics**, Washington, v. 41, n. 4, p. 1093, 1986.

SILVA FILHO, J. L. et al. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 349-355, mar. 2008.

TAI, G. C. C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 184-190, 1971.

TEODORO, P. E. et al. Redes neurais artificiais para identificar genótipos de feijão caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 11, p. 1054-1060, nov. 2015.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENDRUSCOLO, E. C. G. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares material e métodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 123-130, jan. 2001.

VERMA, M. M. et al. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 53, p. 89-91, 1978.

WALTER, L. C. et al. Mudanças climáticas e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2411-2418, nov. 2010.

WANDER, A. E. **Cultivo de arroz nas terras altas do Estado de Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. (Sistema de Produção, 7).

WRICKE, G. Zur Berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. **Zeitschrift Fur Pflanzenzuchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.