

Avaliação, adaptabilidade e desempenho agronômico de cultivares de soja de ciclo precoce nos municípios de Brotas, Cândido Mota e Palmital no estado de São Paulo

Evaluation, adaptability and agronomic performance of early cycle soybean cultivars in the municipalities of Brotas, Cândido Mota and Palmital in the state of São Paulo

Evaluación, adaptabilidad y desempeño agronómico de cultivares de soja de ciclo temprano en los municipios de Brotas, Cândido Mota y Palmital en el estado de São Paulo

Recebido: 03/07/2024 | Revisado: 14/07/2024 | Aceitado: 16/07/2024 | Publicado: 18/07/2024

Sergio Doná

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1974-0813>
APTA Regional Assis, Brasil
E-mail: sdon@sp.gov.br

Everton Luís Finoto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1468-1428>
APTA Regional Pindorama, Brasil
E-mail: everton.finoto@sp.gov.br

Márcia Marise de Freitas Rodrigues Cação

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-4259>
APTA Regional Assis, Brasil
E-mail: marcia.rodrigues@sp.gov.br

Sergio Torquato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5257-2682>
APTA Regional Tietê, Brasil
E-mail: sergio.torquato@sp.gov.br

Carlos Frederico de Carvalho Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2233-9893>
APTA Regional Itapetininga, Brasil
E-mail: cfcrodrigues@sp.gov.br

Keila Maria Roncato Duarte

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6631-8204>
APTA Regional Tietê, Brasil
E-mail: kmrduarte@sp.gov.br

Carla Cachoni Pizzolante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4992-5982>
APTA Regional Brotas, Brasil
E-mail: carla.pizzolante@sp.gov.br

Resumo

Cultivares de soja apresentam desempenho agronômico diferenciado em função do ambiente de produção. Objetivou-se estudar o desempenho agronômico e a adaptabilidade de diferentes cultivares de soja avaliadas nos municípios de Cândido Mota, Palmital e Brotas visando identificar as mais adequadas ao plantio na região, auxiliando os produtores e técnicos regionais na escolha dos materiais a serem plantados nas safras vindouras. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com 19 cultivares e 4 repetições por ensaio, sendo que as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Informações sobre adaptabilidade e estabilidade foram determinadas pelo procedimento de Annicchiarico (1992), modificado por Schmildt et al. (2011). Os caracteres avaliados foram: altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem (AIPV), produtividade de grãos e massa de mil grãos (MMG). Verificou-se que há diferença na produtividade de grãos, MMG, altura de plantas e AIPV entre as cultivares avaliadas nos diferentes ambientes. Existem cultivares comerciais com adaptabilidade ampla (HO Paraguaçu, HO Iguazu) e cultivares com adaptabilidade específica (DM 66i68, NK 6356, NS 6446, GH 6433) em função do ambiente de produção. Avaliações regionais devem ser realizadas continuamente e em diferentes locais a fim de se obter informações consistentes acerca do desempenho agronômico de novas cultivares.

Palavras-chave: *Glycine max* L.; Indicação de cultivares; Modelos biométricos; Produtividade de grãos.

Abstract

Soybean cultivars present distinct agronomic performance depending on the production environment. The objective was to study the agronomic performance and adaptability of different soybean cultivars evaluated in the municipalities

of Cândido Mota, Palmital and Brotas in order to identify the most suitable for planting in the helping producers and regional technicians in choosing the materials to be planted in the coming crops. The experimental design used was the one of completely randomized blocks, with 19 cultivars and 4 replications per trial, the means being grouped by using the Scott-Knott test at 5% probability. Information on adaptability and stability was determined by using the procedure of Annicchiarico (1992), modified by Schmildt et al. (2011). The traits evaluated were: plant height, first pod insertion height (AIPV), grain yield and thousand grain mass (MMG). It was found that there is a difference in grain yield, MMG, plant height and AIPV among the cultivars evaluated in different environments. There are commercial cultivars with broad adaptability (HO Paraguaçu, HO Iguazu) and cultivars with specific adaptability (DM 66i68, NK 6356, NS 6446, GH 6433) depending on the production environment. Regional assessments must be carried out continuously and in different locations in order to obtain consistent information about the agronomic performance of new cultivars.

Keywords: Biometric models; Cultivar indication; *Glycine max* L.; Grain yield.

Resumen

Los cultivares de soja presentan diferentes comportamientos agronómicos según el entorno de producción. El objetivo fue estudiar el comportamiento agronómico y la adaptabilidad de diferentes cultivares de soja evaluados en los municipios de Cândido Mota, Palmital y Brotas con el fin de identificar los más aptos para la siembra en la región, ayudando a los productores y técnicos regionales en la elección de los materiales a sembrar. en los cultivos venideros. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar, con 19 cultivares y 4 repeticiones por ensayo, agrupando las medias mediante la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad. La información sobre adaptabilidad y estabilidad se determinó mediante el procedimiento de Annicchiarico (1992), modificado por Schmildt et al. (2011). Los caracteres evaluados fueron: altura de planta, altura de inserción de la primera vaina (AIPV), productividad de grano y masa de mil granos (MMG). Se encontró que existe diferencia en rendimiento de grano, MMG, altura de planta y AIPV entre los cultivares evaluados en diferentes ambientes. Existen cultivares comerciales con amplia adaptabilidad (HO Paraguaçu, HO Iguazu) y cultivares con adaptabilidad específica (DM 66i68, NK 6356, NS 6446, GH 6433) dependiendo del ambiente de producción. Se deben realizar evaluaciones regionales de forma continua y en diferentes lugares para obtener información consistente sobre el desempeño agronómico de los nuevos cultivares.

Palabras clave: *Glycine max* L.; Indicación de cultivar; Modelos biométricos; Productividad de granos.

1. Introdução

A produção nacional de soja, estimada para a safra 2023/2024, foi de 147,6 milhões de toneladas, com produtividade de 3,229 t ha⁻¹. A produção do Estado de São Paulo foi de 3,65 milhões de toneladas, ou seja, 2,5% da produção nacional, com produtividade estimada em 2,800 t ha⁻¹ (CONAB, 2024).

Atualmente constam 2.376 cultivares de soja registradas junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA, para cultivo no Brasil. Nos últimos 5 anos, ou seja de 2019 a 2023, foram registradas 976 cultivares de soja sendo que, destas, 360 cultivares tem recomendação para cultivo na Região Edafoclimática (REC) SP-201 e 141 cultivares com recomendação para cultivo na REC SP-203 (MAPA, 2024). Tal situação resulta em insegurança por parte dos técnicos e produtores acerca da adoção ou não das novas cultivares, tendo em vista que o desempenho das cultivares depende de vários fatores que podem ocorrer durante o ciclo da cultura.

Na recomendação do material genético, deve-se verificar a resposta diferenciada de cada material à variação ambiental, pois os efeitos genéticos e ambientais não são independentes (Bernini & Guimarães, 2020). Como consequência, faz-se necessário realizar extensiva avaliação para a identificação de genótipos superiores em produtividade e estabilidade de produção, em certa amplitude de ambientes que representem os efeitos limitantes do clima, solo e das pragas e doenças (Herrera et al., 2020).

É comum a ocorrência da interação genótipo por ambiente (IGA) que dificulta a recomendação pela dificuldade de identificação de cultivares superiores com desempenho agrônomo superior em uma gama de ambientes (Gabriel et al., 2018), tendo em vista ser desejado que apresentem alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos diversos ambientes nos quais possui recomendação (Barros et al., 2010). Ressalta-se que a IGA deve-se a fatores fisiológicos e bioquímicos inerentes a cada cultivar e tem a ver com a expressão diferenciada dos genes às variações ambientais (Kang, 1998; Ramalho et al., 2012).

A adaptabilidade é um parâmetro utilizado para designar a capacidade de cultivares responderem de forma positiva a estímulos ambientais, enquanto a estabilidade está relacionada à capacidade de apresentarem um comportamento altamente previsível frente às variações ambientais (Mariotti et al., 1976; Ramalho et al., 2012; Cruz et al., 2012). Diversos métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica. A diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a IGA (Herrera et al., 2020).

O método não paramétrico de Annicchiarico (1992) é de fácil interpretação e apresenta a vantagem de ser aplicável mesmo quando o número de ambientes avaliados é reduzido (Cruz et al., 2006). Esse método permite estimar o risco de adoção de determinado genótipo e é de fácil interpretação dos resultados, pois, a partir da determinação de um único parâmetro, engloba os conceitos de adaptabilidade e estabilidade. (Schmidt et al., 2011). Trata-se de um método comumente utilizado em estudos de adaptabilidade e estabilidade, envolvendo culturas de soja e milho (Rezende et al., 2021).

Neste trabalho, objetivou-se estudar o desempenho agrônomico e a adaptabilidade de diferentes cultivares de soja avaliadas nos municípios de Cândido Mota, Palmital e Brotas visando identificar as mais adequadas ao plantio na região, auxiliando os produtores e técnicos regionais na escolha dos materiais a serem plantados nas safras vindouras.

2. Metodologia

Os ensaios foram instalados nos municípios de Cândido Mota, Palmital e Brotas, em 2023 (Quadro 1). Utilizou-se o delineamento estatístico de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, considerando-se para as avaliações agronômicas apenas as duas linhas centrais.

Quadro 1 - Caracterização dos locais dos experimentos nos municípios Paulistas do Médio Vale do Paranapanema (Cândido Mota e Palmital) e Brotas, na safra 2023/2024.

Local	REC ¹	Altitude	Solo	Data de plantio
Cândido Mota	201	493 m	LVdf	24/10/2023
Palmital	201	443 m	LVdf	23/10/2023
Brotas	203	610 m	Neossolo Quartzarênico	23/11/2023

¹ - Região Edafoclimática (Kaster & Farias, 2012). Fonte: Autores.

Foram avaliadas as 19 cultivares de soja mais plantadas e/ou com maior potencial de cultivo na região (Quadro 2). Para tanto, realizou-se a semeadura em sistema de cultivo convencional, em solo preparado, após pastagem em Brotas e semeadura direta na palha nos demais locais, sendo: após aveia preta em Cândido Mota e após milho safrinha em Palmital.

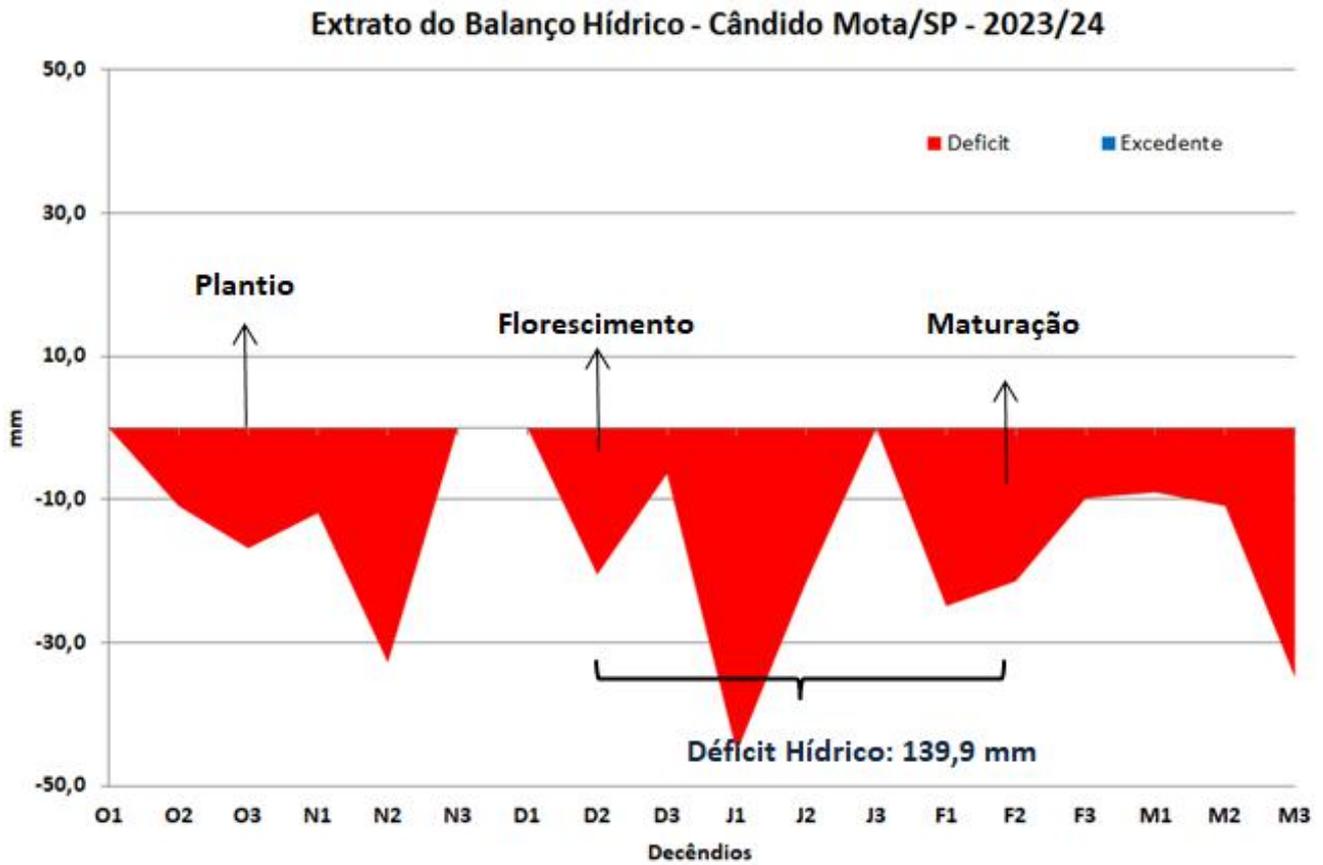
Quadro 2 - Características das cultivares avaliadas nos Municípios Cândido Mota e Palmital, safra 2023/2024.

Empresa	Cultivares	GMR*	População (1.000 pl ha ⁻¹)	Hábito de crescimento
roeste	AS 3707 I2X	7.0	180-220	Indeterminado
Brasmax	NK 6356	6.3	240-280	Indeterminado
Brasmax	BMX Nexus I2X	6.4	220-320	Indeterminado
Credenz	CZ POTENT I2X	6.4	240-260	Indeterminado
Credenz	CZ 37B43 IPRO	7.4	240-260	Indeterminado
Credenz	CZ RESULT I2X	6.3	220-240	Indeterminado
Credenz	CZ 26B12 I2X	6.1	210 a 220	Indeterminado
Credenz	CZ 26B47 I2X	6.4	220-240	Indeterminado
Credenz	CZ 37B39 I2X	7.3	220-240	Indeterminado
DonMario	DM 66i68 IPRO	6.6	250 a 320	Indeterminado
DonMario	DM 70i71 IPRO	7.0	200-340	Indeterminado
Golden Harvest	GH 6433 I2X	6.4	240 a 280	Indeterminado
HO Genética	HO Iguaçu	6.4	220-280	Indeterminado
HO Genética	HO Paraguaçu I2X	6.4	260-300	Indeterminado
HO Genética	HO Pirapó	6.4	260-300	Indeterminado
Monsoy	M6410 IPRO	6.4	220-280	Indeterminado
Nidera	NS 6446 I2X	6.4	260-300	Indeterminado
Soytech	ST 700 I2X	7.0	280	Indeterminado
Syngenta	NK 6630 I2X	6.6	240-280	Indeterminado

*- Grupo de Maturidade Relativa. Fonte: Autores.

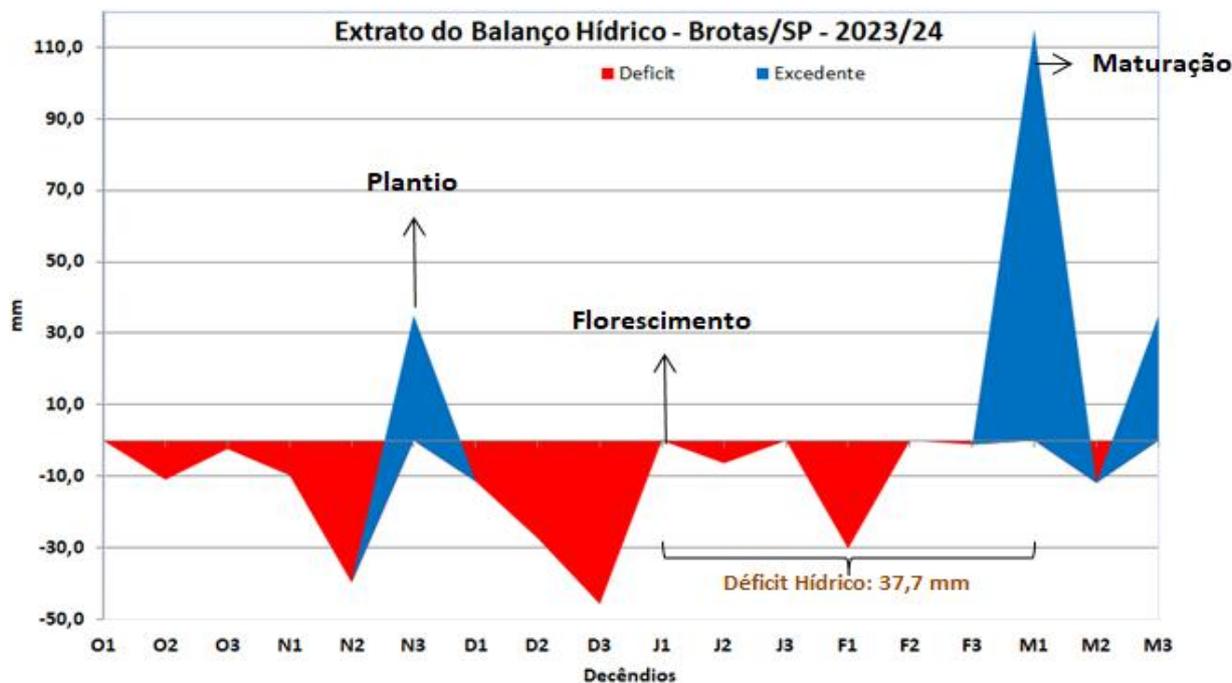
Durante o período de execução dos experimentos foram coletados dados meteorológicos por meio de Estações Meteorológicas Automáticas – EMAs (CIAGRO, 2024) e, a partir destes dados, foram elaboradas estimativas de balanço hídrico, por decêndio, para as localidades de Cândido Mota e Brotas (Figuras 1 e 2). Também foram estimados valores de déficit ou excedente hídrico, com quantificação de valores, para o período compreendido entre os estádios de florescimento e maturação das plantas (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Extrato de balanço hídrico médio decendial em Cândido Mota (SP), no período de outubro de 2023 a março de 2024, conforme metodologia proposta por Rolim et al. (1998).



Fonte dos dados: CIAGRO (2024) adaptado pelos autores.

Figura 2 - Extrato de balanço hídrico médio decendial em Brotas (SP), no período de outubro de 2023 a março de 2024, conforme metodologia proposta por Rolim et al. (1998).



Fonte dos dados: CIIAGRO (2024) adaptado pelos autores.

Os ensaios foram adubados com formulação concentrada em fósforo no plantio, na dose de 250 kg ha^{-1} de 04-30-10 e adubação de cobertura com cloreto de potássio na dose de 65 kg ha^{-1} , cerca de 35 a 40 dias após a germinação, conforme recomendações preconizadas pelo Boletim 100 do Instituto Agrônomo para a cultura no estado de São Paulo (Cantarella et al., 2022). O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram conforme recomendações técnicas preconizadas para a cultura na região.

Avaliaram-se os caracteres: altura de plantas (AP) e da inserção da primeira vagem (AIPV), definida pela medição de 10 plantas por parcela por ocasião da colheita; produtividade de grãos (PG), determinada através da colheita das duas linhas centrais de 5 metros em cada parcela experimental e; Massa média de 1.000 grãos (MMG), determinada pela separação de 8 subamostras de 100 grãos por parcela, cujas massas foram determinadas em balança com sensibilidade de centésimos de grama (Brasil, 2009). A umidade dos grãos foi determinada e os dados de produtividade e MMG foram corrigidos para 13% de umidade.

Análises de variância individuais e conjuntas foram devidamente efetuadas, considerando-se o modelo fixo e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para análise conjunta, considerou-se a homogeneidade das variâncias através dos quadrados médios (QM's) dos resíduos em que se considera a razão entre o maior e o menor quadrado médio (QM) dos resíduos, cujo resultado deve ser menor que sete para que as variâncias sejam consideradas homogêneas (Banzatto & Kronka, 2006).

A partir dos resultados médios, utilizou-se o programa GENES – aplicativo Computacional em Genética e Estatística (Cruz, 2013) para estimar parâmetros de estabilidade, utilizando-se o procedimento de Annicchiarico (1992), modificado por Schmildt et al. (2011). Para tanto, estimou-se a percentagem (Y_i) de cada genótipo em relação à média dos ambientes.

Posteriormente, estimou-se o erro-padrão da média ($\hat{\sigma}_i/\sqrt{n}$) de cada genótipo. A partir desses dados, estimou-se o índice de confiança (I_i) por meio do seguinte estimador:

$$I_i = Y_i - Z_{(1-\alpha)}(\hat{\sigma}_i/\sqrt{n})$$

Em que: I_i : índice de confiança (%); Y_i : média geral do genótipo i em porcentagem; Z : percentil $(1 - \alpha)$ da função de distribuição normal acumulada; α : nível de significância; $\hat{\sigma}_i/\sqrt{n}$: erro-padrão dos valores percentuais.

3. Resultados e Discussão

A análise de variância indicou diferenças significativas entre as cultivares para os resultados de AP, PG, MMG e AIPV para todos os locais ($P < 0,01$), exceto AIPV para Brotas ($P < 0,05$), cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. Houve interação genótipo por ambientes ($P < 0,01$) para produtividade de grãos (PG), considerando-se a análise conjunta dos 03 ambientes, entretanto, não houve interação para os resultados conjuntos de Cândido Mota e Palmital, motivo pelo qual os resultados estão dispostos considerando-se a média destes locais (Tabela 2).

No âmbito geral, verificou-se que as cultivares apresentaram valores de AP e AIPV, respectivamente, acima de 50 cm e 10 cm, evidenciando boa adaptação das cultivares para estas características, nos ambientes avaliados (Tabelas 1 e 2), mesmo com restrição hídrica observada durante boa parte do período de execução dos experimentos (Figuras 1 e 2). Altura de plantas entre 50 e 120 cm, associadas à AIPV entre 10 e 12 cm são adequadas à colheita mecanizada (Rezende & Carvalho, 2007; Garcia et al., 2007; Carmo et al. 2018).

A produtividade média de grãos observada nos experimentos de Cândido Mota e Palmital foi de 2,318 t ha⁻¹, com destaque para as cultivares HO Paraguaçu, GH 6433, HO Pirapó, M 6410, NS 6446, AS 3707, HO Iguazu, NK 6630, NK 6356 e DM 66i68, cujas médias não diferiram entre si (Scott-Knott a 5%) e com valores superiores à média do experimento. Condições climáticas desfavoráveis (Figura 1) verificadas nesta safra (2023/24) impactaram negativamente a produtividade soja (2,318 t ha⁻¹), com redução de 44,4 % na produtividade, quando comparada aos resultados obtidos na safra anterior (4,167 t ha⁻¹) (Doná et al., 2023).

Em Brotas (Tabela 2), ao se analisar o desempenho agrônômico das cultivares quanto à produtividade de grãos (PG) verifica-se o bom desempenho da cultivar BMX Nexus, cuja média diferenciou-se das demais (Scott-Knott a 5%), evidenciando boa adaptação às condições de clima e solo do local, neste ano agrícola. Ressalta-se que esta cultivar apresentou valor médio de PG (4,481 t ha⁻¹) 29,8% maior que a média do experimento (3,451 t ha⁻¹). Também, destaca-se o desempenho de outras 5 cultivares (HO Paraguaçu, HO Iguazu, CZ 26B47, ST 700 e NK 6630) cujas médias de PG não diferiram entre si (Scott-Knott a 5%) e com valores superiores à média do experimento (3,451 t ha⁻¹), o que evidencia também, boa adaptação ao cultivo nas condições edafoclimáticas do local. Ainda, importante ressaltar que a produtividade média de grãos (3,451 t ha⁻¹) obtida no experimento de Brotas foi 23,3% maior que a média de produtividade de grãos de soja (2,800 t ha⁻¹) obtida na safra 2023/24 no Estado de São Paulo (CONAB, 2024).

Por outro lado, 13 cultivares (GH 6433, DM 66i68, CZ Result, CZ 37B39, CZ Potent, NK 6356, DM 70i71, AS 3707, CZ 37B43, CZ 26B12, M 6410, HO Pirapó e NS 6446) apresentaram menores valores de PG deste experimento, cujos valores médios não diferiram entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%, sendo que, 12 cultivares apresentaram médias de PG abaixo da média do experimento (3,451 t ha⁻¹).

Vale destacar que os valores médios da massa de mil grãos (MMG) das 19 cultivares obtido em Brotas (167 g) foi superior ao obtido em Cândido Mota e Palmital (144 g), da mesma forma que a PG em Brotas (3,451 t ha⁻¹) também foi maior

que a de Cândido Mota e Palmital (2,318 t ha⁻¹), evidenciando que um dos componentes de produção afetados pelo déficit hídrico (Figura 1) foi a MMG, interferindo negativamente na produtividade de grãos, nos municípios atingidos pela falta de água durante o ciclo, principalmente na fase reprodutiva, considerada fase crítica em que o déficit hídrico pode acarretar queda drástica na produtividade da cultura (Seixas et al., 2020). De acordo com Carmo et al. (2018), o déficit hídrico aumenta o número de grãos pequenos e enrugados, devido à redução das taxas fotossintéticas, que diminui a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos. Também ocorre antecipação da maturação com consequente diminuição do período de enchimento de grãos (Seixas et al., 2020).

Tabela 1 - Resultados agronômicos médios de 19 cultivares de soja avaliadas na safra 2023/24. Cândido Mota e Palmital.

Cultivares	Altura de plantas	Altura de Inserção da Primeira vagem (AIPV)				Prod. Grãos	MMG ⁽¹⁾	Ciclo			
		C. Mota		Palmital							
	cm	cm				t ha ⁻¹	g	dias ⁽²⁾			
HO Paraguaçu	74	c	20	b	20	b	2,651	a	144	c	120
GH 6433	94	a	21	a	21	b	2,606	a	156	b	120
HO Pirapó	95	a	19	b	19	c	2,560	a	150	b	117
M 6410	89	a	20	b	20	b	2,511	a	145	c	119
NS 6446	81	b	23	a	26	a	2,491	a	166	a	120
AS3707	89	a	22	a	20	b	2,489	a	150	b	119
HO Iguaçú	87	a	25	a	22	a	2,487	a	124	d	119
NK 6630	89	a	20	b	21	b	2,456	a	172	a	118
NK 6356	76	c	17	b	19	c	2,375	a	165	a	116
DM 66i68	86	a	21	a	23	a	2,369	a	173	a	120
CZ RESULT	69	c	17	b	16	c	2,307	a	117	d	117
CZ 26B12	79	b	18	b	17	c	2,262	a	135	c	119
CZ POTENT	75	c	18	b	18	c	2,207	b	116	d	118
CZ 26B47	90	a	25	a	19	c	2,189	b	157	b	119
BMX Nexus	81	b	26	a	21	b	2,119	b	127	d	123
CZ 37B39	89	a	19	b	22	a	2,094	b	138	c	120
ST 700	92	a	23	a	23	a	1,887	c	133	c	123
DM 70i71	92	a	24	a	20	b	1,693	c	136	c	121
CZ37B43	94	a	22	a	23	a	1,668	c	137	c	119
Média	85		21		20		2,318		144		119
CV%	7,7		13,6		11,1		11,6		5,7		
F _{trat. x local}	1,03	ns	1,78	*			1,3	ns	1,6	ns	

¹ - Massa de mil grãos de soja; ² - Dias da emergência até maturação; * e ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Fonte: Autores.

Tabela 2 - Resultados agronômicos de 19 cultivares de soja avaliadas na safra 2023/24. Brotas-SP.

Cultivares	População	Altura de plantas		AIPV ⁽¹⁾		Prod. Grãos		MMG ⁽²⁾		Ciclo
	plantas ha ⁻¹	cm				t ha ⁻¹		g		dias ⁽³⁾
BMX Nexus	177.500	94	a	19	a	4,481	a	157	b	125
HO Paraguaçu	142.500	84	b	14	b	3,984	b	165	b	124
HO Iguaçu	182.500	89	a	17	a	3,838	b	176	a	125
CZ 26B47	142.500	88	a	17	a	3,769	b	192	a	125
ST 700	197.500	81	b	18	a	3,690	b	160	b	125
NK 6630	140.000	90	a	17	a	3,636	b	192	a	125
GH 6433	190.000	92	a	17	a	3,491	c	183	a	123
DM 66i68	137.500	90	a	20	a	3,423	c	200	a	125
CZ RESULT	200.000	76	b	15	b	3,361	c	143	b	123
CZ 37B39	142.500	96	a	20	a	3,344	c	160	b	127
CZ POTENT	157.500	78	b	16	b	3,292	c	146	b	123
NK 6356	192.500	81	b	16	b	3,290	c	169	b	122
DM 70i71	155.000	95	a	18	a	3,283	c	182	a	128
AS3707	205.000	94	a	18	a	3,282	c	146	b	123
CZ37B43	197.500	97	a	19	a	3,203	c	173	a	127
CZ 26B12	185.000	79	b	15	b	3,181	c	164	b	122
M 6410	202.500	82	b	17	a	3,028	c	138	b	122
HO Pirapó	257.500	67	c	15	b	3,020	c	156	b	123
NS 6446	137.500	84	b	18	a	2,970	c	182	a	125
Média	175.921	86		17		3,451		167		124
CV%		5,7		13,2		12,3		11,9		
F _{trat.}		10,8	**	2,2	*	3,2	**	3,2	**	

¹ - Altura de Inserção da Primeira vagem; ² - Massa de mil grãos de soja; ³ - Dias da emergência até maturação; * e ** - significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Fonte: Autores

Cabe ressaltar os efeitos da interação genótipo por ambiente, notadamente quando se considera os resultados obtidos em Brotas com os obtidos na Região do Vale do Paranapanema (Cândido Mota e Palmital), nesta mesma safra agrícola (Tabela 3). Nesta tabela (Tabela 3) estão apresentadas as médias relativas (%) de cada cultivar em relação à média de cada ambiente. Por esta tabela, nota-se cultivares com desempenho agrônômico positivo em Brotas (BMX Nexus, CZ 26B47, ST 700), porém com menor expressão em Cândido Mota e Palmital, bem como, cultivares com bom desempenho em ambas localidades (HO Paraguaçu, HO Iguaçu, NK 6630, GH 6433) e, ainda, cultivares cujo desempenho foi positivo nos municípios de Cândido Mota e Palmital, porém em Brotas foi inferior às demais cultivares (AS 3595, NS 6446, HO Pirapó, M 6410). Tais resultados podem ser mais bem evidenciados ao se analisar os valores de posição relativa (PR) das cultivares obtidas nos diferentes locais (Tabela 3).

Há de se considerar que vários fatores bióticos e abióticos tais como níveis de temperatura, fotoperíodo, pluviosidade, características de solos, e incidência de pragas e doenças influenciam a estatura da planta, ciclo e a produtividade de grãos da

cultura (Branquinho et al., 2014; Jiang et al., 2011) e a interação destes fatores com as diferentes cultivares avaliadas resultam em uma expressão diferenciada, principalmente quanto à PG.

Tendo em vista a ocorrência de interação de cultivares com os ambientes ($F_{\text{trat.xlocal}} = 3,29^{**}$) para PG, foram efetuadas análises de adaptabilidade e estabilidade, cujos dados estão apresentados nas Tabelas 4 e 5. Desta forma, pelo método de Annicchiarico (1992) modificado por Schmildt et al. (2011), pode-se afirmar, com 95% de confiança, que as cultivares HO Paraguaçu e HO Iguaçu serão superiores às médias dos 03 locais avaliados em 11,9% e 0,8%, respectivamente (Tabela 4). Tais cultivares foram as que manifestaram adaptabilidade ampla para os locais estudados, sendo este um parâmetro desejado pelos programas de melhoramento que buscam obter cultivares com bom desempenho agrônômico, mesmo quando submetidos a condições de estresse ambiental (Qin et al., 2015; Fried et al., 2019).

Tabela 3 - Médias relativas (%) em relação à média de cada ambiente para produtividade de grãos (PG), safra 2023-2024. Cândido Mota, Palmital e Brotas, Estado de São Paulo.

Cultivares	Cândido Mota		Palmital		Brotas		Média	
	%	PR ⁽¹⁾	%	PR	%	PR	%	PR
HO Paraguaçu	118,1	2	113,6	5	115,5	2	115,7	1
HO Iguaçu	103,9	7	114,4	3	111,2	3	109,8	2
DM 66i68	103,8	8	103,5	10	99,2	8	102,2	9
CZ RESULT	101,4	11	100,5	12	97,4	9	99,8	13
GH 6433	118,3	1	109,2	6	101,2	7	109,5	3
NK 6356	104,2	6	103,6	9	95,3	12	101,0	11
NK 6630	98,9	12	117,3	2	105,4	6	107,2	4
CZ POTENT	93,5	16	100,2	13	95,4	11	96,3	15
AS3707	104,6	5	113,8	4	95,1	14	104,5	6
CZ 26B12	95,1	14	103,4	11	92,2	16	96,9	14
CZ 26B47	93,8	15	98,1	14	109,2	4	100,4	12
CZ 37B39	96,7	13	85,9	15	96,9	10	93,2	16
NS 6446	111,3	4	106,4	7	86,1	19	101,2	10
HO Pirapó	117,5	3	105,7	8	87,5	18	103,6	7
M 6410	102,5	9	118,3	1	87,7	17	102,8	8
ST 700	86,7	17	77,9	17	106,9	5	90,5	17
BMX Nexus	101,6	10	82,6	16	129,9	1	104,7	5
CZ37B43	70,2	19	76,2	18	92,8	15	79,7	19
DM 70i71	78,0	18	69,6	19	95,1	13	80,9	18

¹ - PR - Posição relativa; Fonte: Autores.

Todavia, observando-se o desempenho da cultivar BMX Nexus, nota-se que obteve média relativa alta em Brotas, porém de menor magnitude nos demais locais avaliados (Tabela 3), o que resultou em índice de confiança para ambiente geral (I_i) abaixo do valor médio dos ambientes (Tabela 4). Desempenho contrário foi observado para as cultivares AS 3707, HO Pirapó e M 6410, cujas médias relativas foram altas em Cândido Mota e Palmital e baixas em Brotas, resultando também em menores valores de I_i (Tabela 4). Tal desempenho evidencia adaptabilidade específica aos ambientes, indicando, que as recomendações para estas cultivares deverão considerar a interação com os ambientes (Doná et al., 2019).

Tabela 4 – Análise de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$), pelo método de Annicchiarico (1992), adaptado por Schmildt et al. (2011), safra 2023-2024, considerando-se ambiente geral. Cândido Mota, Palmital e Brotas, Estado de São Paulo.

Cultivares	Média Geral ($t\ ha^{-1}$)	Ambiente Geral				
		Média Relativa		Erro-Padrão %	I _i ⁽²⁾	
		%	PR ⁽¹⁾		%	PR
HO Paraguaçu	3,095	115,7	1	2,3	111,9	1
HO Iguaçu	2,937	109,8	2	5,4	100,8	2
DM 66i68	2,721	102,2	9	2,6	97,8	3
CZ RESULT	2,659	99,8	13	2,1	96,2	4
GH 6433	2,901	109,5	3	8,6	95,1	5
NK 6356	2,680	101,0	11	5,0	92,7	6
NK 6630	2,849	107,2	4	9,3	91,5	7
CZ POTENT	2,569	96,3	15	3,5	90,5	8
AS3707	2,753	104,5	6	9,4	88,7	9
CZ 26B12	2,568	96,9	14	5,8	87,1	10
CZ 26B47	2,716	100,4	12	8,0	86,9	11
CZ 37B39	2,511	93,2	16	6,3	82,5	12
NS 6446	2,650	101,2	10	13,4	78,7	13
HO Pirapó	2,713	103,6	7	15,1	78,1	14
M 6410	2,683	102,8	8	15,3	77,1	15
ST 700	2,488	90,5	17	14,9	65,3	16
BMX Nexus	2,906	104,7	5	23,8	64,6	17
CZ37B43	2,179	79,7	19	11,7	60,0	18
DM 70i71	2,223	80,9	18	13,0	59,0	19
F _{trat. x local}	3,29 **					

¹ - PR - Posição relativa; ² - I_i: Índice de confiança para ambiente geral; Fonte: Autores.

Assim, dada às condições ambientais específicas caracterizada pela baixa disponibilidade hídrica ocorrida na safra 2023/24 (Figuras 1 e 2), principalmente nos municípios de Cândido Mota e Palmital, o método de Annicchiarico (1992) modificado por Schmildt et al. (2011) considerou, a partir dos resultados obtidos, os experimentos realizados nestes municípios como em ambientes desfavoráveis (Tabela 5), com estimativas de índices de segurança para ambiente desfavorável (I_{id}) determinadas para estes locais. Assim, a partir destas estimativas, verifica-se que as cultivares HO Paraguaçu, DM 66i68, NK 6356, NS 6446 e GH 6433 apresentaram, com 95% de confiança, índice de confiança (I_{id}) acima da média dos ambientes (Cândido Mota e Palmital), evidenciando possuírem alta estabilidade e adaptabilidade para estes locais.

Por outro lado, cultivares como AS 3707, HO Pirapó, HO Iguaçu, M 6410 e NK 6630 obtiveram valor médio de produtividades de grãos acima da média (Tabela 5), porém seus valores de índice de confiança (I_{id}) ficaram abaixo da média dos ambientes, demonstrando menor estabilidade, ou seja, desempenho pouco previsível frente às variações ambientais (Cruz et al., 2012; Ramalho et al., 2012).

Tabela 5 – Análise de adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de grãos (PG), pelo método de Annicchiarico (1992), adaptado por Schmildt et al. (2011), safra 2023-2024, considerando-se ambiente desfavorável. Cândido Mota e Palmital, Estado de São Paulo.

Cultivares	Média nos ambientes desfavoráveis (t ha ⁻¹)	Ambiente desfavorável (Cândido Mota e Palmital)					
		Média Relativa		Erro-Padrão		I _{id} ⁽²⁾	
		%	PR	%		%	PR
HO Paraguaçu	2,651	115,9	1	3,2		110,5	1
DM 66i68	2,369	103,7	10	0,2		103,3	2
NK 6356	2,375	103,9	9	0,4		103,3	3
NS 6446	2,491	108,8	7	3,5		102,9	4
GH 6433	2,606	113,7	2	6,4		102,9	5
CZ RESULT	2,307	100,9	11	0,7		99,8	6
AS3707	2,489	109,2	5	6,5		98,2	7
HO Pirapó	2,560	111,6	3	8,4		97,5	8
HO Iguaçu	2,487	109,2	6	7,4		96,7	9
M 6410	2,511	110,4	4	11,2		91,6	10
CZ 26B47	2,189	95,9	14	3,1		90,8	11
CZ 26B12	2,262	99,2	12	5,9		89,3	12
CZ POTENT	2,207	96,8	13	4,8		88,8	13
NK 6630	2,456	108,1	8	13,0		86,2	14
CZ 37B39	2,094	91,3	16	7,7		78,3	15
ST 700	1,887	82,3	17	6,2		71,8	16
BMX Nexus	2,119	92,1	15	13,5		69,4	17
CZ37B43	1,668	73,2	19	4,3		66,0	18
DM 70i71	1,693	73,8	18	5,9		63,8	19

¹ - PR - Posição relativa; ² - I_{id}: Índice de confiança para ambiente desfavorável. Fonte: Autores.

Ao longo dos anos, verifica-se a oferta de um grande número de cultivares possíveis de serem cultivadas regionalmente (MAPA, 2024). Porém, a partir dos resultados obtidos, nota-se a existência de cultivares com adaptabilidade ampla, adaptabilidade específica a certos locais e condições ambientais e, cultivares com boa estabilidade de produção. Tal situação implica na necessidade de avaliação das cultivares em vários locais e em pelo menos dois anos (Herrera et al., 2020; Doná et al., 2023), a fim de se obter resultados mais consistentes acerca do desempenho agrônômico das cultivares por região e de modos a gerar recomendações mais seguras para a região de atuação.

4. Conclusão

Existem cultivares comerciais com adaptabilidade ampla (HO Paraguaçu, HO Iguaçu) e cultivares com adaptabilidade específica (DM 66i68, NK 6356, NS 6446, GH 6433) em função do ambiente de produção.

Novos estudos de avaliação regional devem ser realizadas em diferentes anos e locais a fim de se obter informações consistentes acerca do desempenho agrônômico de novas cultivares que anualmente são incorporadas ao mercado.

Referências

- Annicchiarico, P. (1992). Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, 46(1), 269-278.
- Banzatto, D. A. & Kronka, S. N. (2006). *Experimentação agrícola* (4ª ed.). FUNEP.

- Barros, H. B., Sediyaama, T., Texeira, R. C., Fidelis, R. R., Cruz, C. D. & Reis, M. S. (2010). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados no estado do Mato Grosso. *Revista Ceres*, 57(3), 359-366.
- Bernini, C. S. & Guimarães, P. S.(2020). Agronomic performance and stability and of grain yield of f2 populations maize hybrids. *Scientific Electronic Archives*, 13, 1-9. <https://doi.org/10.36560/13920201118>
- Branquinho, R. G., Duarte, J. B., Souza, P. I. M., Silva Neto, S. P. & 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para análise de sementes*. MAPA/ACS.
- Cantarella, H., Quaggio, J. A., Mattos Jr., D., Boaretto, R. M., van Raij, B. (2022). *Boletim 100 : recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: IAC.
- Carmo, E. L. do, Braz, G. B. P., Simon, G. A., Silva, A. G. da & Rocha, A. G. C. (2018). Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(1), 61–69. <https://doi.org/10.5965/223811711712018061>
- CIAGRO – Centro Integrado de Informações Meteorológicas (2024). *Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo*. <http://www.ciagro.org.br/diario/periodo>
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2024). *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos*. CONAB, 11, safra 2023/24, n. 8 oitavo levantamento, maio 2024.
- Cruz, C. D. (2006). *Programa Genes - Biometria. 1*. Editora UFV.
- Cruz, C. D. (2013). GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, 35(3), 271-276.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J. & Carneiro, P. C. S. (2012) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. v.1 (4a ed.) Editora UFV.
- Doná, S., Kanthack, R. A. D., Cação, M. M. F. R., Santos, G. X. L., Cordeiro-Junior, O. S., Nakayama, F. T., Finoto, E. L. & Leão, P. C. L. (2019). Desempenho agrônomo de cultivares de soja no Vale do Paranapanema, safras 2017/18 e 2018/19. *Nucleus*, edição Especial. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.3626>
- Doná, S., Ferreira, A. C., Finoto, E. L. & Cação, M. M. F. R. (2023). Cultivares de soja avaliadas no Vale do Paranapanema, safra 2022/2023. *Nucleus*, edição Especial. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.4132>
- Fried, H. G., Narayanan, S. & Fallen, B. (2019). Evaluation of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] genotypes for yield, water use efficiency, and root traits. *PLOS ONE*, 14(2), e0212700. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212700>
- Gabriel, A., Faria, M. V., Battistelli, G. M., Rossi, E. S., Silva, C. A. D., Marck, D. F. D., & Gava, E. (2018). Desempenho agrônomo e estabilidade de topcrosses de milho avaliados em Minas Gerais e Paraná. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(2), 303–316. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p303-316>
- Garcia, A., Pípolo, A. E., Lopes, I. A. N. & Portugal, F. A. F. (2007). *Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas*. Embrapa Soja (Circular Técnica, 51).
- Herrera, G. C., Poletine, J. P., Brondani, S. T., Barelli, M. A. A. & Silva, V. P. (2020). Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja na Região Sul do Brasil por meio de modelagem mista. *Journal of Agronomic Sciences*, 9, 185-202. <https://pag.uem.br/antiores/v9n>
- Jiang, Y., Wu, C., Zhang, L., Hu, P., Hou, W., Zu, W. & 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.
- Kang, M. S. (1998). Using genotype by environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*, 62, 199-252.
- Kaster, M. & Farias, J. R. B. (2012). *Regionalização dos testes de valor de cultivo e uso e da indicação de cultivares de soja - terceira aproximação*. Embrapa Soja (Documentos, 330).
- MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária (2024). *Cultivares ou espécies registradas*. Brasília, DF: MAPA. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares/cultivares-ou-especies-registradas>
- Mariotti, I. A., Oyarzabal, E. S., Osa, J. M., Bulacio, A. N. R. & Almada, G. H. (1976). Analisis de estabilidad y adaptabilidade de genótipos de cana de azucar. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronomica del Nordeste Argentino*, 13(14), 105-127.
- Qin, J., Xu, R., Li, H., Yang, C., Liu, D., Liu, Z., Zhang, L., Lu, W., Frett, T., Chen, P., Zhang, M. & Qiu, L. (2015). Evaluation of productivity and stability of elite summer soybean cultivars in multi-environment trials. *Euphytica*, 206(3), 759-773. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1513-1>
- Ramalho, M. A. P., Abreu, A. F. B., Santos, J. B. & Nunes, J. A. R. (2012). *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Editora UFLA.
- Rezende, P. M. & Carvalho, E. A. (2007). Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o Sul de Minas Gerais. *Cienc. Agrotec.* 31, 1616-1623. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600003>

Rezende, W. S., Cruz, C. D. & Borém, A. (2021). Half a century of studying adaptability and stability in maize and soybean in Brazil. *Scientia Agricola*, 78(3), e20190197. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0197>

Rolim, G. S., Sentelhas, P. C. & Barbieri, V. (1998). Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6(1), 133-137.

Schmidt, E. R., Nascimento, A. L., Cruz, C. D. & Oliveira, J. A. R. (2011). Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(1), 51–58.

Seixas, C. D. S., Neumaier, N., Balbinot Junior, A. A., Krzyzanowski, F. C. & Leite, R. M. V. B. de C. (2020). *Tecnologias de produção de soja*. Embrapa Soja (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).