



DESEMPENHO DE CULTIVARES DE SOJA NO CERRADO DO AMAPÁ QUANTO A ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

PERFORMANCE OF SOYBEAN CULTIVARS IN THE AMAPÁ SAVANNAH REGARDING STABILITY AND ADAPTABILITY

Gilberto Ken Iti YOKOMIZO^{1*}, Carlos Alberto Arrabal ARIAS², Sebastião Pedro da SILVA NETO³, Igor Corrêa dos SANTOS⁴

¹ *Doutor em Genética e Melhoramento Vegetal, Embrapa Amapá, Macapá/AP - Brazil, email: gilberto.yokomizo@embrapa.br**

² *Doutor em Genética e Melhoramento Vegetal, Embrapa Soja, Londrina/PR - Brasil, email: carlos.arias@embrapa.br*

³ *PhD em Biotecnologia Agrícola, Embrapa Cerrados, Planaltina/DF - Brasil, email: sebastiao.pedro@embrapa.br*

⁴ *Economista, Centro de Ensino Superior do Amapá - CEAP - Macapá/AP - Brazil, email: igorzegotinha@icloud.com*

Info

Recebido: 11/2021

Publicado: 07/2022

DOI: 10.37951/2358-260X.2021v9i1.5930

ISSN: 2358-260X

Palavras-Chave

Glycine max; melhoramento genético; produção agrícola; produtividade

Keywords:

Glycine max; genetic breeding; agricultural production; yield

Resumo

O cerrado amapaense, na região norte do Brasil, é uma nova fronteira agrícola para a soja, precisando-se conhecer o comportamento de estabilidade e adaptabilidade nestas novas condições, pois é sabido que fatores extragenéticos em conjunto com os genótipos geram respostas diferenciadas de fenologia na planta, resultando em distintas produtividades o que pode causar diferenças em comparação ao plantio de regiões do Centro Oeste e Sul do país. Os experimentos foram instalados com sete cultivares comerciais em delineamento em blocos aos acaso, cujas parcelas continham quatro repetições e linhas de cinco metros, constaram da avaliação a produtividade grãos (PG, em kg.ha⁻¹). Diferentes estatísticas

para o estudo de estabilidade e adaptabilidade foram utilizadas, para verificar a consistência e coincidências de resultados, no caso as metodologias de Annicchiarico, Plaisted e Peterson e, Wricke. Os resultados permitem as conclusões da existência de interação das cultivares perante os fatores ambientais impostos; a presença de adaptabilidade específica está presente nas cultivares em função das diferenças ambientais dos experimentos, as cultivares que apresentam maior estabilidade também foram as mais produtivas, sendo superiores as cultivares BRS Sambaíba e BRS 278 e; na metodologia de Plaisted e Peterson e na Ecovalência (Wricke) a maioria das linhagens apresentou baixa estabilidade, ambas geraram resultados muitos semelhantes, e que concordaram parcialmente ao obtido por Annicchiarico.

Abstract

The Amapá savannah, in the northern region of Brazil, is a new agricultural frontier for soybean, and is necessary to know the behavior of stability and adaptability under these new conditions, as is known that extragenetic factors together with genotypes generate different phenology responses in the plant, resulting in different yields, which can cause differences compared to planting in regions in the Midwest and South of the country. The experiments were installed with seven commercial cultivars in a randomized block design, whose plots contained four replications and five-meter rows, and the grain yield (PG, in kg.ha⁻¹) was evaluated. Different statistics for the study of stability and adaptability were used to verify the consistency and coincidence of results, in this case the methodologies of Annicchiarico, Plaisted and Peterson and, Wricke. The results allow for the conclusions of the existence of interaction of cultivars before the environmental factors imposed; the presence of specific adaptability is present in the cultivars due to the environmental differences of the experiments, the cultivars that show greater stability were also the most productive, being superior to the cultivars BRS Sambaíba and BRS 278 e; in the methodology of Plaisted and Peterson and in Ecovalence (Wricke) most strains showed low stability, both generated very similar results, which partially agreed with the one obtained by Annicchiarico.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) uma espécie oleaginosa que no Brasil é na atualidade o cultivo anual de maior importância, sendo também a com maior cultivo no mundo. A CONAB (2019) projeto no país para a safra 2018/2019 uma produtividade de 3206 kg ha⁻¹, menor que a produtividade 2017/2018 de 3394 kg ha⁻¹, com percentual de redução de 5,5%, numa área semeada de 35,82 milhões de hectares em 2018/2019 e 35,15 milhões de hectares em 2017/2018 neste caso, particularizando representando um acréscimo de apenas 1,9%. A safra de soja estimada em 2018/2019 é de 114.843,3 mil t, em comparação a 119.282,0 mil t da colheita na safra 2017/2018, numa queda de 3,7%.

A dimensão continental do Brasil permite a existência de distintas características de temperatura, fotoperíodo, pluviosidade, atributos de solo, que geram condicionantes para diversas doenças e insetos, conforme Branquinho et al. (2014), sendo que os dois primeiros fatores atuam diretamente na expressão fenotípica do ciclo da planta, desde a germinação até a época de colheita e portanto na produtividade de grãos da soja (JIANG et al., 2011).

As imensuráveis dissemelhantes características edafoclimáticas podem agir sobre os materiais genéticos resultando em diversificados fenótipos nas cultivares. Essa resposta é intitulada de interação genótipos com ambientes (GxA). Quando presente na soja essa interação, torna-se difícil encontrar as cultivares ou progênies genéticas que possuam estabilidade para uma grande região (CRUZ et al., 2012). Com base nesta interação que interfere na capacidade de adaptação da cultura, é conveniente postar que a soja, tem seu cultivo em diferentes países de diversos continentes, portanto sob uma ampla diversidade de fatores ambientais, produzindo

incontáveis combinações que influenciam de forma expressiva a produtividade de grãos das diferentes cultivares (VASCONCELOS et al., 2015). Conseqüentemente é fundamental a devida estimação desta interação para que se possa selecionar as cultivares mais adequadas para cada localidade (MEOTTI et al., 2012; COLOMBARI FILHO et al., 2013), numa continuidade para a obtenção de novas cultivares, com objetivos devidamente especificados que permitam contornar ou melhor aproveitar as condições existentes dos fatores bióticos e abióticos de cada região. Para atingir este resultado os programas de melhoramento da soja devem obter uma cultivar com alta produtividade, estabilidade em sua produção e adaptabilidade perante às variações ambientais existentes nas distintas regiões de cultivo (ALMEIDA et al., 1999; BARROS et al., 2010a).

Para evitar a necessidade de se ter uma cultivar específica para cada ambiente, que onera em muito a produção de sementes a ser disponibilizado ao agricultor deve-se empregar métodos estatístico-genético para identificar a presença de adaptabilidade nos materiais genéticos em avaliações, que consigam aproveitar eficientemente os estímulos ambientais e, também da estabilidade, que facilita sobremaneira os programas de melhoramento na busca por materiais genéticos, quando pesquisado em vários ambientes, ao não mostrarem alterações significativas, conferindo, assim, uma maior segurança na recomendação de cultivares, por apresentarem comportamento altamente previsível aos estímulos ambientais oferecidos (CRUZ et al., 2012).

Os programas de melhoramento genético devem escolher o método estatístico-genético de estimação da adaptabilidade e estabilidade em função dos dados experimentais, do quantitativo de ambientes, da precisão necessária e de qual a

informação procurada (CRUZ et al., 2012). As metodologias existentes para o estudo da estabilidade distinguem-se pelos conceitos associados aos parâmetros estimados, sistematização das metodologias biométrica, exigências do modelo matemático e em relação ao quantitativo de parâmetros envolvidos.

Deve-se ressaltar que a soja tem seu cultivo em diversas localidades no mundo, presente tanto em regiões sub tropicais ou temperadas do sul como também no norte e, mais recentemente em regiões tropicais, portanto estando presente em uma ampla gama de ambientes com suas características ambientais específicas que refletem sobre a produtividade de grãos das cultivares, por causa da interação GxA conforme afirmam Vasconcelos et al. (2015). Portanto uma nova cultivar somente será recomendada se possuir alta produtividade, produção estável e adaptabilidade ampla perante os diversos ambientes nas regiões (ALMEIDA et al., 1999; BARROS et al., 2010a).

Mas é importante ressaltar que apesar dos problemas decorrentes da existência da interação genótipos por ambientes, esta relação biológica não deve ser entendida apenas como um empecilho ou um agente indesejável, cujos efeitos devem ser reduzidos ao máximo nos programas de melhoramento, pelo contrário, por ser um fenômeno natural é preciso conhecê-lo adequadamente, para utilizar da melhor forma no processo de seleção (CHAVES, 2002).

Perante o exposto este trabalho tem como objetivo verificar a estabilidade e adaptabilidade, visando identificar as com melhor desempenho em sete cultivares de soja plantados no cerrado do Estado do Amapá, em sucessivos anos de cultivo, empregando-se diferentes metodologias estatísticas, as

quais são as de Annicchiarico; Plaisted e Peterson e; Wricke.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante seis anos agrícolas, de 2008 até 2013, experimentos com cultivares de soja foram realizados no Campo Experimental do Cerrado (CEC) que pertence à Embrapa Amapá, no km 43 da BR 156, localizado nas coordenadas geográficas N 00° 22'55" e W 51° 04'10", dentro do Município de Macapá. O solo da área experimental é classificado como latossolo amarelo distrófico de textura média, contendo baixa fertilidade natural, baixos teores de matéria orgânica e média acidez.

O clima predominante na área experimental é do tipo Tropical Úmido (Aw: clima tropical com estação seca de Inverno) baseado na classificação de KOPPEN. Dados do INMET (2018) mostram que do ano de 2008 até 2013 teve em média uma precipitação total de 2473,42 mm, tendo no trimestre com maior intensidade de chuvas uma média de 362,68 mm, que ocorreu entre os meses de fevereiro a abril e o mais seco com 33,38 mm entre setembro até novembro. A média da umidade relativa anual foi de 79,75%, sendo que no trimestre com maior intensidade de chuvas houve uma média de 85,85% e no mais seco foi de 70,80%. No período de avaliações a temperatura média anual esteve em 27,55 °C, com uma temperatura média máxima de 32,28 °C e a mínima de 24,11 °C. No período chuvoso a temperatura média máxima esteve em 30,85 °C com a mínima de 23,82 °C, a média de 26,60 °C, já no período seco a temperatura média máxima foi de 33,84 °C, mínima de 24,51°C e a média de 28,85 °C.

As cultivares avaliadas nos experimentos foram BRS Candeia, BRS Carnáuba, BRS Sambaíba, BRS Seridó, BRS Tracajá, BRS 278 e BRS 279.

Empregando o delineamento experimental de blocos ao acaso em quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por quatro fileiras lineares com 5 metros de comprimento e espaçadas de 0,5 metros (10 m²), gerando área útil de 4 m² pois para a obtenção de dados somente as duas fileiras centrais da parcela foram avaliadas, eliminando 0,5 metros de cada extremidade.

A característica avaliada produtividade de grãos (PG) é representada pela massa de grãos maduros colhidos na área útil de cada parcela e convertida em kg.ha⁻¹. As análises de variâncias individuais e conjunta, e também as análises de estabilidade e adaptabilidade utilizando-se as metodologias de Plaisted e Peterson, Wricke (Ecovalência) e Annicchiarico foram realizadas com o programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

Conforme a metodologia de Plaisted e Peterson (1959), a média aritmética do componente de variância da interação GxA de uma cultivar específica com todas as demais determina o parâmetro de estabilidade, sendo que na avaliação de determinada cultivar e outra consegue-se obter os componentes de variância. Portanto para a realização da análise é preciso obter os componentes de variância de todos os pares de cultivares, totalizando $g(g-1)/2$ (g é o número de cultivares) análises, portanto o estimador desse

parâmetro é determinado: $\omega_i = \frac{\sum \sigma_{ga_{ii}}^2}{g-1}$; sendo

($i \neq i'$) em que $\sum \sigma_{ga_{ii}}^2$ é o componente da interação GxA, obtido pela análise de variância conjunta de todos ambientes e um par de cultivares que envolve a cultivar i .

O teste de Wricke ou também conhecido como ecovalência (WRICKE, 1965) refere-se ao termo

empregado para a contribuição relativa da i -ésima cultivar na interação G x E geral, estimado com o auxílio da seguinte equação:

$$eco_i = r \sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2 \text{ em que: } eco_i:$$

contribuição da i -ésima cultivar para a $SQ_{G \times E}$ total; r : número de repetições; Y_{ij} : média da cultivar i no ambiente j ; \bar{Y}_i : média da cultivar i ; \bar{Y}_j : média do ambiente j ; $\bar{Y}_{..}$: média geral. As estimativas de Wricke são obtidas pela decomposição da soma de quadrados da interação G x E. Através da distribuição do efeito da interação genótipos com ambientes obtida da análise de variância conjunta para cada cultivar envolvida, em função da contribuição relativa de cada cultivar no efeito total da interação estimada é o princípio da ecovalência. O teste de significância é dado pela equação: $F_{(e, r)} = (eco_i/2)/QM_{erro}$, sendo: e : graus de liberdade para ambientes = 2; r : graus de liberdade do erro = 99; O quociente 2 da ecovalência corresponde ao número de graus de liberdade associado à $SQ_{G \times E}$, sendo usado para a obtenção do QM_{eco_i} . A ecovalência em porcentagem ($eco\%$) foi estimada com a seguinte equação: $eco_k\% = eco_i / \sum eco_{ik}$, sendo: $eco_k\%$: ecovalência em porcentagem da i -ésima cultivar para a k -ésima característica; eco_i : ecovalência da i -ésima cultivar; $\sum eco_{ik}$: somatório da ecovalência de todas as i cultivares avaliadas para a k -ésima característica. A média da ecovalência em porcentagem ($M_{eco\%}$) para cada cultivar é dada pela equação: $M_{eco\%} = \sum eco_k\% / n$, sendo: $M_{eco\%}$: média entre as $eco\%$ das características para cada cultivar; $\sum eco_k\%$: somatório da $eco\%$ de todos os k características avaliados para a i -ésima cultivar; n : número de características avaliadas. O desvio padrão ($S_{eco\%}$) obtém-se através da raiz quadrada da variância da ecovalência em porcentagem ($V_{eco\%}$), que é estimada com a seguinte equação:

$$V_{eco\%} = \sum (eco_k\% - \overline{eco\%})^2 / (n - 1), \quad \text{sendo:}$$

$V_{eco\%}$: variância entre as $eco\%$ das características para cada cultivar; $\Sigma eco_k\%$: somatório da $eco\%$ de todas as k características avaliadas para a i -ésima cultivar; $\overline{eco\%}$: média das $eco\%$ de todas as k características avaliadas da i -ésima cultivar elevado ao quadrado.

O método de Annicchiarico (1992) é apurada através de uma análise de variância, identificando quais cultivares ocupam as primeiras posições em um maior número de ambientes. Por este método inicialmente são calculadas as médias dos ambientes (\bar{y}_j) e posteriormente são obtidas as porcentagens das cultivares em relação às médias ambientais. Também são calculadas as médias de cada cultivar (\bar{Y}_i) em porcentagem e o desvio padrão destas médias. Em seguida estima-se o parâmetro de estabilidade (I_i), também denominado de índice de confiança pela equação: $I_i = \bar{Y}_i \cdot Z_{(1-\alpha)} S_i$; onde I_i é o índice de confiança; \bar{Y}_i é a média geral da cultivar i em porcentagem; $Z_{(1-\alpha)}$ é o percentual $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada; S_i é o desvio-padrão dos valores; α é o nível de significância pré-determinado para a análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi detectada diferença significativa entre as cultivares entre os diferentes anos de avaliação, conforme pode ser observado no resumo da análise de variância apresentada na Tabela 1, indicativo que a base genética existente nas cultivares é muito semelhante e, portanto estreita, concordando com a afirmação de Wysmierski e Vello (2013) onde constataram que apesar da existência de um grande número de cultivares de soja plantadas no Brasil, a variabilidade genética é muito baixa entre estas,

consequência sobretudo dos programas de melhoramento nos primórdios de pesquisa terem utilizado poucos ancestrais nos processos de cruzamentos. Houve a constatação de presença de efeitos dos anos e de interação GxA, corroborando que os componentes genéticos apresentaram respostas fenotípicas distintas aos fatores ambientais, o que ratifica a necessidade de se realizar análises complementares quanto a estabilidade e adaptabilidade.

O $CVE\%$ para produtividade de grãos apresentou resultado inferior a 30%, ressaltando que valores próximos a este são relatados serem comuns para a soja (Tabela 2), o que neste caso é indicativo que a precisão experimental pode ser considerada como adequada em relação a resposta de variação em decorrência de distintos ambientes experimentais, em total compatibilidade com o valor de 33,9% encontrado por Storck et al. (2010). Sendo importante destacar que a produtividade de grãos é uma característica de controle quantitativo que, portanto recebe muito influencia dos fatores ambientais. Por conseguinte coeficientes de variação altos são aceitáveis, estando também em conformidade com os valores obtidos por Costa et al. (2008) e Barros et al. (2012).

A média geral das cultivares avaliadas para produtividade de grãos foi de 3481,44 kg.ha⁻¹, aspecto indubitavelmente considerável, por se tratar de estar acima da estimativa de 2017 para a média nacional de 3362,00 kg.ha⁻¹ da CONAB (2017), corroborando positivamente da potencialidade produtiva deste grão no Estado do Amapá.

Na Tabela 2 encontram-se os parâmetros genotípicos e fenotípicos, onde se constata presença de maior contribuição de origem residual (fatores não controláveis) na variância, comparativamente em relação à genotípica, mostrando-se 11 vezes superior e

para a interação 5 vezes. O que significa que grande parte das manifestações fenotípicas ocorreu devido aos efeitos ambientais e da interação, o que implica em acreditar que os aspectos ambientais realmente influenciam de forma intensa para produtividade de grãos o fenótipo expressado.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de cultivares comerciais de soja para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) cultivadas no Amapá entre os anos de 2008 a 2013.

FV ^a	GL	QM
Blocos	3	1534682,25
Cultivares (C)	6	3198811,38 ^{ns}
Anos (A)	5	19889698,47 ^{**}
C x A	23	1887777,63 ^{**}
Resíduo	78	
Total	167	
Média	3481,44	
CV%	22,71	

^{ns}, * e ^{**}: não significativo, significativo a 5% e a 1%, respectivamente

^a FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; QM: quadrados médios; CxA: interação Cultivares com Ambiente; CV%: coeficiente de variação experimental em %.

Fundamentado nas classes apresentadas por Resende (2009), o coeficiente de determinação pode ser classificado como médio ou moderado, certificando que houve significativa contribuição de origem ambiental para manifestação da característica PG, o que dá indícios da presença de dificuldades da mesma expressão fenotípica em gerações posteriores em condições ambientais diferenciadas comparativamente com as que existiram aqui. A relação CVg/CVe é um procedimento que certifica sobre a facilidade de seleção de materiais superiores, quando o valor obtido for superior a 1,0, há

indicativos da possibilidade de seleção entre e dentro das cultivares, aqui especificamente o valor obtido de 0,30 indica da necessidade de análises estatístico-genéticas mais complexo para seleção nesta característica, pois foi um valor muito aquém da unidade (Tabela 2). Resultado este inferior ao citado por Leite et al. (2015), porém próximo ao de Leite et al. (2016), cujas variações podem ser explicadas pelas diferentes interações das cultivares com os fatores ambientais, tipicamente apresentadas por características de cunho quantitativo.

Tabela 2. Parâmetros fenotípicos e genotípicos em cultivares soja na característica produtividade de grãos (PG) entre os anos de 2008 a 2013.

Parâmetros ^a	PG
σ^2_g	54.626,41
σ^2_{gxe}	270.547,99
σ^2_r	625.220,33
H ² %	40,99
CVg (%)	6,13
CVg/CVe	0,30

^a σ^2_g : variância genética; σ^2_{gxe} : variância da interação GxE; σ^2_r : variância do erro; H²%: coeficiente de determinação genotípica em %; CVg (%):coeficiente de variação genética em %; CVg/CVe: relação entre coeficiente de variação genética e coeficiente de variação experimental.

A interação cultivares x anos de semeadura apresentou diferença significativa, desta forma existe a sugestão de que o comportamento das cultivares não ter sido constante, em outras palavras, instável, apesar da soja ser uma espécie autógama e o material avaliado ser oriundo de cultivares comerciais e, portanto consideradas homogêneas, o que garante que nas sucessivas safras sempre foi utilizado material genético similar ao ano anterior. A presença de interação GxA na produtividade de grãos em soja condiz com o afirmado por Barros et al. (2010a) e Branquinho et al. (2014) e tornando então de suma importância estudos sobre adaptabilidade e estabilidade pelo teste de Annicchiarico; Plaisted e Peterson e; Wricke nas cultivares, sendo os resultados apresentados na Tabela 3, permitindo identificar as cultivares com

previsibilidade de comportamento e também as com maior responsividade às variações de ambientais, adotando-se maior critério científico (MARQUES et al., 2011).

Na metodologia de Annicchiarico (1992), as cultivares com índice de recomendação acima de 100 nos ambientes favoráveis foram BRS Carnaúba e BRS Sambaíba, comportamento que indica estarem mais adaptadas as condições ambientais impostas e que, portanto que perante fatores favoráveis para o desenvolvimento das plantas, estas duas cultivares demonstram serem as que possuem maior capacidade de resposta às melhorias impostas. Destacando-se que a cultivar BRS Carnaúba, comparativamente com as demais, foi a com maior produtividade.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros de produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e estabilidade em cultivares de soja auferidas pelas metodologias de Annicchiarico (ANNIC), Plaisted e Peterson (P&P) e Wricke (WRIC) de 2008 a 2013. Macapá, AP.

Cultivar	ANNIC						P&P		WRIC	
	T		F		D		ω_i	$\omega_i(\%)$	eco _i	eco _i (%)
Geral	W _i	Média	W _i	Média	W _i					
Candeia	3254,24	90,22	4533,25	99,68	2614,74	86,82	111502,4	6,06	1018652,5	2,35
Carnaúba	3669,81	101,67	5022,00	109,98	2993,71	98,17	152084,4	8,27	2410032,8	5,55
Sambaíba	4052,15	111,55	5002,00	103,87	3577,23	114,87	344849,1	18,75	9019111,9	20,77
Seridó	3050,91	79,95	4194,75	89,21	2479,00	75,067	433662,9	23,58	12064154,4	27,79
Tracajá	3107,10	82,93	4474,00	97,73	2423,64	76,65	247109,9	13,44	5668050,5	13,05
BRS 278	3727,80	104,56	4247,50	92,54	3467,95	112,28	279313,1	15,19	6772160,4	15,60
BRS 279	3508,06	97,13	4146,54	88,76	3188,83	102,02	270404,5	14,70	6466723,3	14,89

Geral: média geral da cultivar; T: todos os ambientes; F: ambientes favoráveis; D: ambientes desfavoráveis;

W_i: índice de confiança; ω_i : parâmetro de estabilidade; $\omega_i(\%)$: parâmetro de estabilidade em porcentagem; eco_i: ecovalência; eco_i(%): ecovalência em porcentagem.

Nos índices de recomendação para ambientes desfavoráveis acima de 100 (Tabela 3), as cultivares que se destacaram foram BRS Sambaíba, BRS 278 e BRS 279, portanto estando melhor adaptadas as condições ruins do que as demais cultivares, ou seja, no cultivo se houver a ação de qualquer fator que possa prejudicar o desenvolvimento e a produção de grãos das plantas as que possivelmente ainda

conseguirão atingir valores consideráveis de produtividade serão estas três cultivares.

Agora na consideração de todos os ambientes (Tabela 3), tanto os favoráveis como os desfavoráveis, BRS Carnaúba, BRS Sambaíba e BRS 278 foram as cultivares onde se observam os melhores desempenhos, por conseguinte na média, devem ser as escolhidas para plantio nas condições do cerrado

amapaense. Enfatizando que a cultivar BRS Sambaíba mostrou-se superior em todas as condições, o que leva a dedução que representa o material genético com capacidade de utilizar plenamente os fatores ambientais favoráveis e contornar quando há os desfavoráveis, refletindo excelente adaptação à região, similarmente Vasconcelos et al. (2010) e Carvalho et al. (2013) também constataram a presença de materiais com índices acima de 100 em todas as condições (geral, desfavorável e favorável) o que as tornam mais adaptadas e estáveis em todas as condições ambientais impostas.

O que se tem geralmente é que as cultivares que apresentam desempenho superior no ambiente favorável, mostra-se inferior em condições desfavoráveis, com isso o esperado, portanto é que os materiais apresentem adaptabilidade ou para ambientes favoráveis ou então aos desfavoráveis, semelhante ao citado por Carvalho et al. (2013) e Vasconcelos et al. (2010). Contudo não se contemplou a presença de cultivar que não tivesse índice maior que 100 em pelo uma das condições ambientais, diferindo do citado por Polizel et al. (2013).

Na proposição da metodologia de Plaisted e Peterson (1959), a média aritmética dos componentes de variância da interação entre pares de cultivares x ambientes que envolvem a cultivar para o qual se deseja inferir representa o estimador do parâmetro descritivo da estabilidade (ω_i). Desta forma as cultivares que apresentaram as maiores estabilidades fenotípicas foram BRS Candeia e Carnáuba, com estabilidade intermediária foram BRS Tracajá, BRS 278 e BRS 279 e, as de menor estabilidade foram BRS Sambaíba e BRS Seridó. Um aspecto importante a se ressaltar é que as que foram mais estáveis não conseguiram ser as mais produtivas, dissimilar ao observado por Polizel et al. (2013) com a presença de

um material genético com alta estabilidade entre as com produtividade superior.

Segundo Rocha et al. (2009), para a metodologia de ecovalência (Wricke) a magnitude das estimativas depende do número de genótipos, de ambientes e do comportamento dos genótipos frente aos fatores ambientais. Desta forma, a maioria das cultivares apresentou baixa estabilidade aqui. Havendo também linhagem com alta produtividade (adaptabilidade) e estabilidade média (magnitudes para ω_i próximas das obtidas pelas cultivares mais estáveis). Ressaltando que aqui as cultivares mais estáveis infelizmente não representaram as mais produtivas, similar ao citado por Rocha et al. (2009), assim como Cavalcante et al. (2014) que observaram que os mais produtivos estavam entre os mais instáveis.

O comportamento das cultivares para a metodologia de Plaisted e Peterson (1959) concordam plenamente com a metodologia de Wricke, cujos índices foram similares aos observados por Polizel et al. (2013). Porém, comparativamente ambas as metodologias concordam parcialmente ao obtido por Annicchiarico, na cultivar BRS Carnáuba.

Pressupondo que o propósito da avaliação de estabilidade de uma cultivar seja amenizar as interferências ocasionadas pelo ambiente, deve-se dar preferências àqueles de comportamento mais estáveis, e concomitantemente plantar genótipos superiores quanto a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), considerando-se a média nacional projetada de 2017 de 3362,00 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ da CONAB (2017), tem-se que a cultivar BRS Sambaíba teve desempenho superior em todas as condições (geral, desfavorável e favorável), sendo o melhor material genéticos entre os avaliados. Esse mesmo comportamento foi observado por Vasconcelos et al. (2010) e Carvalho et al. (2013) com a presença de materiais com índices acima de 100 em

todos os tipos de ambientes, indicando estabilidade e adaptabilidade em qualquer condição. Mas também houveram linhagens que mostraram adaptabilidade para uma ou duas condições ambientais, semelhantemente ao citado por Vasconcelos et al. (2010). Para Carvalho et al. (2013) e Vasconcelos et al. (2015) no geral o material genético que foi bem na condição favorável não teve o mesmo desempenho na desfavorável, sendo o mesmo comportamento aqui observado, excetuando-se apenas a BRS Sambaíba já citada. Já uma situação que aqui não se repetiu foi o resultado contrastante em que nenhum material foi maior que 100 em qualquer das condições, obtido por Polizel et al. (2013).

A presença da estabilidade de produção pelos anos de cultivo também representa aspecto imprescindível quanto à estabilidade entre distintos locais, por não incidir o comportamento de materiais produtivos apenas em condições ambientais, mas sim numa dimensão cronológica também. Pela metodologia de Annicchiarico a produtividade média entre 2011 a 2013 com valores próximos do

considerado ideal, no conjunto de todas as cultivares, tem-se como superiores as cultivares BRS Sambaíba e BRS 278 com desempenhos superiores em relação as demais cultivares em todos os anos de cultivo, com presença de fatores ambientais não planejados e incontroláveis. Estas duas cultivares mostram produtividade acima da média nacional projetada para o ano de 2017 com valor de 3362,00 kg.ha⁻¹ da CONAB (2017) e também acima do obrigatório para se pagar o menor custo por hectare de soja cultivado, calculado por Oliveira et al. (2013) em Santarém e Belterra no Pará, com produtividade média de 2580,00 kg ha⁻¹. Salientando que na média de todas as cultivares avaliadas no cerrado do Amapá a menor produtividade, que ocorreu em 2013, foi aproximadamente 12% superior ao mínimo necessário de produção para se pagar o custo de implantação, gerando superávit positivo ao produtor. A variação presente para o índice Ij com cultivares contribuindo positivamente ou negativamente, foi similar ao citado por Barros et al. (2010a; 2010b), contudo pela metodologia do centróide.

Tabela 5. Estimativas de parâmetros de produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) em cultivares de soja e estabilidade fenotípica, auferidas pela metodologia de Annicchiarico (ANNIC) para os anos de avaliação. Macapá, AP.

Ano	ANNIC		
	Média	Ij	Classe
2008	3143,99	-337,44	D
2009	4897,57	1416,13	F
2010	4136,72	655,28	F
2011	2925,24	-556,20	D
2012	2899,76	-581,68	D
2013	2885,35	-596,09	D

Classe: F sendo favorável e D sendo desfavorável

CONCLUSÕES

Alicerçado nos resultados obtidos constata-se que a interação significativa de cultivares x anos de semeadura sugere o que as cultivares respondem positivamente ou negativamente conforme as condições oferecidas nos diferentes anos de cultivo,

gerando comportamento diferenciado de produtividade.

Existem cultivares de adaptabilidade específica para ambientes favoráveis ou desfavoráveis, sendo que as mais estáveis não foram as com maior produtividade.

As cultivares superiores são BRS Sambaíba e BRS 278 com desempenhos de produtividade melhores, na média geral de estabilidade e adaptabilidade em relação aos demais materiais. Isso mostra que condições amazônicas as cultivares respondem em grande intensidade aos fatores ambientais impostos.

Na metodologia de Plaisted e Peterson e na Ecovalência (Wricke) a maioria das linhagens apresentou baixa estabilidade, ambas geraram resultados muito semelhantes, e que concordaram parcialmente ao obtido por Annichiarico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L.A., KHIL, R.A.S., MIRANDA, M.A.C. e CAMPELO, G.J.A. (1999) Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. Em: M.A. Queiroz, C.O. Goedert e S.R.R. Ramos (Eds.) Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro, Cap.5, pp.73-88. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
- ANNICCHIARICO, P. (1992) Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, 46: 269-278.
- BARROS, H.B., SEDIYAMA, T., CRUZ, C.D., TEXEIRA, R.C. e REIS, M.S. (2010a) Análise de adaptabilidade e estabilidade em soja (*Glycine max L.*) em Mato Grosso. *Ambiência*, 6(1): 75-88.
- BARROS, H.B., SEDIYAMA, T., TEXEIRA, R.C., FIDELIS, R.R., CRUZ, C.D. e REIS, M.S. (2010b) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. *Revista Ceres*, 57(3): 359-366.
- BARROS, H.B., SEDIYAMA, T., MELO, A.V. de, FIDELIS, R.R. e CAPONE A. (2012) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 3: 49-58.
- BRANQUINHO, R.G., DUARTE, J.B., SOUSA, P.I.M., SILVA NETO, S.P. e PACHECO, R.M. (2014) Estratificação ambiental e otimização de rede de ensaios de genótipos de soja no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(10): 783-795.
- CARVALHO, E.V., PELUZIO, J.M., SANTOS, W.F., AFFÉRI, F.S. e DOTTO, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. *Revista Agro@ambiente Online*, 7(2): 162-169.
- CAVALCANTE, A.K., HAMAWAKI, O.T., HAMAWAKI, R.L., SOUSA, L.B., NOGUEIRA, A.P.O. e HAMAWAKI, C.D.L. (2014) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja em Porto Alegre do Norte, MT. *Bioscience Journal*, 30(4): 942-949.
- CHAVES, L.J. **Interação de genótipos com ambientes**. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. Recursos genéticos e melhoramento – plantas. Fundação MT, Rondonópolis MT, 1183 p. 2002.
- COLOMBARI FILHO, J.M., RESENDE, M.D.V., MORAIS, O.P., CASTRO, A. P., GUIMARÃES, E.P., PEREIRA, J.A., UTUMI, M.M. e BRESEGHELLO, F. (2013) Uplandrice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. *Euphytica*, 192(1): 117-129.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento (2019). Acompanhamento da safra brasileira de grãos, volume 6 - Safra 2018/2019 – nono levantamento. Brasília: Conab. 113p. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos> >. Acesso em: 27 jun. 2021.
- COSTA, M.M., DI MAURO, A.O., UNÊDA-TREVISOLI, S.H., ARRIEL, N.H.C., BÁRBARO, I.M., SILVEIRA, G.D. e MUNIZ, F.R.S. (2008) Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. *Bragantia*, 67(1): 101-108.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. e CARNEIRO, P.C.S. (2012) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. MG: Editora UFV.
- CRUZ, C.D. (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and

- quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35(3): 271-276.
- INMET BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 22 jan. 2021.
- JIANG, Y., WU, C., ZHANG, L., HU, P., HOU, W., ZU, W. e HAN, T. (2011) Long-day effects in the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety. *Plant Science*, 180: 504-510.
- LEITE, W.S., PAVAN, B.E., MATOS FILHO, C.H.A., FEITOSA, F.S. e OLIVEIRA, C.B. (2015) Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. *Nativa*, 3(4): 241-245.
- LEITE, W.S., PAVAN, B.E., MATOS FILHO, C.H.A., ALCANTARA NETO, F., OLIVEIRA, C.B. e FEITOSA, F.S. (2016) Genetic parameters estimation, correlations and selection indexes for six agronomic traits in soybean lines F8. *Comunicata Scientiae*, 7(3): 302-310.
- MARQUES, M.C., HAMAWAKI, O.T., SEDIYAMA, T., BUENO, M.R., REIS, M.S., CRUZ, C.D. e NOGUEIRA, A.P.O. (2011) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em diferentes épocas de semeadura. *Bioscience Journal*, 27(1): 59-69.
- MEOTTI, G.V., BENIN, G., SILVA, R.R., BECHE, E. e MUNARO, L.B. (2012) Épocas de semeadura e desempenho agronômico de cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47: 14-21.
- OLIVEIRA, C.M., SANTANA, A.C. e HOMMA, A.K.O. (2013) Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, estado do Pará. *Acta Amazônica*, 43(1): 23-32.
- PLAISTED, R.L. e PETERSON, L.C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, 36: 381-385.
- POLIZEL, A.C., JULIATTI, F.C., HAMAWAKI, O.T., HAMAWAKI, R.L. e GUIMARÃES, S.L. (2013) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no Estado do Mato Grosso. *Bioscience Journal*, 29(4): 910-920.
- RESENDE, M.D.V. (2009) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- ROCHA, M.M., VELLO, N.A., LOPES, A.C.A. e MAIA, M.C.C. (2009) Estabilidade e adaptabilidade produtiva em linhagens de soja de ciclo médio. *Revista Ceres*, 56(6): 764-771.
- STORCK, L., CARGNELUTTI FILHO, A., LÚCIO, A.D.C., MISSIO, E.L. e RUBIN, S. de A.L. (2010) Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de soja. *Ciência e Agrotecnologia*, 34: 572-578.
- VASCONCELOS, E.S. de, REIS, M.S., CRUZ, C.D., SEDIYAMA, T. e SCAPIM, C.A. (2010) Adaptability and stability of semilate and late maturing soybean genotypes in Minas Gerais state. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(3): 411-415.
- VASCONCELOS, E.S de, REIS, M.S., SEDIYAMA, T. e CRUZ, C.D. (2015) Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3): 1203-1214.
- WRICKE, G. (1965) Zur Berechnung der Ökivalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 52: 127-138.
- WYSMIERSKI, P.T. e VELLO, N.A. (2013) The genetic base of Brazilian soybean cultivars: evolution over time and breeding implications. *Genetics and Molecular Biology*, 36(4): 547-555.