

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

HELAINÉ CLAIRE FERREIRA DE ALMEIDA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE CULTIVARES DE SOJA
EM CHAPADÃO DO SUL**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

HELAINÉ CLAIRE FERREIRA DE ALMEIDA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE CULTIVARES DE SOJA
EM CHAPADÃO DO SUL**

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo Teodoro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2019



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Campus de Chapadão do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Helaine Claire Ferreira de Almeida

ORIENTADOR (A): Prof. (a) Dr. (a) Paulo Eduardo Teodoro

**Adaptabilidade e estabilidade produtiva de cultivares de soja em
Chapadão do Sul**

Prof.(a) Dr.(a) Paulo Eduardo Teodoro

Prof.(a). Dr.(a). Jorge González Aguilera

Prof.(a). Dr.(a). Larissa Pereira Ribeiro

Chapadão do Sul, 20 de fevereiro de 2019.

Aos meus pais Gonçalo e Chirley (in memoriam)

As minhas irmãs Valéria e Louise

Ao meu marido Diego

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos se estendem a todos que de alguma forma contribuíram com meu amadurecimento profissional, permitindo-me chegar no momento presente.

Primeiramente a Deus e ao mundo espiritual, por me acompanhar em todos os momentos da minha vida, fortificando meu interior e a minha fé, na superação dos obstáculos diários, tornando-me um ser humano melhor.

Aos meus pais, Gonçalo Hildefonso e Chirley Ferreira Lima de Almeida, que contribuíram na construção do meu caráter, sendo exemplos de vida, não medindo esforços para minha formação.

Em especial a memória da minha mãe, uma grande mulher, que me incentivou a sempre correr atrás dos meus sonhos e a ser digna deles, não me deixando abalar pelas dificuldades da vida. Ao meu pai por sempre acreditar em mim, pelo incentivo ao trabalho, por sua presença e amor.

As minhas irmãs Louise Hellen e Valéria Cristina, pelo apoio, amizade e carinho.

Ao meu marido Diego Machado, pelo seu amor, incentivo e paciência. Por todas abdições feitas ao longo do caminho para contribuir com a minha jornada profissional e com a construção da nossa família.

Ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Eduardo Teodoro pelo profissionalismo e exemplo no exercício de suas funções, amizade e paciência a mim dedicados, sempre pronto a transmitir seus conhecimentos.

Ao Professor Dr. Nerison Poersch pelo acompanhamento e orientação durante o mestrado.

Aos professores, mestres e doutores que me acompanharam por cinco anos no Centro de Genômica e Fitomelhoramento, sendo o alicerce do meu conhecimento científico, abrindo as portas da pesquisa para mim, aprimorando meus conhecimentos em melhoramento genético vegetal.

Ao aluno de graduação Abel Pereira, que contribuiu com a execução dos experimentos durante seu período de estágio.

A Universidade Federal de Pelotas, a todos os professores da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela minha formação.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, aos professores da pós-graduação e aos funcionários da instituição, pela oportunidade de contribuir com a pesquisa, através do programa de pós-graduação.

"Somos o que fazemos. Nos dias em que fazemos, realmente existimos; nos outros, apenas duramos."

Padre Antônio Vieira

RESUMO

ALMEIDA, Helaine Claire Ferreira. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. **Adaptabilidade e estabilidade produtiva de cultivares de soja em Chapadão do Sul** Professor Orientador: Paulo Eduardo Teodoro.

A caracterização do potencial produtivo da soja aliada à sua capacidade de adaptação e ao seu comportamento estável é fundamental na busca por altos rendimentos. A produtividade de grãos, sendo um caráter quantitativo, é altamente influenciada pelo ambiente. Dessa forma, a escolha da época de semeadura adequada em função das diferentes regiões em que a soja é cultivada permite minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes (GxE) e auxilia em uma recomendação confiável, com base no seu comportamento fenotípico. Essa pesquisa teve como objetivo investigar a interação GxE em cultivares de soja semeadas em diferentes épocas e utilizar métodos de adaptabilidade e estabilidade para inferir sua recomendação. Foram avaliados 10 cultivares de soja, nas safras 2016/17 e 2017/18 em diferentes épocas de semeadura, cada época de semeadura constituiu um ambiente, sendo classificados de 1 à 5. Cada experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Após verificar interação GxE significativa para a produtividade de grãos, foram empregadas as metodologias de Eberhart & Russel (1966) e Lin & Binns (1988) para recomendação dos cultivares para ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis. Os cultivares CD 2728, BÔNUS e BRS 1074 reúnem alta produtividade e estabilidade, sendo os mais indicados para região de Chapadão do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, Eberhart & Russell, Lin & Binns.

ABSTRACT

ALMEIDA, Helaine Claire Ferreira. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Adaptability and productive stability of soybean cultivars in Chapadão do Sul

Author: Helaine Almeida.

Adviser: Paulo Teodoro.

The characterization of the productive potential of soybean combined with its adaptability and its stable behavior is fundamental in the search for high yields. The grain yield being a quantitative character is highly influenced by the environment, therefore, the choice of the appropriate sowing season in function of the different regions in which the soybean is cultivated allows to minimize the effects of the genotypes x environments interaction (GxE) and assists in a reliable recommendation, based on their phenotypic behavior. This research aimed to investigate the GxE interaction in soybean cultivars sown at different times and to use methods of adaptability and stability to infer its recommendation. Ten soybean cultivars were evaluated in the 2016/17 and 2017/18 crop seasons at different sowing times, each sowing season constituted one environment, being classified from 1 to 5. After verifying significant GxE interaction for grain yield, the methodologies of Eberhart & Russel (1966) and Lin & Binns (1988) were used to recommend cultivars for general, favorable and unfavorable environments. The cultivars CD 2728, BONUS and BRS 1074 combine high grain yield and stability, being the most indicated for the region of Chapadão do Sul.

KEY-WORDS: *Glycine max*, Eberhart & Russell, Lin & Binns.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		PÁGINA
1	Figura 1. Dados climatológicos de precipitação, temperatura durante os meses de novembro a fevereiro na safra 2016/17, para o município de Chapadão do Sul - MS.....	30
2	Figura 2. Dados climatológicos de precipitação, temperatura durante os meses de novembro a fevereiro na safra 2017/18, para o município de Chapadão do Sul - MS.....	30
3	Figura 3. Comportamento de genótipos de soja em relação ao caráter produtividade em diferentes épocas de semeadura na região de Chapadão do Sul. Os ambientes 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem às semeaduras realizadas em 20/11, 03/12 na safra 2016/17 e 03/11, 18/11 e 8/12 na safra 2017/18, respectivamente.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
A		A
1	Lista de cultivares com suas características de hábito de crescimento, grupo de maturação e ciclo, utilizados em Chapadão do Sul-MS.....	31
2	Análise de variância para produtividade de 10 cultivares de soja cultivadas em cinco épocas de semeadura nas safras 2016/17 e 2017/18 em Chapadão do Sul.....	35
3	Média de produtividade de grãos de 10 genótipos de soja (kg ha^{-1}), coeficientes de regressão β_1 desvios de regressão σ^2_{di} e coeficiente de determinação (R^2) obtidos pelo método de Eberhart e Russel (1966).....	38
4	Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de 10 genótipos de soja, nas safras 2016/17 e 2017/18 pelos métodos de Lin & Binns (1988) com decomposição de P_i (parâmetro geral) em ambientes favoráveis (P_{if}) e desfavoráveis (P_{id}) (Lin & Binns).....	39
..		

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Histórico da soja no Brasil	2
2.2 Soja no Mato Grosso do Sul	5
2.3 Classificação botânica da soja	6
2.4 Morfologia da soja	7
2.5 Ecofisiologia da soja.....	7
2.6 Melhoramento genético da soja	10
2.7 Interação genótipos x ambientes.....	11
2.8 Estabilidade e adaptabilidade.....	12
2.9 Método Eberhart & Russell (1966)	14
2.10 Método Lin & Binns (1988)	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO 2 - ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE PRODUTIVA DE CULTIVARES DE SOJA EM CHAPADÃO DO SUL.	25
RESUMO.....	26
ABSTRACT	27
1. INTRODUÇÃO	28
2. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1. Descrição do local do experimento	29
2.2 Procedimentos experimentais	31
2.3 Material genético e ambientes de produção.....	31
2.4 Caracteres mensurados e análises estatísticas	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4. CONCLUSÃO.....	40
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

CAPÍTULO 1
Revisão de Literatura

1. INTRODUÇÃO

A produção global da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na safra 2018/2019 está estimada em 369,2 milhões de toneladas, representando volume recorde para o período, superando em 3 milhões de toneladas da safra anterior. Destacam-se como os principais produtores os Estados Unidos da América (125,19 milhões de toneladas de grãos), Brasil (122 milhões de toneladas de grãos) e a Argentina (55,5 milhões de toneladas de grãos). O consumo global de grãos totaliza 351,2 milhões de toneladas para safra 2018/19. Esse volume supera em 4,6% a demanda registrada na safra 2017/18 (USDA, 2019).

No Brasil, segundo a Conab (2018), os níveis de produtividade alcançados na safra 2017/18 superaram as expectativas para o período, devido o clima favorável nos principais estados produtores, com produtividade média de 3,38 Mg ha⁻¹. O Mato Grosso segue como o maior produtor da soja do país, atingindo produtividade de 3,39 Mg ha⁻¹, seguido do estado do Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás.

A previsão para as exportações de soja vem crescendo, conforme o ritmo de oferta e consumo mundial da oleaginosa. São 156,1 milhões de toneladas estimadas para safra 2018/19, valor recorde para o período. Esse aumento supera em 650 mil toneladas as estimativas realizadas em novembro, esse aumento é explicado pela demanda do mercado chinês e ao conflito econômico que resultou na taxaçoão a soja americana, representando um grande volume nos embarques globais do grão (SECEX, 2019).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da soja no Brasil

Existem vários estudos sobre a origem e o centro de diversidade genética da soja, acredita-se que a soja cultivada [*Glycine max* (L.) Merrill] originou-se da soja anual selvagem (*Glycine soja* Sieb & Zucc.) as quais eram espécies rasteiras e trepadeiras, e que sua domesticação tenha ocorrido na região Leste do Norte da China, ao longo do Rio Amarelo, por volta de 1.700 e 1.000 a.C. sendo reconhecida como uma das plantas mais antigas cultivadas (CHUNG; SINGH, 2008).

Registros históricos indicam que a expansão da cultura da soja foi lenta, e que sua disseminação do Oriente para o Ocidente ocorreu através de navegadores e missionários. O primeiro registro oficial de cultivo na Europa data de 1739, em Paris, até então para fins botânicos, sem representar importância comercial (HYMOWITZ, 2004).

Em 1765 a soja foi levada para os Estados Unidos da América (EUA) onde iniciaram sua exploração comercial. Neste período cerca de dois milhões de hectares foram destinados para fins forrageiros. Somente em 1941 a soja destinada para produção de grãos ganhou importância, superando exponencialmente a área destinada à forragem (BONETTI, 1981).

Os primeiros relatos sobre a experimentação com a soja no Brasil datam do século XIX, em 1882, no estado da Bahia. Quase dez anos mais tarde, em 1891, foi utilizada no Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (IAC). Todavia, foi a partir de 1908, com a chegada dos primeiros imigrantes japoneses a São Paulo, que a semeadura dessa leguminosa foi aos poucos se difundindo (SANTOS, 1988).

Em meados de 1920, teve início o melhoramento genético da soja no país, quando Henrique Löbbecke, então diretor da Estação Experimental de São Simão, no

estado de São Paulo, introduziu germoplasma dos Estados Unidos da América, sendo estes genótipos semeados e após teste e seleção, obteve três novas cultivares, denominados Jomichel, Julieta e Joalo, cujo ciclo vegetativo era de 90 dias. Na mesma ocasião, foram feitas também as primeiras hibridações que originaram uma quarta cultivar (BORÉM, 2005).

Foi no Rio Grande do Sul, contudo, que a soja começou a ser utilizada em larga escala, devido à semelhança de latitude com a Região Sul dos EUA, de onde era proveniente maior parte do germoplasma do país (MIYASAKA; MEDINA, 1981; EMBRAPA SOJA, 2004). Aliada a suinocultura e a triticultura, responsáveis pela contribuição na consolidação no estado. As pesquisas na região se originaram na antiga Estação Experimental Fitotécnica das Colônias, no município de Veranópolis-RS, de onde surgiu a primeira variedade desenvolvida, que foi lançada, em 1960, com o nome de Pioneira (GASPERI, 1960).

Em 1946, as pesquisas foram estendidas a outras estações experimentais e também a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por meio da Faculdade de Agronomia, que intensificou seu programa de pesquisa, realizando experiências em colaboração com o Instituto Agrônomo de Campinas, em São Paulo, e a própria Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, contando também com as introduções de coleções procedente da Universidade Federal de Viçosa (ARANTES; SOUZA, 1993).

Na década de 50, foram ampliadas as pesquisas com a soja, aumentando significativamente o número de cultivares. Foram introduzidos genótipos oriundos dos Estados Unidos da América, Japão, e direcionados em vários pontos do Brasil. O objetivo do melhoramento da soja era selecionar e desenvolver cultivares com elevada produtividade, altura de planta e de inserção das primeiras vagens adequadas,

possibilitando a mecanização da lavoura, tolerância a doenças, com boa qualidade de sementes e alto rendimento de óleo e proteína (BORÉM, 2005).

Em Santa Catarina os esforços referentes à pesquisa com a soja datam de 1966, com a colaboração de instituições, como o Instituto de Pesquisas Agronômicas (IAPAGRO) e o Instituto de Pesquisa Agropecuárias do Sul (PEAS), que iniciaram, sob a coordenação do Ministério da Agricultura, testes mais amplos de variedades e linhagens advindas de programas de melhoramento públicos do Sul dos Estados Unidos da América, bem como algumas linhagens já selecionadas no Brasil (BLACK, 2000).

Mas o grande avanço se deu nos anos 70, no Paraná, com programas responsáveis por coordenar e executar pesquisas da soja, participando de forma ativa no segmento agrícola, com a recomendação de mais de 50 cultivares da soja adaptadas às mais variadas condições climáticas do País. Destacaram-se o Instituto Agrônomo no Paraná (IAPAR) criado em 1973, o Centro Nacional de Pesquisa da Soja na Embrapa, criado em 1975, além dos programas de pesquisa da MONSOY S.A., e da Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico LTDA (BORÉM et al., 2009)

A produção da soja aumentou rapidamente entre 1970 e 1980, de 1,5 milhão para 15 milhões de toneladas. Esse crescimento fez com que o Brasil aumentasse sua participação na produção mundial de 3,6%, em 1970, para 18,7%, em 1980. Num período de 11 anos, o país passou de terceiro para segundo maior produtor mundial, ultrapassando a produção da China, que em 1970 já era de 6,9 milhões toneladas.

2.2 Soja no Mato Grosso do Sul

Os primeiros cultivos de soja no estado de Mato Grosso do Sul datam do fim da década de 60 na região de Dourados, com uma estrutura fundiária onde predominavam pequenas propriedades, originadas da Colônia Agrícola Federal implantada por Getúlio Vargas em 1943 (BARROS, 1999). As terras ociosas foram ocupadas por agricultores dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, atraídos pelo baixo valor das terras durante a década de 60 e 70. Responsável pela abertura das fronteiras agrícolas do Brasil central, sua expansão auxiliou no povoamento e desenvolvimento das regiões de cultivo (MICHELS, 2004).

A inserção da soja no cerrado só foi possível com o desenvolvimento do germoplasma adaptado às condições tropicais, estudos sobre nutrição e calagem, seleção de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. e sua introdução como inoculantes. A tecnologia aplicada, biotecnologia e o melhoramento genético, com a incorporação de genes que atrasam o florescimento sob fotoperíodo indutor, foram o principal marco na agricultura brasileira, complementarmente ao manejo do solo, rotação de cultura, que representou reflexos positivos no sistema agrícola (CAMPELO; KIIHL; ALMEIDA, 1999).

O estado do Mato Grosso do Sul foi responsável pela produção de 9.562,5 mil toneladas, recorde estadual. A área plantada superou os 2,7 milhões de hectares e hoje representa 2,8 milhões de hectares. Alcançando rendimento médio de 3.580 kg.ha⁻¹, superando a média nacional de 3.3 kg.ha⁻¹ referente à safra 2017/18. Dez municípios se destacaram por responderem a 60,80% da produção de soja na safra 2017/18, o que representa 5,8 milhões de toneladas das 9.562,5 mil toneladas colhidas no estado (CONAB, 2018).

De acordo com Sistema de Informação Geográfica do Agronegócio (SIGA) na safra 2018/19 , Maracaju se destacou como maior produtor da oleaginosa, totalizando 1,081 milhão de toneladas, o que equivale a 11,28% da produção total do estado; na sequência vem os municípios de Ponta Porã, Sidrolândia, Dourados, São Gabriel do Oeste, Aral Moreira, Rio Brilhante, Laguna Carapã, Caraapó e Itaporã.

2.3 Classificação botânica da soja

A soja cultivada comercialmente hoje [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma espécie da classe Dicotyledoneae, subclasse Archichlamideae pertencente à família botânica Leguminosae e ao gênero *Glycine* L. É uma espécie com grande variabilidade genética, tanto ao ciclo vegetativo (período compreendido da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores), como no reprodutivo (período do início da floração até o fim do ciclo da cultura), sendo também influenciada pelo ambiente de cultivo (BORÉM, 2005).

Possui número de cromossomos igual a 40 ($2n = 40$). As flores desta espécie são completas e ocorrem em racemos terminais ou axilares. O número de racemos pode variar em 2 a 35, com cálice tubular formado por cinco sépalas parcialmente unidas e persistentes. As pétalas apresentam diferentes cores, de branca a roxa, em um total cinco pétalas. É uma espécie autógama, e a cleistogamia é responsável pela baixa taxa de alogamia nesta espécie (SEDIYAMA et al., 1993).

2.4 Morfologia da soja

A soja é uma planta anual, herbácea, ereta, com 60 a 90 cm de altura. Apresenta caule ramoso, hispido, com tamanho que varia entre 80 e 150 cm, dependendo da variedade e do tempo de exposição diário à luz. A raiz primária cresce em profundidade e as primeiras raízes laterais crescem horizontalmente durante 40 a 50 dias e, ao atingirem 35 cm a 40 cm de comprimento, curvam-se para baixo, aprofundando-se no solo (MITCHELL; RUSSEL, 1971).

Quanto ao hábito de crescimento as plantas de soja classificam-se em determinado e indeterminado. Apresentando o hábito determinado, legumes distribuídos no caule central de maneira densa, distribuição dispersa nos ramos laterais, caule terminando abruptamente em ápice achatado; diferentemente de cultivares de hábito indeterminado, as quais sua distribuição de legumes é esparsa e uniforme sobre o caule central, de baixo para cima (VERNETTI, 1983).

As folhas durante todo o ciclo podem ser distinguidas em quatro tipos: cotiledonares, folhas primárias ou simples, folhas trifolioladas ou compostas e prófilos simples. Sua cor, na maioria dos cultivares, é verde pálida e, em outras, verde escura. As flores apresentam cálice tubuloso, 5-dentado, esverdeado e curto-piloso; a corola é papilionada, com 5 pétalas branco-amareladas. O fruto, tipo vagem, contém de 3 a 5 sementes, é denso-piloso, uma cápsula com deiscência longitudinal que apresenta de três à cinco lóculos e assume a cor castanho-clara quando maduro (JOLY; LEITÃO FILHO, 1979).

2.5 Ecofisiologia da soja

O florescimento da planta de soja corre abaixo do fotoperíodo crítico, sendo influenciada pelo período de iluminação (comprimento do dia), o que a caracteriza

como uma planta de dia curto. Quando exposta a regiões ou épocas de fotoperíodo mais curto, durante a fase vegetativa da planta, a soja responde apresentando florescimento precoce. As consequências fisiológicas do florescimento precoce resultam em menor número de nós, menor porte de planta, menor inserção de primeira vagem, menor número de vagens e conseqüentemente, menor produtividade (BORÉM, 2005).

A temperatura do ar influencia a produção agrícola, onde cada fase possui uma determinada exigência. Para a emergência das plântulas, formação de nódulos e desenvolvimento vegetativo, a temperatura ótima situa-se entre 25°C e 30°C. Temperaturas inferiores a 20°C retardam a emergência e o desenvolvimento vegetativo, além de afetar a absorção de nutrientes, a translocação, a fotossíntese e a fixação simbiótica de nitrogênio (CASTRO; KLUGE, 1999). No entanto, temperaturas superiores a 30°C diminuem a percentagem de emergência das plântulas, o crescimento dos entrenós, o número de nós, a atividade fotossintética, e nodulação pode ser inibidas. A temperatura ótima para o período reprodutivo é de 25°C. Temperaturas inferiores retardam o crescimento, enquanto as superiores aceleram o florescimento, bem como provocam distúrbios na fase de frutificação e adiantamento na maturação dos grãos.

Outro fator de extrema importância para o desenvolvimento da soja é a radiação solar, segundo Câmara et al. (2000) ela está intimamente relacionada com a atividade fotossintética, alongação da haste principal e das ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos além da fixação biológica. A fitomassa seca produzida pela soja depende da percentagem de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e da eficiência da utilização dessa energia no processo fotossintético (SHIBLES; WEBER, 1966).

A soja, por ser uma planta de ciclo C3, espécie de planta cultivada que fixa o CO₂ via ciclo de Calvin-Benson, utilizando a triose 3-Fosfoglicerato como primeiro intermediário estável na fotossíntese. Essa reação é catalisada pela enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase oxigenase, conhecida como rubisco, a exigência mínima de CO₂ para soja, ou seja, seu ponto de compensação de CO₂ é de 40 ppm, com temperatura ambiente de 25°C. Sendo assim, de todo carbono fixado pela fotossíntese, cerca de 10 a 50% se perdem no processo de formação de compostos intermediários na fotorrespiração (MULLER, 1981; SHIBLES et al., 1987). O que explica a menor eficiência na utilização de radiação solar, desta forma, quando submetida a baixas intensidades luminosas, apresenta menores taxas de fitomassa, crescimento, assimilação líquida. No entanto, um elevado estiolamento, condicionando o acamamento em condições de campo (CASAROLI et al., 2007).

A soja atinge a máxima exigência hídrica na floração e enchimento dos grãos (7 a 8 mm dia⁻¹). O estresse hídrico nesse período pode gerar graves alterações fisiológicas, como a queda prematura das folhas e flores e o abortamento das vagens, conseqüentemente, reduzir a produtividade de grãos. Desta forma, para que a cultura tenha um desenvolvimento satisfatório, são demandados durante todo o ciclo de 450 a 800 mm de água dependendo do clima, manejo da cultura e da cultivar utilizada (EMBRAPA SOJA, 2011). É importante levar em consideração a profundidade do sistema radicular, no caso da soja, as raízes funcionais chegam a profundidades que variam de 10 a 15 cm (HERNANDEZ, 2002). Para minimizar os efeitos do déficit hídrico, é recomendado semear apenas cultivares adaptadas à região e às condições de solos favoráveis, semeadura em época recomendada e de menor risco climático.

2.6 Melhoramento genético da cultura da soja

As pesquisas voltadas ao melhoramento genético da soja partiram do interesse econômico da cultura e dos seus desafios de cultivo. Dentre os 80% dos fatores genéticos analisados, afetam as características de interesse agrônomo e econômico (SEDIYAMA; MIYASAKA; MEDINA., 1981).

Vello (1992) segmenta o melhoramento genético da soja em quatro fases, sendo a inicial com a Introdução de genótipos, no final do século XIX; na sequência a realização de cruzamentos simples entre dois genitores, na década de 40; cruzamentos múltiplos entre oito ou mais genitores na década de 70 e o advento da biotecnologia com início na década de 80.

Durante essas últimas décadas os métodos convencionais de melhoramento foram fundamentais no fornecimento da grande maioria das cultivares das espécies autógamas, resultando em aumento na produtividade média de grãos. Apesar disso, os ganhos genéticos conseguidos para essa característica têm sido de baixa magnitude (CARGNIN, 2007).

Nesse sentido têm se adotado como alternativa, além do uso dos métodos tradicionais em conjunto, a ênfase no cruzamento entre múltiplos genitores e a escolha cuidadosa dos mesmos. Através de sucessivos ciclos de seleção, incrementa-se a frequência de alelos favoráveis, aumentando a probabilidade de identificá-los (CARVALHO, 2008).

Porém a natureza complexa do gene quando exposta a condições de adversidade ambiental podem mascarar seus efeitos e dificultar sua identificação e seleção. Essa variação tem origem da ação do genótipo, do ambiente e de sua interação. A alteração do desempenho produtivo devido à interação é a grande preocupação dos melhoristas independente do objetivo do programa que esteja sendo conduzido.

Para o lançamento e registro de um cultivar no Brasil é essencial a realização do cadastro no Registro Nacional de Cultivares (RNC), e que os requisitos de Valor de Cultivo e Uso (VCU) sejam atendidos. Dentre as exigências para a determinação do VCU estão associados, o número de locais, épocas e anos de experimento para determinar o desempenho do cultivar. Isto complementa a importância do estudo do seu comportamento quanto à estabilidade e adaptabilidade genotípica, bem como a estratégia de recomendação utilizada para cada cultivar (BORÉM, 2005).

2.7 Interação genótipos x ambientes

A interação entre genótipos e ambientes (GxE) desafia o melhoramento genético, pois dificultam a identificação de genótipos superiores nos processos de seleção e recomendação de cultivares. Isso ocorre devido ao comportamento diferencial dos genótipos as condições em que estão submetidos, inconsistência ou alterações na magnitude fenotípicas (KANG, 1998).

A fenologia de cada genótipo para seus caracteres pode ser explicada pelos diferentes estímulos fisiológicos e suas respostas sistêmicas quando expostas a situações de estresse (HUBER; BAYERLE, 2016). Sua herdabilidade pode sofrer alterações consistentes para características de alta plasticidade fenotípica em ambientes heterogêneos (SQUILASSI, 2003). Sendo os caracteres quantitativos, de natureza poligênica e de distribuição contínua, os mais influenciados.

Amplamente difundida nas distintas regiões de cultivo, a soja sofre importantes implicações das interações (GxE). Na busca por alta produtividade, os experimentos envolvidos no lançamento de novos materiais são submetidos a diferentes ambientes com objetivo de quantificar e minimizar as interações, pois quando avaliados não obtém um comportamento constante, o que indica a existência

de genótipos com grau de influência menor ou maior conforme as variações ambientais (EBERHART; RUSSEL, 1966). Compreende-se como ambiente (local, época de semeadura, ano, condições edafoclimáticas, práticas culturais) que mudam de acordo com o espaço e o tempo, e que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, não sendo de origem genética (RAMALHO et al., 2001).

As fases finais de avaliação são as mais trabalhosas e desprendem um grande volume orçamentário, limitando os programas de melhoramento (CHAVES et al., 2001). Como forma de atenuar esses efeitos, opta-se por identificar cultivares específicas para determinados ambientes, maior estabilidade fenotípica, estratificação ambiental sendo o mais indicado a utilização de cultivares que apresentem alto grau de estabilidade de desempenho em um amplo espectro de ambientes (OLIVEIRA, 1976).

2.8 Estabilidade e adaptabilidade

O alto rendimento deve ser acompanhado de estabilidade produtiva e responsividade as mudanças favoráveis do ambiente. Fenômenos associados, porém, únicos, esses se referem à estabilidade e a adaptabilidade genotípica (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

O conceito de estabilidade trabalha com a capacidade dos genótipos apresentarem desempenho constante conforme as variações ambientais; Lewis (1954) relacionou a estabilidade genotípica com a capacidade populacional de produção de fenótipos com um número limitado, quando exposta a essas variações. O termo adaptabilidade define-se como a capacidade do genótipo responder vantajosamente aos estímulos do ambiente, adaptando-se em função da variabilidade ambiental (MARIOTTI et al., 1976). Para Simmonds (1962), um genótipo que se ajusta

de maneira seletiva a fim de sobreviver à determinada condição ambiental imposta, pode ser considerado adaptado.

O comportamento de um genótipo frente à caracterização fenotípica como adaptado e estável deve ser estudado de forma cuidadosa, pois é relativo quando analisada em diferentes grupos genotípicos. Quando comparado nesses diferentes grupos, ele poderá ter seu desempenho produtivo reduzido, ser considerado menos estável e como resultado há um declínio de sua adaptabilidade, esse é o embasamento teórico que sustenta a necessidade de substituição de cultivares como forma de manejo agrícola (LIN; BINNS; LEFKOVITCH, 1986).

O entendimento dos conceitos da adaptabilidade e estabilidade auxilia de forma complementar aos estudos das interações genótipos ambientes, para isso inúmeros métodos são empregados, dentre eles Plaisted & Peterson (1959), Finlay & Wilkison (1963), Wricke (1965), Eberhart & Russell (1966), Perkins & Jinks (1968), Tai (1971), Verma et al. (1978), Silva & Barreto (1985) e Cruz et al. (1989).

Os métodos se diferenciam quanto ao conceito de estabilidade, processos biométricos utilizados para sua quantificação e quanto a precisão requerida. Com base nesses preceitos, foram utilizados os métodos de Eberhart & Russel (1966) e Lin & Binns (1988), amplamente utilizados por serem de fácil interpretação e discernimento do comportamento genotípico.

2.9 Método Eberhart & Russell (1966)

A regressão linear ajudou a fundamentar o método mais empregado entre os melhoristas, em que a variável dependente é expressa em função de um índice ambiental que mensura a qualidade dos ambientes avaliados (Cruz et al.; 2012). O método de Eberhart & Russell (1966) descreve o desempenho relativo dos genótipos sob uma série de ambientes como forma de aperfeiçoar a metodologia adotada nos programas de melhoramento.

Os valores ambientais são interpretados pelas médias de todos os genótipos traduzidas na forma de um índice, que corresponde ao desvio da média de cada ambiente em relação à média geral dos ambientes. O parâmetro de estabilidade é o coeficiente de regressão (β) e a estabilidade o quadrado médio dos desvios de regressão (σ^2_{di}) e (R^2).

Por esse método, considera-se como sendo um genótipo ideal aquele que apresenta produtividade alta, coeficiente de regressão (β_1) igual a 1 e com menor desvio de regressão (σ^2_{di}) possível. Pinthus (1973) em seus estudos, contribuiu com a metodologia, fornecendo uma medida da variação observada, que é explicada pela regressão, correspondente ao coeficiente de regressão (R^2). A facilidade na interpretação dos dados tornou sua utilização abrangente na literatura.

O método Eberhard & Russell (1966) tem sido aplicado com êxito em inúmeras espécies vegetais, a exemplo do arroz, colza, soja, sorgo, feijão, milho e mandioca. Comparado com outros métodos, a utilização deste é mais indicada para um cenário em que haja um menor número de ambientes (VENCOVSK; BARRIGA, 1992). Borges et al. (2010) em seu ensaio com genótipos de arroz, destacou essa confiabilidade na utilização com pequeno número de ambientes.

Kruger et al. (2016) trabalharam com arranjo populacional de Colza definido pelos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade utilizando o método. Pelúzio et al. (2008) obteve resultados satisfatórios ao estudar diferentes épocas de semeadura para cultura da soja no sul do estado de Tocantins. Outros trabalhos como a recomendação de cultivares de milho vem sendo feitos com base nesse método ao longo dos anos, (Gama & Hallauer, 1980; Cargnelluti Filho et al., 2009; Rios et al., 2009 e Carvalho et al., 2014).

2.10 Método Lin & Binns (1988)

Lin e Binns (1988) definiram como medida de estabilidade o parâmetro P_i , que representa a superioridade máxima de um genótipo. Esse parâmetro representa o quadrado médio da distância entre a resposta de um genótipo que apresenta máxima produtividade com relação a todos os genótipos.

O método avalia performance dos cultivares através da análise de regressão e do índice ambiental e não possui limitações com o uso da regressão, o que acontece com outros métodos, em que nem todos os dados se ajustam ao modelo linear (Lin & Binns, 1998). Por se basear no quadrado médio da distância em relação a melhor resposta em cada ambiente, e não a distância simples, ela justifica de maneira eficiente os desvios de comportamento dos cultivares.

A literatura tem recomendado na análise de genótipos de soja pelo método de Lin & Binns (1988), trabalhos como os de Carvalho et al. (2002), Silva & Duarte, (2006) e Silva et al. (2018). O mesmo método foi aplicado em outras espécies, Biudes et al. (2009) avaliaram o desempenho agrônomico de linhagens de trigo em diferentes ambientes. Soares et al. (2007) ao selecionar linhagens de arroz de terras altas em

ensaios de cultivo e uso, demonstrou êxito em seu programa de melhoramento voltado para a cultura.

Melo et al. (2007), Ribeiro et al. (2009) e Barros et al. (2010) apresentaram resultados complementares e satisfatórios na utilização do método de Lin & Binns (1988) em conjunto com método Eberhart & Russell (1966), demonstrando concordância na seleção de genótipos com alta estabilidade e adaptabilidade. Assim recomenda-se a utilização dos dois métodos de forma associada, o que contribui na agregação de informações e na confiabilidade dos dados (Silva; Duarte, 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura da Soja nos Cerrados**. 1. ed. Piracicaba, v. 8000, p. 535, 1993.
- BARROS, N. B. M. **Campo Grande 100 anos de Construção**. Campo Grande, 1999.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S.; CRZ, C. M. Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja no Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, p. 119-128, 2010.
- BIUDES, G. B.; CAMARGO, C. E. O., FERREIRA FILHO, A. W. P.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; FOLTRAN, D. E.; CASTRO, J. L.; AZEVEDO FILHO, J. A. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens diaplóides de trigo. **Bragantia**, v. 68, p. 63-74, 2009.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, p.1-18, 2000.
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.
- BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: UFV, p. 969, 2005.
- BORÉM, A.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S. Hibridação em soja. **Hibridação artificial de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, p.514-536, 2009.
- BORGES, V.; SOARES, A. A.; REIS, M. S.; RESENDE, M. D. V.; CORNÉLIO, V. M. O.; LEITE, N. A.; VIEIRA, A. R. Desempenho genotípico de linhagens de arroz de terras altas utilizando metodologia de modelos mistos. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 833-841, 2010.
- CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba, p. 450, 2000.

CAMPELO, G. J. A.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Características agronômicas e morfológicas das cultivares de soja desenvolvidas para regiões de baixa latitude. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**, 1999.

CARGNELLUTI FILHO, A.; STORCKI, L.; RIBOLD, J.; GUADAGNIN, J. P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural**, v.39, p.340-347, 2009.

CARGNIN, A. Seleção recorrente no melhoramento genético de plantas autógamas. **Embrapa Cerrados**, p. 24, 2007.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo de soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 7, p. 987-1000, 2002.

CARVALHO, F. I. **Condução de populações no melhoramento genético de plantas**. Pelotas: UFPel. Ed. Universitária, 2008.

CARVALHO, E. V.; AFFÉRI, F. S.; PELÚZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; BICUDO, S. J. Adaptabilidade na produção de massa verde e grãos de genótipos de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 856-862, 2014.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON P. A.; NETO, D. D.; LIER, Q. J.; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.

CASTRO, R. C.; KLUGE, R. A. Ecofisiologia de cultivos anuais. São Paulo: **Nobel**, 1999.

CHAVES, L. J.; NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. Interação de genótipos com ambientes. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**, p. 693-713, 2001.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the genetic base of beans a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO **Acompanhamento da safra brasileira**. Brasília: CONAB, p.45, 2018.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. A. Alternative approach to the stability analysis proposed. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, n. 3, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v.1, 2012.

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

EMBRAPA SOJA. Sistemas de Produção. **Tecnologias de Produção de Soja- Região Central do Brasil 2004**. Embrapa Soja, p. 83-95, 2004.

EMBRAPA SOJA. Sistemas de Produção. **Tecnologias de Produção de Soja- Região Central do Brasil 2011**. Embrapa Soja, p. 64-72, 2011.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G. N. A. Análise da adaptação em um programa de melhoramento de plantas. **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 14, p. 742-754, 1963.

GAMA, E. E. G.; HALLAUER A. R. Stability of Hybrids Produced from Selected and Unselected Lines of Maize. **Crop Science**, v. 20, p. 623-626, 1980.

GASPERI, A. J. Uma grave moléstia da soja. **Boletim do Campo**, v. 16, p. 29-31, 1960.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da Irrigação**. Universidade Estadual Paulista, 2002.

HUBER, A. E.; BAUERLE, T. L. Long distance plant signaling pathways in response to multiple stressors: the gap in knowledge. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 7, p. 2063-2079, 2016.

HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. **Soybeans: improvement, production and uses**, e. 4, p. 97-136, 2004.

PELUZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Ceres**, p. 34-040, 2008.

JOLY, A. B.; LEITÃO FILHO, H. F. Botânica econômica: principais culturas brasileiras. p. 114, 1979.

KANG, M. S. Using genotype by environment interaction for crop cultivar development. **Advances in Agronomy**, v. 62, p. 199-252, 1998.

KRUGER, C. A. M. B.; MEDEIROS, S. L. P.; SILVA, J. A. G.; DALMAGO, G. A.; VALENTINI, A. P. F.; WAGNER, J. F. Rapeseed population arrangement defined by adaptability and stability parameters. **Revista Brasileira de Engenharia. Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 36-41, 2016.

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

LIN, C. S.; BINNS, M. R. Concepts and methods for analyzing regional trial data for cultivar and location selection. **Plant Breeding Reviews**, v. 12, p. 271-297, 1988.

LEWIS, D. Gene environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. **Heredity**, v. 8, n. 3, p. 333-356, 1954.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de cana de azúcar. I. Interacciones dentro de un localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

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. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de

feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 715-723, 2007.

MICHELS, I. Sojicultura. **Cadeias Produtivas de Mato Grosso do Sul**, Campo Grande: Ed. UFMS, 2004.

MITCHELL, R. L.; RUSSEL, W. J. Root development and rooting patterns of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) evaluated under field conditions. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 313-316, 1971.

MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 1062, 1981.

MÜLLER, L. Fisiologia. **A soja no Brasil**, p. 109-29, 1981.

OLIVEIRA, A. C. Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, 1976.

PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Enviromental and genotype environmental componentes of variability. III. Multiple lines and crosses. **Heredity**, v. 23, n. 3, p. 339-356, 1968.

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

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluanting the ability of selesctions to yield consistently in diferente locations or seasons. **American Potato Journal**, v. 36, n. 2, p. 381-385, 1959.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. Melhoramento de espécies autógamias. **Recursos genéticos & melhoramento de plantas**, Rondonópolis: Fundação MT, p. 201-230, 2001.

RIBEIRO, N. D.; SOUZA, J. F.; ANTUNES, I. F.; POERSCH, N. L. Estabilidade de produção de cultivares de feijão de diferentes grupos comerciais no estado do Rio Grande do Sul. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 339-346, 2009.

RIOS, S. A.; PAES, M. C. D.; BORÉM, A.; CRUZ, C. D.; GUIMARÃES, P. E. O.; SCHAFFERT, R. E.; CARDOSO, W. S.; PACHECO, C. A. P. Adaptability and stability of carotenoids in maize cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p.313-319, 2009.

SANTOS, O. S. **A cultura da soja- Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. São Paulo: Editora Globo, p. 299, 1988.

SECEX. Secretaria de Comércio Exterior. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**, 2019.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S; GOMES, J. L .L. **Cultura da soja I**, Viçosa: UFV, p. 96, 1993.

SEDIYAMA, T.; MIYASA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil, Viçosa: UFV. p. 209-278, 1981.

SIMMONDS, N. W. The Evolution of the Bananas. **Green & Co**, 1962.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v. 6, p. 55-59, 1966.

SHIBLES, R. M.; SECOR, J.; FORD, D. M. Carbon assimilation and metabolism. **Soybeans: improvement, production and uses**. 2. Ed. Madison, p. 535-588, 1987.

SIGA, MS. Sistema de Informação Geográfica do Agronegócio, 2019. Disponível em: <<http://www.sigaweb.org/>> Acesso em 20 de janeiro de 2019.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. **Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrônômica**, p. 49-50, 1985.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

SILVA, N. S.; NOGUEIRA, A. P.; HAMAWAKI, O. T.; MARQUES, F. S.; MEDEIROS, L. A.; GOMES, G. F.; GUIMARÃES, B. G.; PENA, O. A.; HAMAWAK, C. D.; JULIATTI, F. C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de soja sob infecção natural por ferrugem sem fungicida. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 5, p. 1287-1297, 2018.

SOARES, A. A.; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C.; VIERISA, A. R.; SOUZA, M. A. Stability of upland rice lines in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, p. 394-398, 2007.

SQUILASSI, M. G. Interação de genótipos com ambientes. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, e. 1, p. 47, 2003

TAI, G. C. C. Genotypic stability analyses and its application to potato regional trials. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1971.

USDA. United States Department of Agriculture. **Supply and use: Soybeans, U. S.**, 2019.

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

VELLO, N. A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento de soja na ESALQ/USP. In: **Simpósio sobre a cultura e produtividade da soja**. ed. 1, p.60-81, 1992.

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

VERNETTI, F. J. **Soja: Genética e Melhoramento**. Campinas: Fundação Cargil, v. 2, 1983.

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen um hofer.
Pflanzenzuchturg, v. 52, p. 127-138, 1965.

CAPÍTULO 2

Adaptabilidade e estabilidade produtiva de cultivares de soja em Chapadão do Sul

RESUMO

O incremento da produtividade de grãos é a maior preocupação do setor agrícola. Esse caráter pode ser afetado de forma significativa pela época de semeadura do cultivar. Assim, para recomendação dos cultivares é necessário conhecer a interação genótipos x ambientes (GxE). Essa pesquisa teve como objetivo identificar a existência da interação GxE e fazer recomendação de cultivares para região de Chapadão do Sul-MS, baseado nos métodos de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de soja semeadas em diferentes épocas. Foram avaliados 10 cultivares de soja, BRS 1003 IPRO, BRS 1074, CD 2737, CD2687, CD 2728, NA 5909, TMG 7962, Geneze 5885, BMX DESAFIO RR e BMX BÔNUS, sendo duas épocas na safra 2016/17 (20/11/16, 03/12/16) e três épocas na safra (03/11/17, 18/11/17, 08/12/17). Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Após verificar interação GxE significativa para a produtividade, foram empregadas as metodologias de Eberhart & Russel e Lin & Binns para recomendação dos cultivares para ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis. Os genótipos CD 2728, BMX BÔNUS e BRS 1074 apresentaram maiores desempenhos produtivos e são os mais recomendados para a região de Chapadão do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, Eberhart & Russell, Lin & Binns.

ABSTRACT

The increases in grain yield is the main concern of the agricultural sector. This character can be significantly affected by the sowing season of the cultivar. Thus, to recommend the cultivars it is necessary to know the interaction genotypes x environments (GxE). This research aimed to investigate the interaction GxE in soybean cultivars grown at different sowing times and to use methods of adaptability and stability for its recommendation. Ten soybean cultivars, BRS 1003 IPRO, BRS 1074, CD 2737, CD2687, CD 2728, NA 5909, TMG 7962, Geneze 5885, BMX DESAFIO RR and BMX BÔNUS were evaluated, being two seasons in the 2016/17 (20/11, 03/12) and three seasons in the crops (03/11, 18/11, 08/12). The experiments were installed in a randomized complete block design with three replicates. After verifying significant GxE interaction for grain yield, the methodologies of Eberhart & Russel and Lin & Binns were used to recommend cultivars for general, favorable and unfavorable environments. The genotypes CD 2728, BMX BÔNUS and BRS 1074 presented higher productive performances and are the most recommended for the region of Chapadão do Sul.

KEY WORDS: *Glycine max*, Eberhart & Russell, Lin & Binns.

1. INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L). Merrill] é a principal cultura cultivada no Brasil, com produção de 117 milhões de toneladas de grãos em 2018 (CONAB, 2018). O aumento expressivo da produção de soja no Brasil foi impulsionado pelo desenvolvimento de tecnologias e materiais genéticos de alto potencial produtivo promovido pelos programas de melhoramento. Dessa forma, tornou-se necessário implementar incrementos compensatórios e a obtenção de materiais adaptados às condições edafoclimáticas das diferentes regiões brasileiras (TORRES et al., 2014).

A soja é cultivada em diferentes ambientes e exposta a condições edafoclimáticas adversas. Com isso, surge um importante efeito a ser considerado na recomendação dos cultivares aos produtores: a interação genótipos x ambientes (GxE). Por esse motivo nota-se um aumento na busca por cultivares com ampla adaptação aos vários ambientes de cultivo (CARBONELL et al., 2001), em razão da dependência das oscilações climáticas na época de semeadura.

Para minimizar esses efeitos, os programas de melhoramento genético têm seus investimentos voltados à análise de genótipos através de inúmeros ensaios nas fases finais. Esses ensaios ocorrem em diferentes locais e épocas para obter maior representatividade e confiabilidade no posicionamento do genótipo para região a qual se destina. Para se realizar essas recomendações de forma regionalizada, é necessário que se empreguem métodos estatísticos adequados para se estimar e explorar a interação GxE. Dentre os diversos métodos existentes para esse fim, destaca-se a metodologia Eberhart & Russel (1966) e a de Lin & Binns (1988).

O método Eberhart & Russel (1966) é fundamentado na regressão linear entre o valor fenotípico de um determinado caráter baseado no índice ambiental. O índice ambiental mensura a qualidade do ambiente, recebendo valores positivos ou

negativos conforme sua caracterização. A previsibilidade do comportamento do genótipo se origina do componente de variância dos desvios de regressão, sendo classificados como estáveis, pouco estáveis ou instáveis (CRUZ et al., 2012).

O método de Lins & Binns (1988) pondera os desvios de comportamento dos cultivares nos ambientes e leva em consideração o rendimento e a resposta relativa do genótipo (MURAKAMI et al., 2004). Possui como finalidade de identificar aqueles que conseguem manter seus tetos produtivos em uma ampla gama de ambientes, por meio de uma estatística denominada de P_i . As vantagens do método se referem à maior facilidade na interpretação e especificidade de recomendação dos cultivares a grupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis (CARGNIN et al., 2008; PELUZIO et al., 2008; SILVA et al., 2008).

Os métodos supra relatados têm sido empregados na recomendação de genótipos de soja para diferentes ambientes no Brasil (SILVA et al., 2006; MAIA et al., 2006, BARROS et al., 2008). O objetivo desse trabalho foi identificar a existência da interação GxE e fazer recomendação de cultivares para região de Chapadão do Sul-MS, baseado nos métodos de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de soja semeadas em diferentes épocas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do local e dos experimentos

Os ensaios foram instalados na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, situada em Chapadão do Sul-MS. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico (Lvd). O clima da região é segundo Koppen, do tipo Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As

Figuras 1 e 2 contêm as condições climáticas observadas no decorrer das épocas de semeadura em 2016/17 e 2017/18, respectivamente.

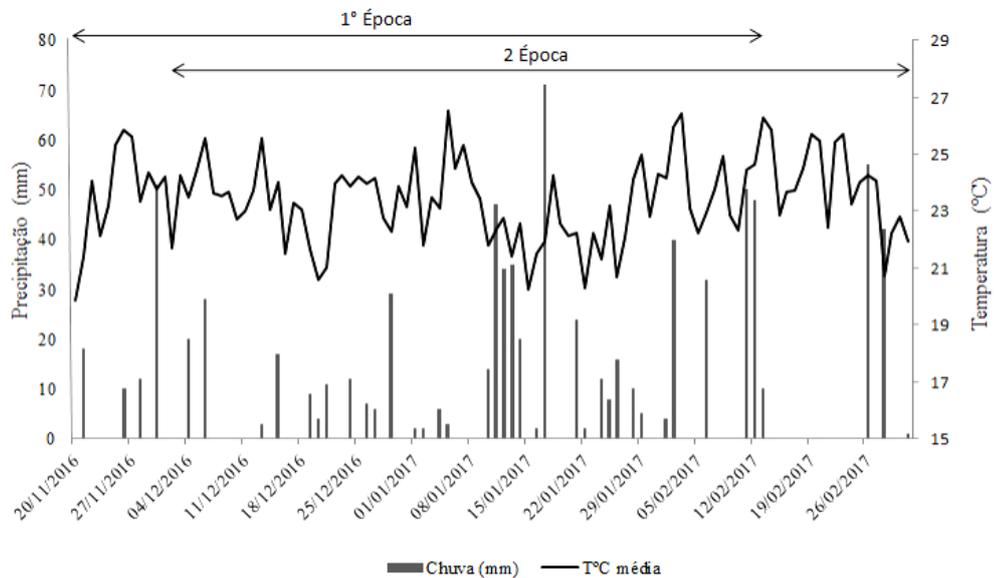


Figura 1. Dados climatológicos de precipitação e temperatura durante os meses de novembro a fevereiro na safra 2016/17, para o município de Chapadão do Sul -MS.

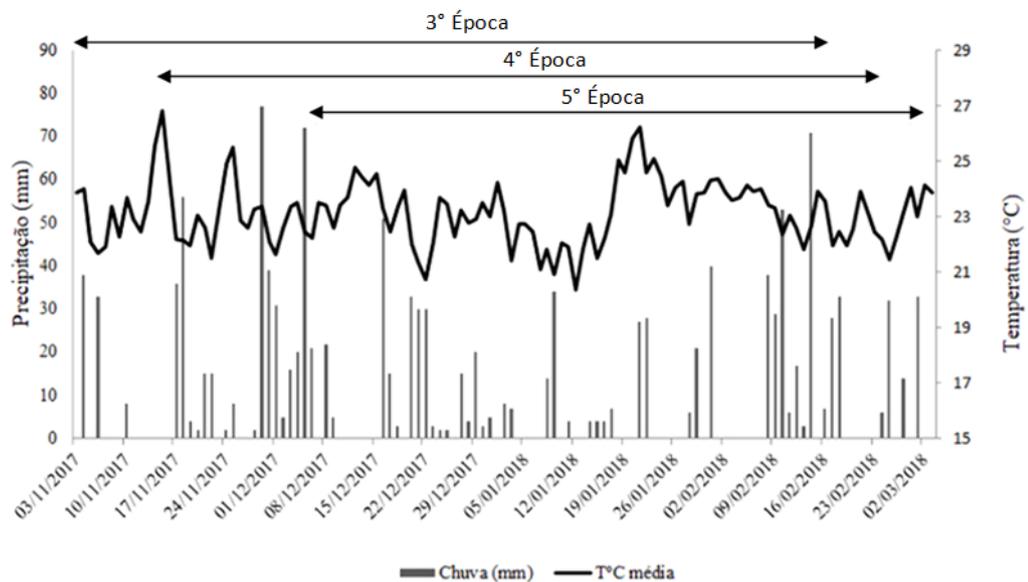


Figura 2. Dados climatológicos de precipitação e temperatura durante os meses de novembro a fevereiro na safra 2017/18, para o município de Chapadão do Sul - MS.

2.2 Procedimentos experimentais

Em cada experimento, foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados com 10 cultivares e três repetições. A unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m entre linhas. A produtividade de grãos foi avaliada nas fileiras centrais de cada unidade experimental, sendo corrigida para 13% de umidade e extrapolada para kg.ha⁻¹. A semeadura foi realizada manualmente, foram utilizadas como área útil as duas linhas centrais. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados conforme recomendações técnicas para a cultura. A correção do solo e adubação foram feitas de acordo com a análise de solo local. A colheita dos materiais ocorreu no estágio R9, quando se observaram 95% das vagens maduras.

2.3 Material genético e ambientes de produção

Foi avaliada a produtividade de grãos de 10 cultivares comerciais (Tabela 1) amplamente utilizadas pelos produtores da região.

Tabela 1. Lista de cultivares com suas características de hábito de crescimento, grupo de maturação e ciclo, utilizados em Chapadão do Sul-MS.

CULTIVARES	HÁBITO DE CRESCIMENTO	GRUPO DE MATURAÇÃO	CICLO
BRS 1003 IPRO	Indeterminado	6.3	Precoce
BRS 1074	Indeterminado	7.4	Médio
CD 2737	Indeterminado	7.3	Superprecoce
CD2687	Indeterminado	6.8	Superprecoce
CD 2728	Indeterminado	7.2	Superprecoce
NA 5909	Indeterminado	6.9	Superprecoce
TMG 7962	Semideterminado	6.9	Superprecoce
Geneze 5885	Semideterminado	5.8	Superprecoce
BMX DESAFIO RR	Indeterminado	7.4	Médio
BMX BÔNUS	Indeterminado	7.9	Precoce

Os cinco ambientes foram constituídos da combinação de ambientes sendo as épocas utilizadas na safra 2016/17 foram 20/11 e 3/12 (ambientes 1 e 2, respectivamente), enquanto na segunda safra 2017/18 foram 03/11, 18/11 e 08/12 (ambientes 3, 4 e 5, respectivamente).

2.4 Análises estatísticas

Foi aplicado o teste Skott-Knott (1974) para agrupamento de médias dos cultivares avaliados. Após a verificação da significância da interação GxE, os dados foram submetidos às análises de adaptabilidade e estabilidade por meio das metodologias de Eberhart & Russell (1966) e Lin & Binns (1988).

Inicialmente, foram estimados os índices ambientais (I_j) para cada época de semeadura de acordo com a Equação 1, proposta por Finlay & Wilkison (1963). Valores negativos de (I_j) indicam ambientes desfavoráveis, enquanto positivos apontam para ambientes favoráveis:

$$\left(I_j = \frac{\sum_j Y_j}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ga} \right) \quad (1)$$

em que Y_{ij} é a produtividade do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente; g é o número de genótipos; a é o número de ambientes. Os resultados estão contidos na Figura 3.

No método Eberhart & Russell (1966), a adaptabilidade é estimada através do parâmetro (B_{ii}) e a produtividade média (B_{0i}); a estabilidade é calculada a partir da variância dos desvios de regressão ($\sigma^2\delta_i$). Esses parâmetros foram obtidos com o modelo estatístico descrito na Equação 2:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i}I_j + \psi_{ij} \quad (2)$$

em que Y_{ij} é a média do genótipo i no ambiente j ; B_{0i} é o coeficiente linear do i -ésimo genótipo; B_{1i} é coeficiente de regressão que mensura a resposta do i -ésimo genótipo

a variação do ambiente j ; l_j é definido como índice ambiental; ψ_{ij} são os erros aleatórios, em que cada componente pode ser decomposto como: sendo δ_{ij} o desvio da regressão e ε_{ij} erro experimental médio.

A análise de adaptabilidade estabilidade pelo método proposto por Eberhart & Russell (1966) é baseado na regressão linear, sendo considerado conforme o método genótipos com adaptabilidade geral ou ampla aqueles com $\beta_{1i} = 1$; genótipos com adaptabilidade específica a ambientes favoráveis são aqueles com $\beta_{1i} > 1$; e genótipos com adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis são aqueles com $\beta_{1i} < 1$. A estabilidade, calculada através dos desvios de regressão considera os genótipos com previsibilidade de comportamento aqueles com $\sigma^2_{di} = 0$ e genótipos de comportamentos imprevisíveis aqueles com $\sigma^2_{di} \neq 0$. As hipóteses a serem analisadas são $H_0: \sigma^2_{di} = 0$ versus $H_1: \sigma^2_{di} > 0$ testadas pelo teste F e $H_0: \beta_{1i} = 1$ versus $H_1: \beta_{1i} \neq 1$ testadas pelo teste t, de acordo com a equação 3:

$$t = \frac{\hat{\beta}_{1i} - 1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_{1i})}} \quad (3)$$

A qual está associada a um nível de significância α e ao número de graus de liberdade do resíduo, obtidos na análise de variância conjunta. Para todos os procedimentos adotou-se 5% de significância.

Na metodologia de Lin & Binns (1988), o desempenho geral dos genótipos é avaliado com base nas menores estimativas do parâmetro, para cada caráter, conforme a Equação 4:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^e (Y_{ij} - Y_{mj})^2}{2n} \quad (4)$$

em que: Y_{ij} é a produtividade de grãos da cultivar i no ambiente j ; Y_{mj} é a maior produtividade de grãos no ambiente j ; n é o número de ambiente ($n=5$).

Para os ambientes favoráveis (P_{if}) e desfavoráveis (P_{id}), os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade foram estimados conforme as equações 5 e 6, respectivamente:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - Y_{mj})^2}{2f} \quad (5)$$

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - Y_{mj})^2}{2d} \quad (6)$$

em que: Y_{ij} é a produtividade de grãos da cultivar i no ambiente j ; Y_{mj} é a maior produtividade de grãos no ambiente j ; f é o número de ambiente favoráveis; d é o número de ambientes desfavoráveis, conforme o critério de Eberhart & Russel (1966).

Todas as análises foram realizadas com software Genes (CRUZ, 2013) e seguiram os procedimentos recomendados por Cruz et al. (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para o caráter produtividade de grãos está contida na Tabela 2. O coeficiente de variação de 13,87% para a produtividade pode ser considerado adequado, pois este caráter é caracterizado como quantitativo, e por isso, sofre forte influência do ambiente. Sobre esse aspecto, o coeficiente de variação experimental é considerado baixo, segundo Carvalho et al. (2003) 16% é o limite máximo admitido para produtividade de grãos em soja, o que indica um bom controle e precisão experimental.

Tabela 2. Análise de variância para produtividade de 10 cultivares de soja cultivadas em cinco épocas de semeadura nas safras 2016/17 e 2017/18 em Chapadão do Sul-MS.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio
Blocos/Ambientes	10	3301535,63
Genótipos (G)	9	4754326,02*
Ambientes (E)	4	407807,29*
GxE	36	697180,12*
Resíduo	90	185492,42
Coeficiente de variação (%)		13,87

*: significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

A origem da significância da interação GxE pode ser atribuída ao desenvolvimento dos cultivares em ambientes dinâmicos, os quais são expostos a fatores climáticos imprevisíveis durante todo ciclo de desenvolvimento. Embora a precipitação acumulada em cada época de semeadura nos anos agrícolas de 2016/17 (Figura 1) e 2017/18 (Figura 2) foi superior ao exigido pela soja (450 a 800 mm), as variações climáticas observadas foram suficientes para causar comportamento diferencial dos cultivares. Isso evidência a necessidade de utilizar métodos de adaptabilidade e estabilidade para o posicionamento na região de Chapadão do Sul. Para este fim, destacam-se os métodos de Ebehart & Russel (1966) e Lin e Binns (1988). Esses métodos têm sido utilizados para recomendação de cultivares de soja em diferentes ambientes (MATSUO et al., 2008; POLIZEL et al., 2013; CARGNELUTTI FILHO et al., 2018).

A Figura 3 apresenta as estimativas dos índices ambientais obtidas pelo método de Eberhart e Russel (1966), que permitem caracterizar a qualidade dos locais de avaliação. Valores negativos de Ij identificam os ambientes desfavoráveis como àqueles que apresentam condições adversas ao cultivo, sejam pelas condições edáficas e climáticas ou pelo baixo emprego de tecnologia. Valores positivos de Ij caracterizam ambientes como sendo favoráveis, áreas de cultivo onde se investe em insumos e tecnologia adequada.

Na análise, os ambientes 3 e 4 obtiveram valores positivos para o caráter avaliado, caracterizando-se como favorável e apropriado à aptidão da cultura. Nesses ambientes a disponibilidade hídrica regular nos estádios vegetativo e reprodutivo contribuiu para esse resultado (Figura 2). Os genótipos posicionados para esses ambientes devem se comportar de forma responsiva a condições favoráveis (Figura 3).

Em contrapartida, os ambientes 1, 2 e 5 foram classificados como desfavoráveis. Esse resultado é explicado pela ocorrência de déficit hídrico nos estádios críticos de desenvolvimento da cultura (Figura 1 e 2). Nos ambientes 1 e 2 o déficit hídrico foi verificado no período de plena formação de vagens e enchimento de grãos, que de acordo com Fehr & Caviness (1977) correspondem aos estádios fenológicos R4, R5 e R6. No ambiente 5 o mesmo foi identificado no período vegetativo e no início do florescimento nos estádios fenológicos V8 e R1. Para esses ambientes é recomendado o posicionamento de genótipos mais rústicos e tolerantes a essas condições de adversidade climática.

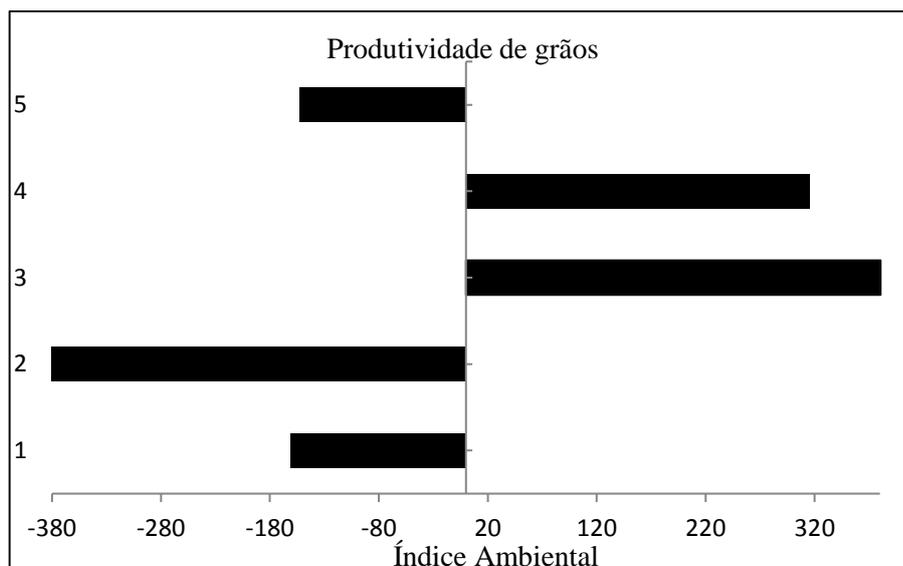


Figura 3. Comportamento de genótipos de soja em relação ao caráter produtividade em diferentes épocas de semeadura na região de Chapadão do Sul. Os ambientes 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem às semeaduras realizadas em 20/11, 03/12 nas safras 2016/17 e 03/11, 18/11 e 8/12 na safra 2017/18, respectivamente.

Na Tabela 3, estão representados os resultados baseados no método de Eberhart e Russell (1966), as médias da produtividade (β_0) e os parâmetros de adaptabilidade (β_1) e estabilidade (σ_{di}^2 e R^2) para os cultivares de soja avaliadas. Considerando estes parâmetros, os cultivares BMX BÔNUS e TMG 7062 se destacaram pela alta produtividade e por possuir adaptabilidade específica para cultivo em ambientes favoráveis ($\beta_1 > 1$).

Destas, a BMX BÔNUS apesar de apresentar desvio significativo, atingiu previsibilidade de 80%. Considerando a capacidade de o genótipo responder favoravelmente ao estímulo ambiental, tais cultivares devem ser empregadas por produtores que adotam elevado nível tecnológico.

Tabela 3. Média de produtividade de grãos de 10 genótipos de soja (kg.ha⁻¹), coeficientes de regressão (β_1), desvios de regressão (σ^2_{di}) e coeficiente de determinação (R^2) obtidos pelo método de Eberhart e Russel (1966).

Cultivar	Média (β_0)	β_1	σ^2_{di}	R^2
CD 2728	3812,17 a	1,34 ^{ns}	-57237,98 ^{ns}	98,29
NA 5909	3216,61 a	1,04 ^{ns}	-4285,16 ^{ns}	73,37
BRS 1003	2593,88 b	-0,09*	174015,12*	0,57
CD 2687	2805,92 b	0,88 ^{ns}	-33902,71 ^{ns}	80,43
BMX BÔNUS	3662,16 a	2,44*	156452,44*	80,00
BRS 1074	3704,25 a	1,18 ^{ns}	-60878,47 ^{ns}	99,53
CD 2737	3200,58 a	1,17 ^{ns}	-52689,28 ^{ns}	95,63
TMG 7062	3352,93 a	1,78*	55843,45 ^{ns}	79,75
GENEZE 5885	2589,34 b	0,35 ^{ns}	9138,55 ^{ns}	20,57
BMX DESAFIO	2113,38 b	-0,85*	-43744,38 ^{ns}	17,93

*, ^{ns}: não significativo e significativo, respectivamente, pelo teste t e F a 5% de probabilidade. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Dentre os cultivares avaliados, não foi possível fazer uma recomendação pelo método de Eberhart e Russel (1966) para ambientes desfavoráveis, pois os cultivares com coeficiente de regressão inferior à unidade ($\beta_{1i} < 1$) demonstraram menor média de produtividade (β_0) e baixa previsibilidade ($R^2 < 20\%$). Contudo, de acordo com os critérios deste método, é possível fazer uma recomendação geral para as épocas de semeadura, com base nos genótipos cujo parâmetro β_{1i} foi estatisticamente igual à unidade. Nesse sentido, os cultivares CD 2728 e BRS 1074 são os mais indicados

para serem utilizadas em qualquer época de semeadura em Chapadão do Sul, pois apresentaram alta produtividade (β_0), desvios não significativos e alta previsibilidade.

Os critérios para recomendação dos cultivares pelo método de Lin & Binns (1988) estão contidos na Tabela 4.

Tabela 4. Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de 10 genótipos de soja, na safra 2016/17 e 2017/18 pelos métodos de Lin & Binns (1988) com decomposição de P_i (parâmetro geral) em ambientes favoráveis (P_{if}) e desfavoráveis (P_{id}) .

Cultivar	Média	P_i	P_{if}	P_{id}
CD 2728	3812,17 a	14133,64	1795,98	11692,09
NA 5909	3216,61 a	281917,00	37785,86	217939,18
BRS 1003	2593,88 b	1142416,96	1740279,73	743841,78
CD 2687	2805,92 b	681575,44	904750,39	532792,14
BMX BÔNUS	3662,16 a	98625,41	0,00	164375,68
BRS 1074	3704,25 a	39710,18	54444,82	29887,09
CD 2737	3200,58 a	288533,01	365032,31	237533,48
TMG 7062	3352,93 a	185600,60	105441,43	239040,16
GENEZE 5885	2589,34 b	1017690,45	1379039,85	776790,85
BMX DESAFIO	2113,38 b	1824208,04	43744,38	1243840,42
Média	3105,12			

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p=0,05$).

Os genótipos CD 2728, BMX BÔNUS e BRS 1074 foram os que se destacaram com menor desvio em relação à produtividade máxima, sendo considerados os mais estáveis para ambientes gerais, favoráveis e desfavoráveis, além de alta produtividade de grãos (Tabela 4). Portanto, esses cultivares podem ser recomendados para Chapadão do Sul. Esses resultados condizem com a avaliação dos genótipos avaliados pelo método Eberhart e Russel, onde os mesmos cultivares foram recomendados.

Resultados similares aos observados neste trabalho foram verificados por Marques et al. (2011) e Romanato et al. (2016) em seus estudos de adaptabilidade e estabilidade em diferentes épocas de semeadura. Ambos os trabalhos apresentaram consistência na utilização dos os métodos de Lin e Binns e Eberhart e Russel para recomendação de cultivares de soja, reforçando sua confiabilidade em comparação ao uso de um método isolado.

4. CONCLUSÕES

Os métodos de Eberhart & Russel (1966) e Lin & Binns (1988) foram semelhantes quanto à recomendação dos genótipos de soja.

Os genótipos CD 2728, BMX BÔNUS e BRS 1074 apresentaram maiores desempenhos produtivos e são os mais recomendados para a região dos Chapadões.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; CRUZ, C. D. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 299-309, 2008.

CARBONELL, S. A. M.; FILHO, J. A.; DIAS, L. A. S.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C. B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 69-77, 2001.

CARGNELUTTI FILHO, A.; GUADAGNIN, J. P. Number of experiments for adaptability and stability analysis in maize by Lin and Binns method. **Ciência Rural**, v. 48, n. 3, 2018.

CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; FOGAÇA, C. M. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Revista Ceres**, v. 55, p. 243-250, 2008.

CARVALHO, C. G. P.; FARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F.; HIROMOTO, D. M.; TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193, 2003.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira – grãos: Segundo levantamento, novembro 2018 – safra 2018/2019. Brasília, p. 1-142, nov. 2018.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. & CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa. UFV, 2012.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão Windows, aplicativo computacional em genética e melhoramento. Viçosa. UFV, p. 648, 2013.

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

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Special Report**, p. 11, 1977.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G. N. A. Análise da adaptação em um programa de melhoramento de plantas. **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 14, p. 742-754, 1963.

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.

MAIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ROCHA, M. M.; PINHEIRO, J. B.; SILVA, N. F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 215-226, 2006.

MARQUES, M. C.; HAMAWAKI, O. T.; SEDIYAMA, T.; BUENO, M. R.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 59-69, 2011.

MATSUO, E.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H. B.; CRUZ, C. D.; ODA, M. C.; TEIXEIRA, R. C. Análise da estabilidade e previsibilidade da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Cristalina, Goiás. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 191-196, 2008.

MURAKAMI, D. M.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; BIZÃO, N. Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 71-78, 2004.

PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v. 55, n. 1, p. 34-40, 2008.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; GUIMARÃES, S. L. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 910-920, 2013.

ROMANATO, F. N.; HAMAWAKI, O. T.; SOUSA, L. B.; NOGUEIRA, A. P. O.; CARVALHO NETO, D. P.; BORGES, C. C. R.; HAMAWAKI, C. D. L.; HAMAWAKI, R. L. Parametric and non-parametric analysis for determining the adaptability and stability of soybean genotypes in tree sowing periods. **Bioscience Journal**, v. 32, n.3, p. 574-580, 2016.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 2, p. 507-512, 1974.

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

SILVA, F. L.; SOARES, P. C.; CARGNIN, A.; SOUZA, M. A.; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, M. O. C.; REIS, M. S. Methods of adaptability and stability analysis in irrigated rice genotypes in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 2, p. 119-126, 2008.

TORRES, F. E.; DAVID V. G.; TEODORO P. E.; RIBEIRO, P. L.; CORREA, G. C.; JÚNIOR, L. R. Desempenho agrônômico e dissimilaridade genética entre genótipos de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, p. 111-117, 2014.