



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO CENTRO SUL DO
ESTADO DO TOCANTINS, VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL.**

Aluno: Fábio Josias Farias Monteiro

Orientador: Joênes Mucci Pelúzio

**PALMAS – TO
2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO CENTRO SUL DO
ESTADO DO TOCANTINS, VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL.**

Aluno: Fábio Josias Farias Monteiro

Orientador: Joênes Mucci Pelúzio

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal do Tocantins como parte dos
requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Agroenergia (Sistemas de
Produção e melhoramento de culturas
visando à produção de biocombustíveis)**

**PALMAS – TO
2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE E
ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO CENTRO SUL DO
ESTADO DO TOCANTINS, VISANDO A PRODUÇÃO DE BIODIESEL.**

ALUNO: Fábio Josias Farias Monteiro

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente:

Prof. Dr. Joãoes Mucci Pelúzio – Universidade Federal do Tocantins

Examinadores:

Prof. Dr. Flávio Sérgio Afférr – Universidade Federal do Tocantins

Dr. Marcelo Cleón de Castro Silva – Examinador externo – PNPd/CAPES

Data da Defesa: 30 /03/2012

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da
Dissertação foram contempladas

Professor Dr. Joãoes Mucci Pelúzio
ORIENTADOR

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M775m Monteiro, Fábio Josias Farias .
MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ANÁLISE DA ADAPTABILIDADE
E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO CENTRO
SUL DO ESTADO DO TOCANTINS, VISANDO A PRODUÇÃO DE
BIODIESEL. / Fábio Josias Farias Monteiro. – Palmas, TO, 2012.

67 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2012.

Orientador: Joênes Mucci Pelúzio

1. Métodos estatísticos. 2. Cultivares de soja. 3. Biodiesel. 4.
Métodos de Eberhart e Russell. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que
citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

Aos meus filhos Lara e Bernardo, minha esposa Alice, meus pais Garcia Monteiro e Jovenília Monteiro (in memorian);
A minha querida irmã Simone, e
Ao meu grande amigo Sérgio Aguiar Inocente (in memorian).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades;

Aos meus pais Garcia Moreno Monteiro Rodrigues e Jovenília Ferreira Monteiro (“In memoriam”) por serem minhas referências de vida. Vocês serão sempre muito importantes para mim;

Ao meu orientador Professor Dr. Joênes Mucci Pelúzio, pela oportunidade, ensinamentos amizade e orientação;

Aos meus irmãos Hernane, Solange e Allan, em especial a minha querida Irmã Simone a maior responsável pela realização deste trabalho;

À minha esposa Alice pelo amor, dedicação e incentivo e aos meus filhos Lara e Bernardo;

Aos colegas e amigos da UFT, campus de Gurupi e Palmas pelo apoio;

Aos Professores Hayda Guimarães, Leonardo Santos Collier, por terem me orientado na vida acadêmica;

A todos os amigos da minha cidade natal, Araguatins, em especial a Ecivaldo Marques de Souza e Cassiano Monteiro;

Aos amigos de curso Evandro, Thiago e Eder.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO DA DISSERTAÇÃO	ix
DISSERTATION ABSTRACT	xi
APRESENTAÇÃO	
CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	03
Referências Bibliográficas	12
CAPÍTULO II – MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PARA PRODUTIVIDADE DE ÓLEO EM CULTIVARES DE SOJA NO ESTADO DO TOCANTINS	
Resumo	16
Abstract	17
Introdução	18
Material e Métodos	19
Resultados e Discussão	23
Conclusões	32
Referências Bibliográficas	33
CAPÍTULO III – CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM CULTIVARES DE SOJA PARA PRODUTIVIDADE DE ÓLEO	
Resumo	36
Abstract	37
Introdução	38
Material e Métodos	40
Resultados e Discussão	42
Conclusões	50
Referências Bibliográficas	51

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 01 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PARA PRODUTIVIDADE DE ÓLEO EM CULTIVARES DE SOJA NO ESTADO DO TOCANTINS

Tabela 1 – Produtividade de óleo ($\bar{Y}_{.j}$), variância dos tratamentos (QMTrat), variância residual (QMR) e coeficiente de variação (CV) de ensaios de competição de cultivares de soja em cinco ambientes, no Estado do Tocantins, Safra 2008/2009 e 2009/2010.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de óleo (kg ha⁻¹), de cultivares de soja e a relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro entre os ensaios (QMR⁺/QMR⁻), em cinco ambientes no Estado do Tocantins, Safra 2008/2009 e 2009/2010.

Tabela 3: Média da produtividade de óleo (PO), estimativa dos coeficientes de regressão (β_1), desvios da regressão (σ^2d) e coeficientes de determinação (R^2) pelo método de Eberhart e Russell (1966), parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, avaliados quanto a adaptação P_i (geral, favorável e desfavorável) com base na metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), parâmetros de adaptabilidade e estabilidade baseado na metodologia de Annicchiarico (1992) e Classificação dos genótipos em um dos quatro grupos caracterizados pelos Centroides e a probabilidade associada a sua classificação dos genótipos de soja no Estado do Tocantins, safras 2008/2009 e 2009/2010.

ARTIGO 02 - CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM CULTIVARES DE SOJA PARA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

Tabela 1: Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de óleo (Kg ha^{-1}), de cultivares de soja e relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro entre os ensaios ($\text{QMR}^+/\text{QMR}^-$), no Estado do Tocantins, Safra 2008/2009 e 2009/2010.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Spearman, para as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos por quatro métodos, quanto à produtividade de óleo, em cinco ambientes para cultivo de soja na região centro-sul do Tocantins.

RESUMO DA DISSERTAÇÃO

Com o objetivo de avaliar onze cultivares de soja quanto à produtividade de óleo nos municípios de Gurupi e Palmas - TO através de 04 métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade, foram conduzidos 05 ensaios de competição de cultivares de soja nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010, onde cada ensaio constituiu um ambiente: (Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008); Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009)), Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de onze cultivares de soja (P98Y70; M-8766RR; M-9144RR; BR/EMGOPA314; P98R91; P98Y51; P99R01; M-8867RR; M-9056; M-8527RR e M-9350). O presente trabalho foi elaborado na forma de capítulos: O capítulo 1 trata da fundamentação teórica. No capítulo 2 estudou-se a adaptabilidade e estabilidade pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (ROCHA et al., 2005). A produtividade de óleo variou de 337,88 kg ha⁻¹ (Gurupi II) a 968,49 kg ha⁻¹ (Palmas I), com média geral entre os ambientes de 634,58 kg ha⁻¹. Pela metodologia de Eberhart & Russell (1966) o cultivar ideal não foi encontrado, no entanto as cultivares M-9144, M-8527RR, apresentarem as maiores médias de PO, respectivamente 717,99 e 700 kg/ha, ampla adaptabilidade ($\beta_1=1$), porém em relação a estabilidade, pouco previsíveis, ($\sigma^2_d \neq 0$). O cultivar M-9144RR, M-8527RR, e BR/EMGOPA-314 podem ser recomendados para amplas condições ambientais pelas outras três metodologias. Houve concordância parcial no ranking das cultivares para condições gerais, favoráveis e desfavoráveis, portanto as metodologias utilizadas se complementam e aumentam a credibilidade na classificação e indicação dos cultivares. No capítulo 2 estudou-se a correlação de Spearman entre quatro métodos de adaptabilidade e estabilidade: métodos baseados em análise de variância: Annicchiarico (1992); em regressão linear: Eberhart e Russell (1966); em estatística não-paramétrica: Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e em análise multivariada: Centróide (ROCHA et al., 2005). Foram evidenciadas correlações significativas entre as metodologias de Eberhart e Russell, Lin e Binns modificado por Carneiro, Annicchiarico e Centróide. As correlações de

maior magnitude ocorreram entre estes três últimos métodos. A utilização dos métodos de Eberhart e Russel deve preferencialmente ser utilizada simultaneamente com um dos outros três métodos, haja vista que estes apresentam correlações significativas e de maior magnitude entre seus parâmetros.

Palavras-chave: métodos estatísticos, cultivares de soja, biodiesel, métodos de Eberhart e Russell.

DISSERTATION ABSTRACT

Aiming to evaluate eleven soybean cultivars on the productivity of oil in the municipalities of Gurupi and Palmas - TO 04 through analysis methods adaptability and stability were conducted 05 trials of soybean cultivars in the years 2008/2009 and 2009/2010, where each test environment was a: (Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008); Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009)). The experiments were conducted in randomized complete block design with four replications. Treatments consisted of eleven soybean cultivars: (P98Y70; M-8766RR; M-9144RR; BR/EMGOPA314; P98R91; P98Y51; P99R01; M-8867RR; M-9056; M-8527RR e M-9350). This work was done in the form of chapters: Chapter 1 deals with the theoretical basis. In chapter 2 we studied the adaptability and stability by Eberhart and Russell (1966), Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and Centroid (ROCHA et al., 2005). The oil yield ranged from 337.88 kg ha⁻¹ (Gurupi II) to 968.49 kg ha⁻¹ (I Palmas), averaging between environments 634.58 kg ha⁻¹. For the methodology of Eberhart & Russell (1966) the ideal cultivar was not found, however cultivars M-9144, M-8527RR, had the highest average PO, respectively 717.99 and 700kg/há, wide adaptability ($*1i=1$), but relative stability, little predictable ($*2d\neq 0$). The 9144RR cultivar M-, M-8527RR, and BR/EMGOPA-314 can be recommended for broad environmental conditions by the other three methods. There was partial agreement in the ranking of cultivars for general conditions, favorable and unfavorable, so the methodologies used to complement and enhance credibility in the classification and names of cultivars. In chapter 2 we studied the Spearman correlation between four methods of adaptability and stability: methods based on analysis of variance: Annicchiarico (1992), in linear regression: Eberhart and Russell (1966), in non-parametric statistics: Lin and Binns (1988) modified by Carneiro (1998) and in multivariate analysis: Centroid (ROCHA et al . 2005). Were found significant correlations between Eberhart and Russell, Lin and Binns modified by Carneiro, Annicchiarico and Centroid. The correlations of greater magnitude occurred between these latter three methods. The use of methods of Eberhart and Russel should preferably be used

simultaneously with one of the other three methods, given that these correlations have significant and of greater magnitude among its parameters.

Keywords: statistical methods, soybean cultivars, biodiesel, Eberhart and Russell methods.

APRESENTAÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande interesse socioeconômica. É a espécie oleaginosa mais cultivada no mundo, com produção no ano agrícola 2010/2011 superior a 251 milhões de toneladas (EUA, 2010). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial, com uma área cultivada de aproximadamente 24 milhões de hectares e uma produção ao redor de 75 milhões de toneladas de grãos na safra 2010/2011 (CONAB, 2011), o que corresponde a 27% da produção mundial.

A produtividade da soja é muito dependente das condições ambientais. Assim, a escolha da cultivar em função da época de plantio, da região e das estratégias de manejo adotadas reverte-se de suma importância para a obtenção de produtividades lucrativas, sobretudo quando aliada à compreensão das limitações e/ou vantagens do ambiente de produção.

O melhoramento genético da soja é realizado, geralmente, para atender a objetivos específicos de cada região de cultivo. O processo de seleção e recomendação de cultivares, em programas de melhoramento de plantas, é frequentemente realizado avaliando-se o desempenho dos cultivares em diferentes locais, anos e épocas de semeadura. Nessas condições, normalmente o desempenho relativo dos genótipos quase sempre varia de um ambiente para outro em face da ocorrência de interação genótipo x ambiente.

Esta dissertação foi desenvolvida utilizando dados de produtividade de óleo de cultivares de soja e teve por objetivos verificar a magnitude da interação genótipos x ambientes, bem como avaliar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica, nos ambientes estudados, através de experimentos conduzidos na região centro sul do Tocantins nas localidades de Palmas e Gurupi.

Neste trabalho, os capítulos 2 e 3 estão dispostos em forma de artigos, elaborados e submetidos segundo as normas da revista Pesquisa Agropecuária Tropical - PAT. O capítulo dois trata do estudo da adaptabilidade e estabilidade de 11 cultivares de soja através de quatro metodologias estatísticas rotineiramente utilizadas nas etapas de recomendação de cultivares, os quais cito: método de Eberhart & Russel (1966); Linn & Bins (1988); Modificado por Carneiro (1998); Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005). No capítulo três todos os

parâmetros das citadas metodologias foram comparados através da correlação de Spearman, com o intuito de se caracterizar o grau de associação entre essas metodologias.

A aplicação das metodologias citadas acima objetivou conhecer as semelhanças e diferenças entre elas e, a partir dessas, obter informações úteis e de maior aplicabilidade para a seleção cultivares na região centro sul do estado do Tocantins visando à produtividade de óleo para produção de biodiesel.

CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A produção mundial de soja está concentrada, principalmente, em três países: Estados Unidos, Brasil e Argentina, que atualmente respondem por cerca de 70% e 83%, respectivamente, da área e da produção desta oleaginosa (USDA, 2010).

O Brasil é o segundo maior produtor de soja, com uma área cultivada de aproximadamente 24 milhões de hectares e uma produção estimada em 75 milhões de toneladas de grãos na safra 2010/2011, o que representa 46% do total de grãos produzidos no país nesta safra (CONAB, 2011).

O estado do Tocantins apresenta uma área agricultável de 13.921.035 hectares, o equivalente a 50% do seu território. Desta área potencial, 7.500.000 ha são pastagens e 600.000 ha são atualmente explorados com agricultura, dos quais 400.000 ha apenas com o cultivo da soja que na última safra segundo a CONAB (2011), obteve uma produção 1,2 milhões de toneladas com uma produtividade de 3015 Kg/ha.

O sucesso do cultivo da soja é atribuído principalmente à combinação de altos teores de proteína e de óleo, juntamente com níveis adequados de produtividade de grãos (em média 3.000 kg.ha⁻¹ no Brasil) nos mais diversos tipos de ambientes, outro fator que também contribui para seu sucesso é a fixação simbiótica de nitrogênio nas raízes, fato que dispensa o uso de adubo nitrogenado. Isso faz da soja uma das leguminosas cultivadas mais importantes em todo o mundo.

A soja é uma das mais importantes fontes de óleo vegetal do mundo, no entanto, seu nível de qualidade e quantidade aumentou somente 0,23% por ano durante o período de 1934-1992 (MORRISON et al. 2000). Dessa forma, torna-se relevante o empenho do melhoramento genético para atuar nesta área, uma vez que existe a necessidade crescente da obtenção de fontes renováveis de energia como o biodiesel, obtido a partir de óleos vegetais. No entanto, fatores limitantes à obtenção de elevadas produtividades, como a ocorrência de doenças, provocadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides, dificultam aumentos expressivos na produtividade da soja (OLIVEIRA, 2011).

O biodiesel é um combustível biodegradável, derivado de fontes

renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos, usando como matriz energética uma enorme gama de espécies vegetais, como amendoim, babaçu, dendê (palma), girassol, , mamona, pinhão e a soja, que atualmente é a oleaginosa responsável por 80% do biodiesel produzido em nosso país, e, ao mesmo tempo responde por 95% do mercado de óleo vegetal brasileiro para alimentação humana. (SANTOS et al. 2007).

Atualmente, o Estado do Tocantins conta com duas usinas de biodiesel em funcionamento (Brasil Eco diesel e Biotins Energia), com licenças para operação e comercialização ambas com capacidade de 81 e 360m³/dia, respectivamente. Segundo o boletim mensal de biodiesel da Agencia Nacional do Petróleo de julho de 2011, o nosso país conta com 67 plantas de biodiesel e ainda segundo este boletim, 83,26% de todo o biodiesel produzido ate este período, teve como matéria prima a soja. No ano anterior este percentual foi de 80,62 (ANP, 2011).

O Brasil se destaca pela sua grande diversidade e produtividade de grãos que podem ser utilizados na fabricação de óleos vegetais, apresentando neste sentido, uma grande abertura para uma nova alternativa energética, substituindo o diesel por biocombustíveis (OLIVEIRA, 2011).

Dentre as cinco culturas oleaginosas com maior potencial para a produção de biodiesel (amendoim, canola, dendê, mamona e soja), em curto prazo, a soja apresenta a melhor perspectiva, por ter produtividade de cerca de 0,6 t.ha⁻¹ de óleo e por já possuir logística e rede industrial, armazenadora e distribuidora, além da utilização de outro produto extraído no processo de esmagamento do grão, o farelo, que por sua vez, é a principal fonte proteica para ração animal (BRIEU & PARENTE, 2009).

Em dezembro de 2004, foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Num primeiro momento, a legislação federal autorizou as distribuidoras de combustíveis a adicionar 2% do biocombustível em cada litro do diesel de petróleo vendido internamente. A lei no. 11.097 de 13 de janeiro de 2005 estabeleceu a obrigatoriedade da adição, exigindo um percentual de 2% a partir de 2008, com elevação para 5% em 2013. Em função da produção crescente de soja e conseqüentemente da oferta de óleo, foi possível antecipar em três anos o percentual da mistura obrigatória de 5% (B5) de biodiesel ao diesel. No Brasil a produção de biodiesel saiu de 732 mil litros, em 2005, ano em que foi instituído

seu uso na matriz energética brasileira, para 1,6 bilhão de litros, em 2009. (OSAKI & BATALHA, 2011).

Em 2014, a mistura deverá ser de 10% (B10) e em 2020, 20%(B20). O consumo de diesel no Brasil atingiu 49,7 bilhões de litros em 2010. Estudo da Fundação Getúlio Vargas mostra que a capacidade instalada de produção de biodiesel no país está em torno de 5,1 bilhões de litros. Segundo o mesmo estudo o óleo de soja é o único que pode impulsionar à produção de biodiesel em um curto prazo dada as demanda facultativa e obrigatória (DOSSA et al. 2011.)

Em relação aos parâmetros químicos e físicos, o biodiesel derivado do óleo de soja se apresenta com qualidade de acordo com os limites estabelecidos pela ANP para o óleo diesel comercial e possui predominância de ésteres etílicos de ácidos graxos insaturados (destaque para ácido oléico ou 18:1 ou cetano) em sua composição. A qualidade do óleo principalmente em relação a esta última característica, a qual mede a capacidade de explosão do biodiesel, de maneira correspondente a octanagem para explosão da gasolina (FERRARI et al. 2005).

O cetano é derivado diretamente do ácido graxo oléico (18:1) e varia de 17,7% a 26,0% do óleo produzido pelas cultivares atuais de soja. Além da maior cetanagem, os valores altos de ácido oléico também conferem a vantagem de reduzir as mudanças oxidativas no óleo durante o refinamento, estocagem e fritura (no caso de óleo comestível). Quando testado em gerador de energia elétrica em mistura com óleo diesel comercial, numa proporção de até 20% de biodiesel, houve diminuição do consumo de combustível (FERRARI et al. 2005).

O desenvolvimento de cultivares de soja com alto teor de óleo é uma das maneiras de suprir essa necessidade energética, sem elevar muito a abertura de novas áreas agrícolas, e melhorar a rentabilidade neste setor agroindustrial. Num futuro próximo, provavelmente haverá recompensa no preço do grão de soja em cultivares que contenham alto teor de óleo, fato que incentivará os produtores a optar por cultivares superiores para este caráter.

Nos bancos de germoplasmas, a variabilidade fenotípica é grande para o teor de óleo, ou seja, de 6% a 27%. Já as cultivares brasileiras apresentam grãos com 18 a 25% de óleo com média em torno de 20%. Portanto, é possível a obtenção, via cruzamentos e seleção, de novos genótipos de soja com maior teor de óleo (ROCHA et al. 2006).

A partir de potenciais fisiológicos de 6 t.ha⁻¹ de produção de grãos e 26% de óleo, estima-se um limite máximo de 1,560 ton. óleo.ha⁻¹, correspondente a um ganho adicional de 160% sobre a produtividade média atual de 0,6 ton. óleo.ha⁻¹ (3 t.ha⁻¹ grãos x 20% óleo:100), ganho este a ser acumulado em vários ciclos de seleção recorrente(AMORIM, 2011).

Em soja, a preocupação em se estimar os componentes da variação genética para vários caracteres, inclusive para o teor de óleo, iniciou-se nos Estados Unidos com o estudo de Horner & Weber em 1956, que isolaram os componentes da variação genética em gerações segregantes de cruzamentos entre duas linhagens homozigóticas. As estimativas obtidas mostraram que a maior parte da variância genética é aditiva. Isso também foi verificado por Farias Neto e Vello (2001). A predominância de variância genética aditiva indica a possibilidade de se obter segregantes transgressivos para o caráter teor de óleo.

Hamawaki et al. (2002), estudando cruzamentos em cadeia entre cultivares adaptados e exóticos de soja com ênfase na produtividade de óleo verificou a ocorrência de correlações genéticas positivas entre os caracteres produtividade de óleo, produtividade de grãos, valor agrônomo, altura da planta na maturidade e número de dias para a maturidade. Por outro lado, Tajuddin *et al.* (2003) relatam que a correlação entre teor de óleo e de proteína é sempre negativa e relativamente alta, fato que conduz ao desenvolvimento de cultivares especiais para alta produtividade de óleo.

Variação genética entre cultivares de soja tem sido detectada quanto ao teor de óleo e produtividade de grãos (SUDARIC et al. 2008). Este fato, associado com a tendência de correlação positiva (e de baixa magnitude) entre os dois caracteres abrem possibilidades de sucesso na seleção para aumentar a produtividade de óleo em soja.

Com o objetivo de estudar as contribuições agronômicas e fisiológicas do melhoramento de soja, Jin et al. (2010) avaliaram aproximadamente 600 cultivares lançadas entre 1950 – 2006 no nordeste da China e verificaram que em 56 anos de melhoramento genético e seleção houve um incremento de 32,5% na produtividade de grãos ou 0,58% ao ano. Considerando o mesmo período, as variações de concentração nos teores de proteína e óleo foram de 37,0% para 45,5% e de 16,7% para 22,0%, respectivamente.

Interação genótipos x ambientes

Considerando as inúmeras variações ambientais em que a soja é comumente submetida no Brasil, é esperado que a interação C x A assumam papel fundamental na manifestação fenotípica, devendo, portanto, ser estimada e considerada no programa de melhoramento genético e na indicação de cultivares (PRADO et al. 2001).

As interações C x A podem surgir por duas razões: (a) por diferentes respostas de igual conjunto gênico em diferentes ambientes; e (b) pela expressão de diferentes conjuntos gênicos em diferentes ambientes. Quando um mesmo conjunto de genes se expressa em diferentes ambientes, as diferenças nas respostas podem ser explicadas pela heterogeneidade das variâncias genéticas e experimentais ou por ambas; e, quando diferentes conjuntos de genes se expressam em ambientes distintos, as diferenças nas respostas explicam-se por uma inconsistência das correlações genéticas entre os valores de um mesmo caráter em dois ambientes (FALCONER, 1989).

Estatisticamente, interações C x A são detectadas como um padrão de resposta diferencial e significativa dos cultivares, entre ambientes. Biologicamente, isto ocorre quando as contribuições (ou nível de expressão) dos genes regulando o caráter diferem entre ambientes. Essa contribuição dos genes para a expressão de um caráter é considerada ser a base biológica das interações C x A (BASFORD & COOPER, 1998).

Vencovski & Barriga (1992) relatam que não basta apenas detectar a presença de interações, deve-se também considerar a sua natureza. Assim, a interação C x A pode ser simples (não causa mudanças na classificação dos genótipos entre ambientes) e complexa (quando altera a classificação dos genótipos entre ambientes). A interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes; assim, a recomendação de cultivares pode ser feita de forma generalizada. A interação complexa indica a presença de materiais adaptados a ambientes particulares; isto traz uma complicação para o melhorista uma vez que a recomendação é restrita a ambientes específicos (Ramalho et al., 1993). Somente quando ocorre interação complexa, haverá dificuldades no melhoramento (CRUZ E CARNEIRO, 2003)

O efeito da interação cultivares x épocas de semeadura foi avaliado por

Laínez-Mejía (1996). Este autor observou que o caráter produtividade de óleo (PO) foi mais influenciado pela produtividade de grãos (PG) do que pela porcentagem de óleo (% OL) e que PG e PO apresentaram comportamentos semelhantes quanto à interação C x A, enquanto %OL teve comportamento independente. Miranda et al. (1998) estudaram o caráter % OL sob diferentes fotoperíodos em parentais, gerações F2, F3 e F9 resultantes de diferentes cruzamentos; encontraram que a interação genótipos x épocas de semeadura foi importante e concluíram que o teor de óleo foi maior nas semeaduras nos meses de setembro-outubro, sendo menor em outubro-dezembro. Soldini (1993), estudando o efeito da interação C x L, para diferentes ciclos de maturação (precoce, intermediário e tardio) em cultivo de verão, encontrou interação significativa em todos os ciclos de maturação para todos os caracteres estudados, exceto para a %OL, que apresentou baixa ou nula interação. Identificou também que as linhagens tardias se comportaram como as mais produtivas e as intermediárias como as mais estáveis. Baixa variabilidade associada com baixa magnitude da interação C x L para %OL tem sido um resultado comum em alguns trabalhos (LAINEZ-MEJIA, 1996).

O efeito de anos é caracterizado como um fator imprevisível. A avaliação das interações genótipos x anos é de suma importância, pois fornece informações sobre a previsibilidade do comportamento dos genótipos frente aos fatores ambientais no tempo. De fato, Vencovsky & Torres (1988) enfatizam que, para o produtor rural, é mais importante que um cultivar seja estável ao longo dos anos.

A porcentagem de óleo (% OL) foi avaliada por Bonato et al. (2000), em cultivares de soja lançadas antes e depois de 1990. Estes concluíram que as estimativas variaram pouco com os anos, dentro de locais, e que os cultivares lançados entre 1991 e 1996 foram mais produtivos em óleo do que os lançados antes deste período. Apesar da baixa variação aparente observada para este caráter, foi possível obter ganhos com a seleção.

Adaptabilidade e estabilidade

Estudos a respeito da interação C x A, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações

ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais se torna possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Segundo Vencovsky & Barriga (1992), adaptabilidade e estabilidade, embora sejam fenômenos relacionados, não devem ser considerados como um só. Rocha (2002) designa adaptabilidade como a capacidade potencial dos genótipos de responderem vantajosamente ao estímulo ambiental. A estabilidade, por outro lado, seria a capacidade de um genótipo exibir um desempenho o mais constante possível, em função de variações na qualidade ambiental. Cruz e Regazzii (1997) e Borém (2001) conceituam adaptabilidade da mesma forma e comentam que estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo ambiental.

De acordo com Cruz e Carneiro (2003), uma das alternativas para amenizar a influência da interação C x A é a recomendação do emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade. Para estes autores as análises de adaptabilidade e estabilidade fornecem as informações mais detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais em condições específicas ou amplas

As metodologias atualmente mais difundidas entre os melhoristas têm sido aquelas baseadas em análise de regressão linear. Yates e Cochran (1938) foram os primeiros autores a usarem a regressão linear em estudos de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, mas foi a metodologia de Eberhart e Russel (1966) que popularizou seu uso.

Vários trabalhos utilizaram o método proposto por este autor em soja: Pelúzio et al. (2008), Barros et al. (2007), Prado et al. (2001), Lima et al. (2000), Mauro et al. (2000) e Alliprandini et al., (1998); os quais identificaram genótipos com adaptação ampla (estáveis) e com adaptação específica a ambientes favoráveis (produtividade média alta) e desfavoráveis (produtividade média baixa).

Este método baseia-se numa análise de regressão linear simples, onde o índice ambiental (efeito do ambiente) é a variável independente, e a produtividade média de cada genótipo em cada ambiente representa a variável dependente. Os parâmetros coeficiente de regressão (β_1) e a produtividade média estimam a

adaptabilidade do cultivar; enquanto variância dos desvios da regressão (σ^2_d) mede a sua estabilidade. Segundo este método o genótipo ideal seria aquele com produtividade média alta, Beta1 igual à unidade e o desvio o menor possível.

As metodologias não paramétricas como Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), bem como a metodologia baseada em componentes principais, denominada Centróide (ROCHA et al. 2005), também têm sido propostas na literatura para análises de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de soja (BARROS, 2010; Pelúzio, 2008 e Silva & Duarte, 2006).

No método de Lin & Binns (1988), a medida de estabilidade é o parâmetro P_i , e representa a medida de superioridade máxima de um cultivar. Esse parâmetro representa o quadrado médio da distancia entre a resposta de um determinado genótipo em relação à resposta do cultivar que apresenta produtividade máxima, entre todos os cultivares, num determinado ambiente. Quanto menor a distancia entre a resposta do cultivar e a produtividade máxima, ou seja, quanto menor o P_i , mais estável é o cultivar. Uma vantagem desta metodologia é que ela tenta aliar estabilidade com adaptabilidade.

Na metodologia, desenvolvida por Annicchiarico (1992), estima-se o índice de confiabilidade (W_i) de uma determinada cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. A vantagem do método está no fato de que a seleção de uma determinada cultivar para comercialização é realizada considerando o risco de a mesma ter um desempenho inferior a um padrão convenientemente escolhido. Considerando que o padrão escolhido é a média geral das cultivares, quanto maior for (W_i) de uma cultivar, menor será a sua probabilidade de insucesso.

O método Centróide, segundo Rocha et al. (2005) baseia-se na comparação de valores de distancia cartesiana entre os cultivares e quatro referenciais ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os cultivares de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os de mínima adaptabilidade. O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). os ideótipos de máxima adaptabilidade especifica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínimas respostas

desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes desfavoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta menores valores em todos os ambientes estudados. (ideótipo IV).

A forma comumente utilizada para comparar as metodologias é através da correlação entre os parâmetros dos quais medem a adaptabilidade e estabilidade fenotípica. As correlações mais usadas são as de Spearman e Pearson. Essa abordagem tem como principal objetivo verificar similaridades ou divergências quanto ao ordenamento dos genótipos com os ambientes.

Silva & Duarte (2006) compararam nove métodos de avaliação de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja e concluíram que 40% das correlações estimadas apresentaram significância estatística, sugerindo, desta maneira, um grau de associação entre os métodos estudados. (ROCHA et al. 2005), Cargnelutti Filho et al. (2007) encontraram associação significativa entre os métodos de Eberhart e Russel (1966), Annicchiarico (1992) e Lin & Bins (1988). Por outro lado, Silva & Duarte (2006), Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009) não encontraram correlação significativa entre estes métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, F. A. **Efeito do gene CP4 EPSPS na produtividade de óleo em populações de soja**. 198 p.:il. Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.4, p.269-278, 1992.
- BORÉM, A. Melhoria de plantas. 3. ed. Viçosa: Editora UFV. 2001. 500p.
- BRIEU, T. P.; PARENTE, V. Programa nacional de produção de biodiesel: um balanço da primeira fase até 2008. **Revista Biodiesel-BR**, Curitiba, v. 2, n. 12, p. 62 – 64, ago./set. 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, 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. **Bragantia**, v.66, p.571-578, 2007.
- CONAB – Companhia nacional de abastecimento. **11º levantamento de grãos 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/10levsafra.pdf>>. Acesso em: 14 Out 2011.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2 Editora UFV. Viçosa-MG, 2003. 585p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV. Viçosa-MG, 1997. 390p.
- DOSSA, D. *et al.* **Brasil Projeções do Agronegócio 2010/2011 a 2020/2021**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – Assessoria de Gestão Estratégica, 2011. Disponível em:<http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%20201011%20a%202020-21%20-%202012.pdf>. Acesso em: 27 de janeiro 2012.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.

FARIAS NETO, J. T.; VELLO, N. A. Avaliação de progênies F4:3 e F5:3 e estimativas de parâmetros genéticos com ênfase para porcentagem de óleo, produtividade de grãos e óleo em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, p. 812 – 820. 2001.

FERRARI, R.A.; OLIVERIA, V.S. e SCABIO, O. A. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

HAMAWAKI , O. T.; VELLO, N. A.; JULIATTI, F. C. Genetic and agronomic traits in F4:3[8] and F5:3[8] progenies derived from parent soybean crosses. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 265-274, 2002.

JIN, J.; LIU, X.; WANG, G.; MI, L.; SHEN, Z.; CHEN, X.; HERBERT, S. J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 115, p. 116- 123, 2010.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidades e desafio. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 227-242, 2011.

MAURO, A. O.; CURCIOLI, V.B.; NÓBREGA, J. C. M.; BANZATO, D.A.; SEDIYAMA, T. Correlação entre medidas paramétricas e não paramétricas de estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.35, n.4, p.687-696, 2000.

MELO, L. C.; MELO, P. G.; FARIA, L.C. de; 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, p.715-723, 2007.

MORRISON, M. J.; VOLDENG, H. D.; COBER, E. R. Agronomy Changes from 58 years of Genetic improvement of Short-Season Soybean Cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, Madison, V 92p. 780 – 784, 2000.

OLIVEIRA, I. J.; **Relações genéticas entre produtividade de óleo e podridão vermelha das raízes em soja**. Piracicaba 2011. 167p. : II. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz” 2011.

PELÚZIO, J. M.; ALMEIDA JUNIOR, D. ; FRANCISCO, E. R. ; FIDELIS, R. R.; RICHTER, L. H. ; BARBOSA, V. S. Comportamento de cultivares de soja de soja no sul do Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 21, p. 113-118, 2005.

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

PINTHUS, M. J. Estimate of genotypic value: a proposed method. **Euphytica**, v.22, n.1, p.121-123, 1973.

ROCHA, M. de. M., VELLO, N. A., LOPES, A. C. A., TREVISOLI, S. H. U., MAIA, M. C. C. Correlações entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de óleo em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 772 – 777. 2006.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.255-266, 2005.

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

SUDARIC, A.; VRTARIC, M.; SUDAR, R.; DUVNJAK, T.; JURKOVIC, G. Breeding soybean for improved oil quantity and quality. In: CENTRAL EUROPEAN CONGRESS OF FOOD, 4., 2008, **Cavta. Proceeding Cavta: Cavta 2008**. p. 149.

TAJUDDIN, T. *et. al.* Análisis of quantitative trait loci for protein and lipids contents in soybean seeds using recombinant inbred lines. **Breeding Science**. Shizuoka, v. 53, p. 133 – 140, 2003.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 27 set 2011.

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

XU, B.; ZHEN, H; LU, Q.; ZHAO, S. Three new evidences of the original area of soybean. 1989. In: CONFERENCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas**. Buenos Aires, t.1, p.124-128, 1989.

Métodos estatísticos de adaptabilidade e estabilidade para produtividade de óleo em cultivares de soja no estado do Tocantins.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar através de 04 métodos estatísticos a adaptabilidade e estabilidade de 11 cultivares de soja, quanto à produtividade de óleo, em cinco ambientes (Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008); Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009). Os ensaios foram conduzidos na região Centro-Sul do Estado do Tocantins, nos anos agrícolas 2008/09 e 2009/10, sendo três conduzidos em Palmas e dois em Gurupi - TO. O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade foram utilizados os métodos de Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al., 2005). A produtividade de óleo variou de 337,88 kg ha⁻¹ (Gurupi II) a 968,49 kg ha⁻¹ (Palmas I), com média geral entre os ambientes de 634,58 kg ha⁻¹. Pela metodologia de Eberhart & Russell (1966) o cultivar ideal não foi encontrado, no entanto as cultivares M-9144, M-8527RR, apresentarem as maiores médias de PO, respectivamente 717,99 e 700kg/há, ampla adaptabilidade ($\beta_{1i}=1$), porém em relação a estabilidade, pouco previsíveis ($\sigma^2_d \neq 0$). O cultivar M-9144RR, M-8527RR, e BR/EMGOPA-314 podem ser recomendados para amplas condições ambientais pelas outras três metodologias. Houve concordância parcial no ranking das cultivares para condições gerais, favoráveis e desfavoráveis, portanto as metodologias utilizadas se complementam e aumentam a credibilidade na classificação e indicação dos cultivares.

Palavras chave: Glycine max, ambientes, favoráveis e desfavoráveis, produtividade de óleo.

Statistical methods of adaptability and stability for oil yield in soybean cultivars in the state of Tocantins.

Abstract

This study aimed to assess through 04 statistical methods adaptability and stability of 11 soybean cultivars on the productivity of oil in five environments, (Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008); Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009). The tests were conducted in south-central state of Tocantins, in the years 2008/09 and 2009/10, being conducted in three and Palmas two in Gurupi. The experimental design was randomized complete block design with four replications. To evaluate the adaptability and stability methods were used to Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and Centroid (Rocha et al., 2005). The oil yields ranged from 337.88 kg ha⁻¹ (Gurupi II), to 968.49 kg ha⁻¹ (Palmas I), averaging between the environments of 634.58 kg ha⁻¹. By Eberhart & Russell (1966) the ideal cultivar was not found, however cultivars MSoy-9144, MSoy-8527RR, had the highest average PO, respectively 717.99 and 700kg/há, wide adaptability ($\beta_{1i}=1$), but relative stability, a little predictable ($\sigma^2_d \neq 0$). The cultivar M-9144RR, 8527RR-M, and BR/EMGOPA-314 can be recommended for broad environmental conditions by the other three methods. There was partial agreement in the ranking of cultivars for general conditions, favorable and unfavorable, so the methods used to complement and enhance the credibility of the classification and names of cultivars.

Key words: Glycine max, environments, favorable and unfavorable, oil yield.

Introdução

A matriz energética mundial é composta de fontes não renováveis de carbono fóssil, como petróleo (35%), carvão (23%) e gás natural (21%) (Peres et al. 2005). Contudo, há estimativas de que o mercado mundial de óleo de soja expandirá 43% no período de 2006 a 2017 (FAPRI 2007). Com as projeções de crescimento da população mundial, juntamente com o crescimento do consumo de óleo de soja, o estudo FAPRI (2007) indica que o consumo per capita mundial crescerá 1,4% ao ano.

Atualmente, com a valorização internacional da soja, há interesse de se aumentar os teores de óleo e de proteína das cultivares nacionais. Contudo, devido à alta correlação genética negativa entre esses dois caracteres (Wilcox & Shibles 2001; Marega Filho et al. 2001), essa empreitada torna-se bastante difícil. Com a possibilidade de solucionar esse problema e com o aumento da demanda por biodiesel no Brasil e no mundo, políticas públicas têm incentivado o planejamento de programas de melhoramento direcionados para o desenvolvimento de cultivares especializadas, com altos teores de óleo (acima de 23%) ou com altos teores de proteína (acima de 45%).

A caracterização das cultivares de soja quanto ao teor de óleo e proteína possibilita disponibilizar informações sobre as cultivares mais indicadas para determinados usos, agrega valor qualitativo a esses produtos e viabiliza o aumento de sua participação no mercado. A avaliação dos efeitos do local de semeadura sobre o teor de óleo permite a recomendação de locais que otimizem a expressão desta característica de qualidade (Pipolo 2002).

Ensaio de competição de genótipos são realizados na avaliação e recomendação de novas variedades ou cultivares. A indicação considerando apenas a média geral favorece genótipos que se sobressaem nos melhores ambientes, mas não discrimina os que se adaptam às melhores e às piores condições. O conhecimento do comportamento ou

adaptabilidade de genótipos a determinados ambientes é de grande importância na avaliação do valor agrônomo dos cultivares (Murakami et al. 2004).

Há diversos métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade para avaliação de grupo de genótipos, testados numa série de ambientes contrastantes e que apresentem interação C x A. A escolha do método de análise depende dos dados experimentais, número de ambientes disponíveis, precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz et al. 2004). Os principais métodos baseiam-se em análise de variância, regressão linear, regressão não linear, análises multivariadas e estatísticas não paramétricas (Bastos et al. 2007).

Objetivou-se neste trabalho estudar através de métodos estatísticos a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja, quanto à produtividade de óleo, na região Centro-Sul do Estado do Tocantins.

Material e Métodos

Foram realizados cinco ensaios de competição de cultivares de soja, nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010, sendo três no município de Palmas – TO, Campus da Universidade Federal do Tocantins que tem altitude 220 m (Latitude 10°12' S, Longitude 48°21'W) e dois instalados no município de Gurupi – TO, Campus da Universidade Federal do Tocantins que tem altitude de 280 m (Latitude 11 43'S, Longitude 49 04'W). Com seus respectivos locais e datas: Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008); Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009). Cada ensaio representou um ambiente. A adubação foi realizada segundo as exigências da cultura, após prévia análise química do solo, que apresentou os seguintes resultados: Palmas: pH 4,9; K 35,2 mg.dm⁻³; P 6,0 mg.dm⁻³; M.O. 0,6%; CTC 4,7 e SB 33,3%. Gurupi: pH 5,1; K 93 mg.dm⁻³; P 5,3 mg.dm⁻³; M.O. 0,6%; CTC 5,44 e SB 59,56%.

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de onze cultivares de soja (P98Y51, P98Y70, P99R01, P98R91, M-9056RR, M-9144RR, M-8766RR, M-8867RR, M-8527RR, M-9350 e BR/EMGOPA 314.).

A parcela experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre fileiras, sendo a área útil da parcela 3,6 m² representada pelas duas fileiras centrais, eliminando-se 0,50 m da extremidade.

Foram realizadas as operações de aração, gradagem e sulcamento. O plantio das sementes e a adubação no sulco foram realizados manualmente. Todos os ensaios receberam no sulco de plantio 400 kg da formulação 04-20-20 e 55 kg ha⁻¹ de K₂O (92 kg de Cloreto de Potássio por hectare) em Palmas, e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (50 kg de Cloreto de Potássio por hectare), em Gurupi, parceladas em duas vezes aos 15 e 30 dias após o plantio.

A densidade de semeadura foi realizada com o intuito de se obter 14 plantas por metro linear. Por andamento do plantio, em cada ensaio, as sementes foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*.

As plantas, de cada parcela experimental, foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R₈ da escala de Fehr et al. (1971).

Com base na área útil da parcela, foi realizada a correção da umidade para 12%, em seguida foram separadas três amostras contendo 100 gramas dos grãos de cada parcela. Posteriormente, foi determinado o teor de óleo dos grãos (%), no laboratório do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins - Campus de Palmas, através do Método de Soxhlet, segundo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Foi realizada análise de variância individual e, posteriormente, a análise conjunta dos ensaios. Na análise conjunta, avaliou-se primeiramente a homogeneidade das variâncias

residuais dos experimentos, verificada pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios. No modelo estatístico, para a análise conjunta, considerou-se fixo o efeito da cultivar e os demais aleatórios.

A análise de adaptabilidade e estabilidade foi realizada segundo os métodos de Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide, (Rocha et al. 2005), sendo as médias dos cultivares e ambientes comparadas pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade.

No método proposto por Eberhart & Russell (1966), para cada cultivar 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 do coeficiente de regressão (β_1) 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 edáficas e climáticas adversas. Os positivos indicam os ambientes favoráveis, associados às regiões com condições climáticas e edáficas apropriadas à aptidão da cultura ou áreas de cultivo onde se emprega alta tecnologia de produção.

Na avaliação dos cultivares, leva-se em consideração a produtividade média do genótipo (μ_i), o seu coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_1$) e a variância dos desvios dessa regressão (σ_{di}^2). Seus respectivos estimadores são dados por:

$$Y_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{a} \quad \hat{\beta}_1 = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2} \quad I_j = \frac{\sum_i Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ag} \quad (\text{índice ambiental}).$$

, em que

$$\sigma_{di}^2 = \frac{\left[\sum_j Y_{ij}^2 - \left(\frac{\sum_j Y_{ij}}{a} \right)^2 \right] - \left[\frac{\left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2}{\sum_j I_j^2} \right]}{a - 2}$$

A estatística de estabilidade e adaptabilidade, adotada pelo método de Linn e Binns

(1988), utiliza como medida de estabilidade o parâmetro P_i , representado pela seguinte expressão:

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

Em que Y_{ij} é a média do cultivar i no j -ésimo ambiente; M_j a produtividade máxima entre todos os genótipos, no j -ésimo ambiente e; a = número de ambientes. O genótipo estável é aquele que apresenta o menor índice P_i .

A estimativa da medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento fornece direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambientes. Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), e para ambientes favoráveis e desfavoráveis, conforme a decomposição proposta por Carneiro (1998), estimada por:

$$P_{if} = \frac{\left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} - M_j \right)^2}{2f}$$

Em que: f = número de ambientes favoráveis.

Da mesma forma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos:

$$P_{id} = \frac{\left(\sum_{j=1}^n Y_{ij} - M_j \right)^2}{2d}$$

Onde: d = número de ambientes desfavoráveis.

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se no chamado índice de confiança genotípico, estimado por: $W_{i(g)} = \hat{\mu}_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{Z_{i(g)}}$, considerando-se todos os ambientes, em que $\hat{\mu}_{i(g)}$ é a média porcentual dos genótipos i ; $\hat{\sigma}_{Z_{i(g)}}$ é o desvio padrão dos valores de Z_{ij} , associado ao i -ésimo genótipo; $Z_{(1-\alpha)}$ é o percentil da função de distribuição normal padrão. O coeficiente de confiança adotado foi de 75%, ou seja, $\alpha = 0,25$.

No método do Centróide, o conceito de adaptabilidade e estabilidade difere dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (Rocha et al. 2005).

Por este método, inicialmente, os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis, segundo o índice ambiental proposto por Finlay & Wilkinson (1963). Após a classificação dos ambientes, são criados pontos referenciais (ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis), sendo a classificação das cultivares obtidas a partir da probabilidade espacial, utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos quatro ideótipos:

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left[\frac{1}{d_i} \right]}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Em que: $P_{d(i,j)}$: a probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j-ésimo centróide; e d_i : a distância do i-ésimo ponto ao j-ésimo centróide.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância individual, média e coeficiente de variação para cada ambiente são apresentados na Tabela 1. Observa-se a existência de diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste F, sobre as produtividades de óleo dos cultivares em todos os ambientes, exceto em Palmas III e Gurupi II. O maior valor médio da produção foi obtido no ambiente Palmas I (30/11/2008)

Tabela 1 – Produtividade de óleo ($\bar{Y}_{.j}$), variância dos tratamentos (QMTrat), variância residual (QMR) e coeficiente de variação (CV) de ensaios de competição de cultivares de soja em cinco ambientes, no Estado do Tocantins, Safra 2008/2009 e 2009/2010.

Ambientes	$\bar{Y}_{.j}$	QMTrat	QMR	CV (%)
Palmas I	968,49a	54621,05*	8017,75	9,24
Palmas II	522,35b	46014,34*	5318,74	13,96
Palmas III	679,78b	46104,23ns	23451,33	22,52
Gurupi I	664,40b	20164,38*	7120,58	12,70
Gurupi II	337,88c	10916,57ns	6651,80	24,13

ns; * = não significativo e significativo, respectivamente, a 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 0,05 de probabilidade pelo teste de Scott Knott. Ambientes: Palmas I (30/11/2008); Palmas II (16/12/2008) e Palmas III (04/12/2009); Gurupi I (03/12/2008); Gurupi II (05/01/2009).

Todos os ambientes foram incluídos na análise de variância conjunta por apresentarem homogeneidade nas variâncias residuais, ou seja, a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual igual a 4,40 sendo inferior a relação aproximada de 7:1 aconselhada por Cruz & Regazzi (2004). Ainda de acordo com este autor, citado por Conde et al. (2009), as análises individuais são muito importantes, pois possibilitam avaliar a magnitude da variabilidade genética e, também, observar as discrepâncias entre as variâncias residuais obtidas em cada ambiente.

A análise de variância conjunta referente à produtividade de óleo necessária para avaliar o efeito da interação cultivar x ambiente, é apresentada na Tabela 2. Foi detectada apenas interação significativa, indicando a existência de diferenças significativas entre os

Cultivares dentro de cada ambiente, o que justifica um estudo mais detalhado visando identificar os genótipos de maior adaptabilidade e estabilidade (Cruz & Regazzi 2004).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de óleo (kg ha^{-1}), de cultivares de soja e a relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro entre os ensaios ($\text{QMR}^+/\text{QMR}^-$), em cinco ambientes no Estado do Tocantins, Safra 2008/2009 e 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Bloco/Ambientes	10	13912,82
Ambientes (A)	4	1774182,02*
Cultivar(C)	10	50022,79 ^{ns}
Interação AxC	40	31949,45*
Erro Médio		10112,04
CV (%)		15,84
$\text{QMR}^+/\text{QMR}^-$		4,40

ns; * = não significativo e significativo, respectivamente, a 5% de probabilidade pelo teste F. GL = graus de liberdade.

A significância deste último indica que os efeitos dos cultivares e ambientes não explicam toda a variação encontrada na produção de óleo e que ocorreu um comportamento diferencial dos cultivares nos ambientes, dificultando com isso a recomendação de cultivares (Cruz & Castoldi 1991; Venkovsky & Barriga, 1992). Dessa forma, faz-se necessária, diante à necessidade de atenuar-se o efeito da interação, identificar os cultivares adaptados e estáveis fenotipicamente.

Ambiente favorável é aquele que permite média de produção das cultivares acima da média geral de todos os ensaios ($634,58\text{kg ha}^{-1}$), resultando, portanto, em índices positivos.

Desta forma, foram caracterizados como tais os ensaios Palmas I (30/11/2008) com 968 kg ha⁻¹, Gurupi I (03/12/2008) com 664 kg ha⁻¹ e Palmas II (16/12/2008) com 679 kg ha⁻¹. Os demais ensaios foram considerados como desfavoráveis, por propiciarem índices ambientais negativos (Tabela 01).

Pelo método de Eberhart & Russel o cultivar P98R91 apresentou coeficiente de regressão maior que 1 ($\beta_{1i} > 1$) e produtividade média baixa, inferior a média geral, (Tabela 3), indicando estar pobremente adaptados às condições ambientais favoráveis. De acordo com Pelúzio (2008), são cultivares cuja utilização deve ser criteriosa, pois em ambientes desfavoráveis, ou seja em regiões envolvendo baixo nível tecnológico e/ou sujeitas às variações edafoclimáticas, podem ter seus rendimentos reduzidos. Para Borém & Miranda (2005), esse tipo de cultivar seria ideal se as condições ambientais pudessem ser controladas para alta performance. Em relação a estabilidade, apresentou desvio da regressão significativo ($\sigma^2_{d \neq 0}$), revelando baixa estabilidade ou previsibilidade.

As cultivares M-9144RR, M-8527RR, BR/EMGOPA 314, P98Y51 e M-8766RR apresentaram produtividade média elevada (superior a média geral), coeficiente de regressão igual a unidade ($\beta_{1i} = 1$) (Tabela 3), sendo portanto classificadas por esta metodologia como de adaptabilidade a amplas condições ambientais. Entretanto as cultivares M-9144RR, M-8527RR, apesar de apresentarem as maiores médias de PO, respectivamente 717,99 e 700kg/há, apresentaram desvio da regressão significativos ($\sigma^2_{d \neq 0}$), sendo portanto, em relação a estabilidade pouco previsíveis ou instáveis. Portanto BR/EMGOPA 314, P98Y51 e M-8766RR são cultivares capazes de responder de maneira satisfatória à melhoria do ambiente e de apresentar alta capacidade produtiva em condições adversas. Pelúzio et al (2008) estudando o caráter produção de grãos em 05 ambientes no Estado do Tocantins encontrou alta previsibilidade para o cultivar M-9144RR.

Já os cultivares M-9350, P98Y70 apresentaram coeficiente de regressão menor que um ($\beta_{1i} < 1$) e médias de produtividade abaixo da média geral, sendo classificadas como de baixa adaptação a ambientes desfavoráveis. Entretanto apenas a cultivar P98Y70 apresentou comportamento previsível ($\sigma^2_d = 0$). Por esta metodologia, o cultivar ideal não foi encontrado, ou seja, que apresenta produtividade média superior a média geral, coeficiente de regressão igual a unidade ($\beta_{1i} = 1$) e tão pequeno quanto possível o desvio da regressão ($\sigma^2_d = 0$).

O cultivares P99R01 e P98Y70 apresentaram quadrados médios dos desvios da regressão inferior ao quadrado médio do erro, haja vista que seus desvios foram negativos (σ^2_d negativo) e se destacaram apresentando alta consistência na estabilidade, entretanto os dois cultivares citados apresentaram produção média inferior a media geral. O primeiro adaptado a amplas condições ambientais ($\beta_{1i} = 0$) e o segundo a ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$).

Observou-se coeficientes de determinação (R^2) abaixo de 80% apenas para os cultivares M-8527 RR e M-9350 (tabela 3). Pelúzio et al. (2008) relatam que o coeficiente de determinação superior a 80% representa baixa dispersão dos dados, indicando alta confiabilidade no tipo de resposta ambiental determinado pelas regressões.

No método proposto por Lin & Binns (1988) que se baseia na estimativa do parâmetro P_i (Tabela 3), que mede o desvio da produtividade de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente, Carneiro (1998), propôs uma melhoria do método afim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos Cultivares em ambientes específicos: favoráveis e desfavoráveis. O cultivar ideal é aquele com média alta e menor valor de P_i , de modo que quanto menor o seu valor, maior será a adaptabilidade e estabilidade de comportamento do mesmo.

O cultivar M-9144RR apresentou a maior média de produtividade e menores valores de Pi geral seguida pela cultivar BR/EMGOPA, P98Y51 e M-8766RR sendo portanto indicadas para amplas condições ambientais. Este resultado concorda com o obtido pela metodologia de Eberhart & Russel. (Tabela3)

As cultivares M-9056RR, M-9144RR, BR/ENGOPA 314, M-8527RR e P98Y51 e apresentaram os menores valores de Pi em ambientes favoráveis, sendo portanto recomendados para estes ambientes. Observa-se que esses cultivares obtiveram classificação semelhante pela metodologia de Eberhart & Russel (1966) com exceção do cultivar M-9056RR que apesar de apresentar o menor Pi obteve produtividade inferior a média geral.

Para ambientes desfavoráveis, os cultivares M- 9144RR e M-9350RR apresentaram, nessa ordem, os menores valores de Pi. Destacando-se, portanto, para tais ambientes. Sendo que este último apresentou média inferior à média geral.

No método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade, é medida pela superioridade do cultivar em relação a média em cada ambiente(tabela 3). O método baseia-se na estimação de um índice de confiança (Wi) de um determinado cultivar mostrar comportamento relativamente superior. Utilizando-se este método, tem-se a vantagem de recomendar as cultivares considerando o risco de apresentarem desempenho abaixo de um dado padrão, como, por exemplo, a média geral. Quanto maior o índice de confiança de uma cultivar, menor será a sua probabilidade de insucesso. Avaliando-se as cultivares por esse método, destacaram-se: M-8527RR, M-9144RR, BR/EMGOPA, M-8766RR e P98Y91, que se apresentaram com 75% de probabilidade de, na pior das hipóteses, ficarem 8,5%; 5,64%; 3,25% e 2,95% e 2,91%, respectivamente, acima da média dos ambientes como os cinco de melhor adaptação a ampla condições ambientais considerando seus comportamentos em todos os ambientes.

Nos ambientes favoráveis destacaram-se os cultivares M-8527RR, M-9144RR e BR/EMGOPA 314, respectivamente com 8,99%; 3,25% e 2,44%, acima da média geral. Nos ambientes classificados como desfavoráveis, os seis melhores foram M-9350, M-8766RR, P98Y51, M-9144RR, M-8527RR e BR/EMGOPA-314, pois apresentaram índice de confiança (W_i) acima de 100%.

Esses resultados são similares aos descritos pelas metodologias Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998) e estão em consonância com aqueles resultados obtidos por Barros et al. (2010); Barros et al. (2008); Cargnelutti Filho et al. (2007) e Silva & Duarte (2006); quanto a similaridade na recomendação das cultivares para as metodologias de Annicchiarico (1992) e Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998).

O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método Centróide diferencia-se dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (Rocha *et al.* 2005).

Na tabela 3 são observadas as classificações dos genótipos associadas a um dos três grupos e a probabilidade, sendo, portanto, classificados os genótipos M-9144RR, BR/EMGOPA 314, P98Y51 e M-8766RR para amplas condições ambientais, com destaque para a cultivar M-9144RR que apresentou a maior probabilidade (40%).

Segundo Rocha et al. (2005), valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento e, quanto menor for a diferença entre um cultivar qualquer e o ideótipo I, menor será a diferença entre este e o cultivar de máximo desempenho em todos os ambientes, fazendo com que a adaptabilidade geral esteja

associada ao melhor desempenho. A Cultivar M-8527 foi classificada como adaptada especificamente a ambientes favoráveis (Grupo II). Já a cultivar M-9350 foi classificada como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Todas as outras cultivares foram classificadas como pouco adaptadas.

Tabela 3: Média da produtividade de óleo (PO), estimativa dos coeficientes de regressão (β_1), desvios da regressão (σ^2d) e coeficientes de determinação (R^2) pelo método de Eberhart e Russell (1966), parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, avaliados quanto a adaptação P_{is} (geral, favorável e desfavorável) com base na metodologia de Lin e Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), parâmetros de adaptabilidade e estabilidade baseado na metodologia de Annicchiarico (1992) e Classificação dos genótipos em um dos quatro grupos caracterizados pelos CENTRÓIDES e a probabilidade associada a sua classificação dos genótipos de soja no Estado do Tocantins, safras 2008/2009 e 2009/2010.

Genótipo	Média Kg/ha	Eberhart e Russell (1966)			Lin e Binns (1988)			Annicchiarico (1992) ^{1/}			Centróide ^{2/}			
		β_1	σ^2_{di}	R^2	Geral	Fav.	Desf.	Geral	Fav.	Desf.	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)
M-SOY9144RR	717,99	1,1334 ^{ns}	18775,68*	80,61	7697,78	9796,11	4550,28	105,64	103,25	108,86	I	0,4026	0,2203	0,2121
M-SOY8527RR	700,89	0,823 ^{ns}	12355,75*	75,53	14967,89	10985,40	20941,61	108,15	108,99	105,04	II	0,2892	0,3261	0,1878
BR/EMGOPA314	681,92	1,2375 ^{ns}	1330,35 ^{ns}	95,89	11084,86	10818,89	11483,81	103,09	102,44	102,94	I	0,3184	0,2860	0,2024
P98Y51	671,98	1,1342 ^{ns}	3545,68 ^{ns}	93,02	13634,87	13683,78	13561,49	102,91	99,23	109,29	I	0,2974	0,2892	0,2082
M-SOY8766RR	665,06	0,9886 ^{ns}	2548,80 ^{ns}	92,20	13673,51	14839,10	11925,13	102,95	98,17	111,48	I	0,2934	0,2726	0,2217
M-SOY9350	631,69	0,7517*	21657,33*	61,80	27245,38	38248,22	10741,12	96,45	84,56	117,18	III	0,2112	0,1955	0,3208
M-SOY9056	625,70	1,1214 ^{ns}	8823,08*	88,08	24926,35	9779,89	47646,03	91,71	104,55	77,06	II	0,2024	0,4084	0,1625
P98R91	597,23	1,3427*	6893,72*	92,64	32704,35	17813,02	55041,35	85,21	96,10	71,84	II	0,1956	0,3410	0,1821
P99R01	579,08	0,8646 ^{ns}	-3183,59 ^{ns}	99,65	29914,20	30586,05	28906,42	90,92	90,27	92,21	IV	0,1820	0,2205	0,2395
M-SOY8867RR	556,62	0,8983 ^{ns}	1377,96 ^{ns}	92,41	36315,51	32292,50	42350,02	83,92	89,71	77,55	IV	0,1631	0,2202	0,2086
P98Y70	552,21	0,7046*	-279,34 ^{ns}	92,00	37216,55	45287,27	25110,47	85,92	83,85	88,48	IV	0,1613	0,1796	0,2676
Média Geral	634,58													

* = significativamente diferente de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns = não-significativo ($P > 0,05$); 1/ Alfa = 0,25; $Z(1-\text{alfa}) = 0,25$. 2/ Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+).

Por este estudo comparativo entre as metodologias de Eberhart & Russel, (1966), Lin & Binns (1988) modificada por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide Rocha et al., (2005), permitiu-se separar os cultivares da seguinte forma: M-9144RR, adaptabilidade geral; M-9144RR e M-8527RR, adaptabilidade aos ambientes favoráveis e; M- 9144RR e M- 9350 e BR EMGOPA-314, adaptabilidade específica aos ambientes desfavoráveis. Barros et al. (2010) encontrou semelhança na recomendação de cultivares de soja no Estado do Mato Grosso para as metodologias de Annicchiarico (1992) e Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centróide (Rocha et al. (2005) corroborando com os resultados encontrados neste trabalho para as condições de adaptação geral.

Conclusões

1. Na metodologia proposta por Eberhart & Russell, as cultivares com maior média de produtividade de óleo, M-9144 e M-8725 foram classificados como pouco previsíveis ou instáveis;
2. Para este estudo, a cultivar M- 9144RR pode ser recomendado para amplas condições ambientais;
3. Pela facilidade de interpretação, e coerência entre si, é conveniente o uso combinado das metodologias de Lin & Binns, Annicchiarico ou Centróide com o método de Eberhart & Russel.

Referências Bibliográficas

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in northern Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; TEXEIRA, R.C.; FIDELIS, R.R.; CRUZ, C.D.; REIS, M.S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. *Revista Ceres, Viçosa*. v. 57, p. 359-366, 2010.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; REIS, M.S. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade genótipos de soja. *Scientia agrária* (UFPR). Curitiba. v. 9, p. 299-309, 2008.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E.B.; GUADAGNIN, J.P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, Campinas, v. 66, p.571-578, 2007.
- CARNEIRO, P. C. S. *Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento*. 1998. 168 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- CRUZ, C. D. et al. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4. ed. Viçosa: UFV, 2006. 390 p.
- CRUZ C. D. Programa Genes: *Aplicativo computacional em genética e estatística*. Versão Windows, Viçosa, UFV. 2007.
- CRUZ, A.J.G.; PAN, T.; GIORDANO, R.C.; ARAUJO, M.L.G.C.; HOKKA, C.O. Cephalosporin production by immobilized Cephalosporium Acremonium cells in a repeated batch tower bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering*. January 2004, v.85, n. 1, p.96-102.

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

FAPRI. *World Agricultural Outlook. Center for Agricultural and Rural Development. Iowa State University*. Disponível em: [http:// <www.fapri.iastate.edu>](http://www.fapri.iastate.edu) Acesso em: 10 abr. 2010.

FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding program. *Australian Journal of Agriculture Research*, v.6 n.4, p. 742-754, 1963.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. IAL São Paulo. São Paulo: IAL v.1. ed IV.; 317 p. 2005.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

MAREGA FILHO, M.; DESTRO, D.; MIRANDA, L.A.; SPINOSA, W.A.; CARRÃO PANIZZI, M.C.; MONTALVÁN, R. Relationships among oil content, protein content and seed size in soybeans. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 44, n.1, p. 23 - 33, 2001.

MURAKAMI, D.M.; CARDOSO, A.A.; CRUZ, C.D.; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. *Ciência Rural*, Santa Maria. v.34, p.71-78, 2004.

WILCOX, J.R.; SHIBLES, R.M. Interrelationships among seed quality attributes in soybean. *Crop Science*, Madison, v. 41, n.1, p.11-14, 2001.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; GIONGO, P.R.; CARDOSO, J.; CAPELLAR, D.; BARROS, H.B. Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. *Scientia Agraria (UFPR)*, v.9, p.455-462, 2008.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R. R.; BARROS, H.B.; CAPELLAR, D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em Gurupi, TO. *Revista Ceres*, Viçosa v. 55, p. 34-40, 2008.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E. de; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 14, n.1, p. 31 - 41, 2005.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de Eucalyptus grandis. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.15, n.3, p.255-266, 2005.

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

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

PÍPOLO, A.E. *Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)*. (Tese) Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. 128 p.

Correlação entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de soja para produtividade de óleo no estado do Tocantins

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar os parâmetros de 04 metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade em relação à produtividade de óleo, em cinco ensaios de competição de onze cultivares de soja, instalados em blocos casualizados nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010 nos municípios de Gurupi e Palmas – TO, onde cada ensaio constituiu um ambiente. Para a análise de correlação foi utilizada a de correlação de Spearman, através do software computacional Biostat. Foram evidenciadas correlações significativas entre as metodologias de Eberhart e Russell, Lin e Binns modificado por Carneiro, Annicchiarico e Centróide. As associações de maior magnitude ocorreram entre estes três últimos métodos. A utilização dos métodos de Eberhart e Russel deve preferencialmente ser utilizada simultaneamente com um dos outros três métodos, haja vista que estes apresentam correlações significativas e de maior magnitude entre seus parâmetros.

Palavras chave: Glycine max, , métodos de adaptabilidade e estabilidade, correlatção.

Correlation between parameters of adaptability and stability in cultivars of soybeans for oil yield in state off Tocantins

Abstract

The objective of this study was to compare the parameters of 04 methods of analysis of adaptability and stability with respect to oil yield in five trials of eleven soybean cultivars, installed in a randomized block design in the years 2008/2009 and 2009/2010 in municipalities Gurupi and Palmas - TO, where each test was an environment. For the correlation analysis was used Spearman correlation, through the computer software Biostat. Significant associations were found between the methodologies, Eberhart and Russell, Lin and Binns modified by Carneiro, Annicchiarico and Centroid. The associations of greater magnitude occurred between these last three methods.. The use of the Eberhart and Russel simultaneously should preferably be used with one of the other three methods, given the fact that these correlations have significant and most important among its parameters.

Key words: Glycine max, methods, stability and adaptability, correlation

Introdução

A expressão da produtividade é função dos componentes genético e ambiental e da interação entre ambos. Por causa da variação ambiental e da interação que os cultivares apresentam nos vários ambientes, torna-se difícil a seleção e a avaliação do potencial produtivo dos cultivares. (Maia et al. 2006).

A interação cultivares x ambientes (C x A) quantifica o comportamento diferenciado dos genótipos diante das variações ambientais (Cruz & Carneiro 2003). Assim, o comportamento relativo dos cultivares depende, fundamentalmente, das condições ambientais a que estão submetidos.

Existem vários métodos para estudar a interação cultivar x ambiente e, dentre esses, podem ser utilizadas a avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos, que são complementares à análise de variância individual e conjunta dos dados experimentais resultantes de ensaios realizados em uma série de ambientes. Esses métodos devem ser empregados quando ocorre interação C x A (Cruz & Carneiro 2003).

Esses métodos podem ser dispostos em classes, o método atualmente mais difundido entre os melhoristas para análise da adaptabilidade e estabilidade é baseado em equações de regressão linear em que a variável dependente, geralmente a produtividade é expressa em função de um índice ambiental que mede a qualidade dos ambientes avaliados (Cruz & Carneiro 2003). Nesta classe está o método proposto por Eberhart e Russel (1966).

Os métodos embasados em análises de variância informam sobre a estabilidade dos genótipos. As estimativas do parâmetro de estabilidade são expressas em componentes quadráticos (quadrados médios ou componentes de variância) que, em certos casos, podem ser de baixa precisão (Cruz 2001). Entretanto, esses métodos proporcionam resultados de fácil interpretação e são vantajosos por serem aplicáveis mesmo quando o número de

ambientes forem relativamente reduzidos. Dentre essas metodologias, a mais utilizada é o método proposto por Annicchiarico (1992).

O método proposto por Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) enquadra-se na classe de análise com base em estatísticas não paramétricas.

Metodologias baseadas em análise de componentes principais, embora rotineiramente utilizadas em programas de melhoramento em estudos de diversidade genética, são pouco utilizadas em estudos da interação C x A (Rocha *et al.* 2005). O método Centróide, segundo Rocha *et al.* (2005), baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos criados entre quatro referências ideais (ideótipos), com base nos dados experimentais para representar os cultivares de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

Comparações entre metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade têm sido realizadas em trabalhos conduzidos por Cargnelutti *et al.* (2009), Pelúzio *et al.* (2008), Cargnelutti *et al.* (2007), Silva & Duarte (2006), Murakami *et al.* (2004), Rosse *et al.* (2000). A comparação entre diversas metodologias aplicadas em análise de interação C X A tem por objetivo de verificar a similaridade ou divergência quanto ao ordenamento dos genótipos com os ambientes. Pode-se utilizar a correlação de Spearman para comparação dos parâmetros de avaliação de cada método (Silva & Duarte 2006). A correlação de Spearman é uma estatística baseada em postos e foi introduzida por Spearman em 1904 e exige apenas que as variáveis X e Y sejam medidas pelo menos em escala ordinal. (Steel & Torrie, 1980).

Assim, o objetivo deste trabalho foi de correlacionar os parâmetros de quatro métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade, para a produtividade de óleo, em ensaios de competição de soja no centro sul do estado do Tocantins.

Material e Métodos

Foram instalados ensaios de competição, nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010, sendo três conduzidos em Palmas (Campus da Universidade Federal do Tocantins que tem Altitude 220m, Latitude 10°12' S, Longitude 48°21'W); e dois em Gurupi (Campus da Universidade Federal do Tocantins que tem altitude de 280 m, Latitude 11 43'S, Longitude 49 04'W). Cada ensaio representou um ambiente, sendo estes: Palmas I (30/11/2008), Palmas II (16/12/2008), Palmas III (04/12/2009), Gurupi I (03/12/2008) e Gurupi II (05/01/2009).

A adubação foi realizada segundo as exigências da cultura, após prévia análise química do solo, que apresentou os seguintes resultados: Palmas: pH 4,9; K 35,2 mg.dm⁻³; P 6,0 mg.dm⁻³; M.O. 0,6%; CTC 4,7 e SB 33,3%. Gurupi: pH 5,1; K 93 mg.dm⁻³; P 5,3 mg.dm⁻³; M.O. 0,6%; CTC 5,44 e SB 59,56%.

. Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições e onze cultivares. Os tratamentos constaram de onze cultivares de soja (P98Y51, P98Y70, P99R01, P98R91, M- 9056RR, M-9144RR, M-8766RR, M- 8867RR, M- 8527RR, M- 9350 e BR/EMGOPA 314.).

A unidade experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 0,45m entre fileiras, sendo a área útil da parcela representada pelas duas fileiras centrais, eliminando-se 0,50 m da extremidade de cada fileira.

A densidade de semeadura foi realizada com o intuito de se obter 14 plantas por metro linear. Por ocasião do plantio, em cada ensaio, as sementes foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*.

Foram realizadas as operações de aração, gradagem e sulcamento. O plantio das sementes e a adubação no sulco foram realizados manualmente. Todos os ensaios receberam no sulco de plantio 400 kg da formulação 04-20-20 e 55 kg ha⁻¹ de K₂O (92 kg

de Cloreto de Potássio por hectare) em Palmas, e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (50 kg de Cloreto de Potássio por hectare), em Gurupi, parceladas em duas vezes aos 15 e 30 dias após o plantio.

As plantas, de cada parcela experimental, foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras, ou seja, no estágio R₈ da escala de Fehr et al. (1971).

O caráter produtividade de óleo foi estimado por meio da fórmula $PO = (PG \times OL) / 100$, em que PO é a produtividade de óleo em kg ha⁻¹, PG é a produtividade de grãos em kg ha⁻¹ e OL é a porcentagem de óleo. Esta última foi obtida por meio do método SOXLET, segundo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Foi realizada análise de variância individual e, posteriormente, a análise conjunta dos ensaios, em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (Cruz & Regazzi 2006). No modelo estatístico, para a análise conjunta, considerou-se fixo o efeito da cultivar e os demais aleatórios.

As análises de adaptabilidade e/ou estabilidade foram realizadas pelos métodos baseados em regressão linear: Eberhart e Russel e Russel (1966) (ER); em estatísticas não paramétricas: Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) (LB); em análise de variância: Annicchiarico (1992) (AN); e em componentes principais: Centróide (Rocha et al. 2005) (CT).

Foram obtidos, desta forma, os parâmetros de adaptabilidade e/ou estabilidade para recomendação de cultivares nas classes de ambiente geral, desfavorável e favorável para os métodos: ER - coeficiente de regressão (ER_{bi}) como parâmetro de adaptabilidade; desvio da regressão (ERσ) e o coeficiente de determinação (ERr²) como medida de estabilidade. AN - parâmetros de estabilidade, medidos pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente, obtendo-se um índice de indicação de cultivares em

ambientes gerais (ANW_{ig}); grupo de ambientes desfavoráveis (ANW_{id}) e grupo de ambientes favoráveis (ANW_{if}). LB - estimativas dos parâmetros de estabilidade para indicação de cultivares em ambientes gerais (LBP_{ig}); grupo de ambientes desfavoráveis (LBP_{id}) e grupo de ambientes favoráveis (LBP_{if}). CT - estimativas dos parâmetros de estabilidade para indicação de cultivares em ambientes gerais (CTI); grupo de ambientes favoráveis (CTII) e grupo de ambientes desfavoráveis (CTIII).

Com o propósito de verificar a intensidade da associação entre os parâmetros de adaptabilidade e/ou estabilidade, utilizou-se os coeficientes de correlação de Spearman (Steel & Torrie 1980) nos métodos descritos acima, entre os 78 pares de estimativas (combinação das 13 estimativas). As análises de adaptabilidade e/ou estabilidade foram realizadas com o uso do programa computacional GENES (Cruz 2009) e as análises de correlações através do software Biostat.

Resultados e Discussão

A razão entre o maior e o menor quadrado médio do erro dos ensaios, oscilou entre 5318,74 e 23451,33 revelando variâncias residuais homogêneas, viabilizando a análise conjunta. Gomes (1990) e Cruz & Regazzi (2006) consideram as variâncias residuais homogêneas e a análise conjunta adequada quando a relação $QMr+/QMr-$ é menor que sete (Tabela 1).

A análise de variância conjunta para produtividade de óleo revelou significância para a interação cultivar x ambiente, indicando um comportamento diferencial das cultivares nos ambientes, justificando a realização de análises de adaptabilidade e estabilidade (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de óleo (Kg ha^{-1}), de cultivares de soja e relação entre o maior e o menor quadrado médio do erro entre os ensaios ($\text{QMR}^+/\text{QMR}^-$), no Estado do Tocantins, Safra 2008/2009 e 2009/2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio
Bloco/Ambientes	10	13912,83
Ambientes	4	190334,23
Genótipos	10	35564,11
Interação Ax C	40	31949,45 [*]
Erro Médio	100	10112,04
CV (%)	15,84	
Média	634,58	
$\text{QMR}^+/\text{QMR}^-$	4,40	

^{ns}; ^{*} = não significativo e significativo, respectivamente, a 5% de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 2 são apresentados os dados referentes às correlações de Spearman entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Os coeficientes de correlação de Spearman (r_s), oriundos das classificações dos cultivares para os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade nos métodos estudados, variaram de -0,97 a 0,94 revelando níveis distintos de concordância na ordem de classificação dos cultivares.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Spearman, para as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos por quatro métodos, quanto à produtividade de óleo, em cinco ambientes para cultivo de soja na região centro-sul do Tocantins.

Parâmetro	MED	ERbi	ER σ	ERR ²	LBP _{ig}	LBP _{if}	LBP _{id}	ANW _{ig}	ANW _{if}	ANW _{id}	CTI	CTII	CTIII
MED	-	0,55	0,55	-0,26	-0,92*	-0,71*	-0,68*	0,93*	0,76*	0,57	0,94*	0,32	-0,23
ERbi	-	-	0,05	0,48	-0,49	-0,59*	0,07	0,01	0,44	-0,21	0,47	0,63*	-0,57
ER σ	-	-	-	-0,78*	-0,35	-0,34	-0,32	0,42	0,40	0,34	0,42	0,22	-0,21
ERR ²	-	-	-	-	0,03	0,04	0,30	-0,31	-0,14	-0,30	-0,11	0,14	-0,07
LBP _{ig}	-	-	-	-	-	0,77*	0,69*	-0,86*	-0,71*	-0,56*	-0,97*	-0,29	0,16
LBP _{if}	-	-	-	-	-	-	0,15	-0,62*	-0,94*	0,009	-0,69*	-0,69*	0,65*
LBP _{id}	-	-	-	-	-	-	-	-0,72	-0,11	-0,86*	-0,75*	0,41	-0,51
ANW _{ig}	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70*	0,64*	0,82*	0,19	-0,06
ANW _{if}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,64*	0,74*	-0,70*
ANW _{id}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62*	-0,35	0,53
CTI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-0,09
CTII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,91*

MED, ERb, ER σ e ERR²: adaptabilidade e estabilidade do método de EBERHART & RUSSELL (1966); LBP_{ig}, LBP_{if} e LBP_{id} estabilidade em ambientes gerais, grupo de ambientes favoráveis e grupo de ambientes desfavoráveis, respectivamente, conforme método de LIN & BINNS (1988) modificado por CARNEIRO (1998); ANW_{ig}, ANW_{if} e ANW_{id}: estabilidade em ambientes gerais, grupo de ambientes desfavoráveis e grupo de ambientes favoráveis, respectivamente, conforme metodologia proposta por ANNICCHIARICO (1992); CT I, CT II e CT III adaptabilidade geral, adaptabilidade específica a ambientes favoráveis e Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, respectivamente, pelo método Centróide;).* = significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

Os resultados das estimativas dos coeficientes de correlação de Spearman para os parâmetros de estabilidade de adaptabilidade para cada par de parâmetros mostraram que 41% das correlações estimadas apresentaram significância a 5% de probabilidade pelo teste t, evidenciando um grau intermediário de associação no conjunto dos parâmetros considerados, resultados semelhantes foram encontrados por Silva & Duarte (2006).

Além da significância das correlações analisadas através do teste t, estas também podem ser analisadas com base em seus intervalos, que segundo Rodrigues (2010) são classificadas de em nula (0,0 a 0,2); fracas (0,21 a 0,4); substanciais (0,41 a 0,7); fortes (0,71 a 0,9) e correlações extremamente fortes (0,91 a 1,0)

As estimativas do parâmetro de adaptabilidade (ER_{bi}) pelo método de Eberhart & Russel evidenciaram associação positiva de intermediária magnitude com a média, ($r_s=0,55^{ns}$) o que mostra que existe uma tendência de as cultivares mais produtivas apresentarem melhor adaptabilidade e estabilidade e vice-versa. Assim, por esta metodologia pode-se inferir que os genótipos com as maiores médias apresentam desempenho em ambientes favoráveis.

Rocha et al. (2006), estudando estes mesmos parâmetros em linhagens de soja de ciclo precoce, semiprecoce e intermediário encontrou valores próximos a estes, ($r = 0,22$; $0,31$ e $0,66$ respectivamente. As estimativas foram e significativas para as linhagens de ciclo intermediário. Ainda segundo Rocha et al. (2006), essa tendência positiva de associação entre a MED e o ER_{bi} era esperada, uma vez que o ER_{bi} eleva-se à medida que a cultivar possui valores médios de produtividades maiores na maioria dos ambientes.

O parâmetro de estabilidade (ER σ) do método de EB apresentou correlação significativa apenas com ERR², sendo esta negativa e de alta magnitude ($r_s=-0,78$). Este resultado justifica-se uma vez que menores desvios da regressão (ER σ) estão associados a cultivares de maior estabilidade, portanto a maiores valores de Em relação aos outros

métodos o estimador da adaptabilidade do método ERbi, no geral só apresentou associações significativas com os estimadores LBP_{if}, (EBbi x LBP_{if}=-0,59) e com CTII (EBbi x CTII=0,63). Tal valor concorda com os obtidos por Pelúzio et al. (2008) que obteve correlação significativa entre CTII x ERbi, para ERbi > 1. Já os estimadores de estabilidade ERσ e ERr², não apresentaram associações significativas com nenhum dos parâmetros dos outros três métodos em análise. Infere-se disto que para que o método de ERbi deve ser utilizado em associação com pelo menos um dos outros três métodos em estudo para uma melhor análise da estabilidade.

Ainda sobre o parâmetro (ERbi) , quando comparado com as estimativas dos demais métodos, apresentaram correlação significativa com os parâmetros de estabilidade de grupo de ambientes favoráveis das metodologias de Lin & Binns (1988), (ERbi x LBP_{if} = -0,59), Annicchiarico (1992), (ERbi, x ANWi_f = 0,84) e Centróide (Rocha et al. 2005), (ERbi, x CTII = 0,75).

Verifica-se, portanto, por esses resultados, que as cultivares mais indicadas pelo método proposto por Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005) (maiores escores em ambas as metodologias) e Lin & Binns (1988) (menores escores) apresentam maiores rendimentos e estão fortemente associadas aos maiores valores de coeficiente de regressão (ERbi), ou seja, cultivares adaptadas aos ambientes favoráveis.

Cargnelutti et al. (2007) também encontraram associação significativa entre (ERbi x ANWi_f) = 0,62 e (ERbi x LBP_{if}) = -0,72. Já a associação entre, (ERbi x ANWi_f)=0,44, mostrou-se positiva e de média magnitude; negativa e baixa magnitude entre (ERbi x ANWi_d)=-0,21, o que significa na prática que cultivares com alto (EBbi) são também os mais recomendados para ambientes favoráveis nos métodos de Lin & Binns, Annicchiarico e Centróide. Silva & Duarte (2006) e Pereira (2009), também encontraram correlações próximas destes valores.

O coeficiente de correlação de Spearman (r_s) foi positivo e de alta magnitude entre a MED e as estimativas de estabilidade do método de (AN) para os ambientes gerais (ANW_{ig}), desfavoráveis (ANW_{id}), favoráveis (ANW_{if}), ($MED \times ANW_{ig} = 0,93$; $MED \times ANW_{if} = 0,76^*$ e $MED \times ANW_{id} = 0,57^{n.s.}$), para a estimativa de estabilidade do método de Centróide (CT) ($MED \times CTI = 0,94$), e negativo, e de alta magnitude ($r_s \leq -0,68$) com as estimativas de estabilidade do método (LB) para os ambientes gerais (LBP_{ig}), desfavoráveis (LBP_{id}) e favoráveis (LBP_{if}).

Assim, as cultivares mais indicadas por AN (maiores escores) e por LB (menores escores) são as mais produtivas, indicando que a recomendação por essas metodologias para ambientes favoráveis também estão associados a média elevada. Correlação negativa entre MED e os parâmetros de (LB) e positiva entre MED e (AN) já eram esperadas, pois a primeira metodologia associa mérito ao indivíduo que apresentar o menor desvio em relação à média geral e a segunda metodologia recomenda a cultivar, considerando-se o risco de esta apresentar desempenho abaixo de um padrão estabelecido a partir da média geral, sendo a probabilidade de insucesso tanto menor quanto maior for o índice de confiança. Estes resultados se assemelham aos encontrados por, Cargnelutti Filho et al. (2009), Silva Filho et al. (2008), Cargnelutti Filho et al. (2007), Mora et al. (2007), Silva & Duarte (2006), Machado et al. (2003).

Correlações negativas e de alta magnitude foram observadas entre as estatísticas ANW_{ig} , ANW_{if} e ANW_{id} com as LBP_{ig} , LBP_{id} e LBP_{if} , respectivamente. A similaridade entre as metodologias de (LB) e (AN) era esperada, uma vez que ambas têm por finalidade medir a superioridade dos genótipos levando em consideração a média. Resultados semelhantes foram constatados por Scapim (2010), Condé et al. (2010) Cargnelutti Filho et al. (2009), Cargnelutti Filho et al. (2007), e Silva & Duarte (2006). Portanto, o uso desses métodos resulta em informações redundantes.

As estimativas de adaptabilidade e estabilidade do método proposto pelo método (CT) para ambientes gerais (CTI), Favoráveis (CTII) e desfavoráveis (CTIII), apresentaram correlações significativas, negativas e de alta magnitude com as estimativas de estabilidade do Método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), para ambientes gerais ($CTI \times LBP_{ig}$)=-0,97; para ambientes favoráveis ($CTII \times LBP_{if}$)=-0,69; já para ambientes desfavoráveis apesar da correlação não ser significativa entre ($CTIII \times LBP_{id}$)=-0,51, manteve-se a mesma tendência verificada nos ambientes gerais e favoráveis.

Para o método proposto por (AN), os parâmetros ANW_{ig} , ANW_{if} e ANW_{id} , mantiveram correlações significativas e positivas respectivamente com (CTI) ($CTI \times ANW_{ig}$)=0,82; ($CTII \times ANW_{if}$)=0,74 e ($CTIII \times ANW_{id}$)=0,53. Esses resultados apresentam concordância entre os métodos, quanto à similaridade de comportamento das cultivares nos ambientes estudados, portanto cultivares mais indicados (maiores escores) pelo método de (AN) e (CT) seriam os mais indicados (menores escores) pelo método de (LB). Carneiro (1998), menciona que a vantagem de utilizar a metodologia (LB) é representada pela unicidade do parâmetro (P_i) para estimar a adaptabilidade e estabilidade de comportamento, bem como a simplicidade na interpretação dos resultados.

A correlação entre ($LBG \times ER_{bi}$)= -0,49 representa que a média geral tende a refletir a adaptabilidade e a estabilidade. Segundo Carvalho (2001), a possibilidade da utilização da média em substituição ao parâmetro P_i , simplifica ainda mais este tipo de análise. Cargnelluti (2007) e Carvalho (1999), também encontraram correlação negativa entre ($ER_{bi} \times LBG$) ao avaliar híbridos de cacaueteiro em Rondônia e cultivares de milho no Rio Grande Sul respectivamente.

Trabalhos de Cargnelutti Filho et al. (2009), Cargnelutti Filho et al. (2007), Mora et al. (2007), Silva & Duarte (2006) e Machado et al. (2003), encontraram correlação

negativa e de alta magnitude para os parâmetros de estabilidade de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Annicchiarico (1992), contudo, neste trabalho pode-se observar que as correlações continuaram negativas para a maioria dos parâmetros avaliados diferindo na intensidade ($LB_g \times Ang$) = -0,94; ($LB_g \times AN_d$) = -0,78; ($LB_f \times AN_f$) = -0,99; ($LB_d \times Ang$) = -0,88 e ($LB_d \times AN_d$) = -0,99). Observa-se ainda que as correlações não foram significativas para os demais parâmetros de LB e AN. A semelhança entre os métodos LB e AN foi relatada por Pereira et al. (2009), Silva Filho et al. (2008), Silva & Duarte (2006), Borges et al. (2000), e que atribuíram a semelhança ao fato de que esses métodos avaliam a superioridade dos genótipos, tomando-se como referência os melhores genótipos em cada ambiente.

Houve correlação negativa e de alta magnitude no parâmetro de ($LB_g \times CTI$) = -0,97*, ($LB_f \times CT\ II$) = -0,69 e ($LB_d \times CT\ III$) = -0,51; e positiva para ($LB_d \times CT\ II$) = 0,67.. Infere-se dos resultados acima expostos que, de maneira geral, os métodos de Linn & Binns, Annicchiarico e Centróide indicam cultivares com maior produtividade e responsivas as melhorias das condições ambientais. Por outro lado o método de Eberhart & Russel deve ser o mais indicado, pois considera a média, a adaptabilidade e a estabilidade de cada cultivar, sendo este mais informativo que os métodos baseadas em anova e estatísticas não paramétricas, os quais apresentam apenas um parâmetro para análise da adaptabilidade e estabilidade.

Conclusões

Pelo método de Eberhart & Russel, os genótipos com as maiores médias, apresentam desempenho em ambientes favoráveis e baixa previsibilidade de comportamento.

O método de Eberhart e Russel deve ser preferencialmente utilizado, por apresentar medidas de adaptabilidade e estabilidade de comportamento.

Houve semelhança entre as metodologias de adaptabilidade e estabilidade de Annicchiarico e Linn & Binns, Centróide, podendo desta forma apenas um dos mesmos ser utilizados em conjunto com a metodologia de Eberhart e Russel.

Referências Bibliográficas

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, v.4, p.269-278, 1992.

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 comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, Viçosa, v.47, p.89-102, 2000.

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. *Bragantia*, Piracicaba, v.66, p.571-578, 2007.

CRUZ, C. D. *Programa GENES* - aplicativo computacional em genética e estatística, Viçosa, MG: UFV, 2009.

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

CRUZ, C. D. ; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2006. 390 p

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

FEHR, W. R., CAVINESS, R. E., BURMOOD, D. T., PENNINETON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* L. Merrill. *Crop Science* v.11, n.6, p. 929-931. 1971.

- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agriculture Research*, v.14, p.742-754, 1963.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 13. Ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1990. 467p.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A. Superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.
- MACHADO, J.R.A.; PENNA, J.C.V.; FALLIERI, J.; SANTOS, P.G.; LANZA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de algodoeiro para características tecnológicas de fibra. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, v.7, p.673-683, 2003.
- MURAKAMI, D.M.; CRUZ, C.D. Proposal of methodologies for environment stratification and analysis of genotype adaptability. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 04, p. 7-11, 2004.
- SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B., Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.41, n.1, p.23-30, jan. 2006.
- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SIVLA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- MORA, F.; PUPIM-JUNIOR, O.; SCAPIM, C.A. *Prediction of cultivar effects on cotton yield in the presence of genotype environment interaction*. *Ciencia e Investigación Agrária*, Santiago, v.34, p.7-16, 2007.

PELÚZIO, J. M et al.; Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.9, n.4, p.455-462, 2008.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics: with reference to the biological sciences. *McGraw-Hill Book Company*, Inc. New York, 1980. 633 p.

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

PINTO Jr, J.E.; STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V.; RONZELLI Jr, P.R. Avaliação simultânea de produtividade, adaptabilidade e estabilidade genotípica de *Eucalyptus grandis* em distintos ambientes do Estado de São Paulo. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 53, p. 79-108, 2006.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.1, p.99-107, 2000.

SILVA FILHO, J.L. da; MORELLO, C. de L.; FARIAS F.J.C.; LAMAS, F.M.; PEDROSA, M.B.; RIBEIRO, J.L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, p.349-355, 2008.

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

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L. F.; PÍPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, jan./mar. 2005.