



ARTIGO ORIGINAL

Anna Karolina Grunvald¹
Claudio Guilherme Portela de
Carvalho^{2*}
Ana Cláudia Barneche de Oliveira³
João Leonardo Fernandes Pires⁴
Helio Wilson Lemos de Carvalho⁵
Ivênio Rubens de Oliveira⁶

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM,
Departamento de Agronomia, Avenida Colombo,
5790, 87020-900, Maringá, PR, Brasil

²Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970,
Londrina, PR, Brasil

³Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403,
96010-971, Pelotas, RS, Brasil

⁴Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970,
Passo Fundo, RS, Brasil

⁵Embrapa Tabuleiros Costeiros, Caixa Postal 44,
49001-970, Aracaju, SE, Brasil

⁶Embrapa Sede Parque Estação Biológica, s/n,
70770-901, Brasília, DF, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: portela.carvalho@embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Helianthus annuus L.
Interação genótipo ambiente
Qualidade do óleo
Melhoramento genético

KEYWORDS

Helianthus annuus L.
Genotype/environment interaction
Oil quality
Genetic improvement

Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de girassol convencional e alto oleico na Região Sul do Brasil

Adaptability and stability of conventional and high oleic sunflower genotypes cultivated in southern Brazil

RESUMO: O óleo de sementes de genótipos convencionais de girassol apresenta, geralmente, teores de 55 a 65% de ácido graxo linoleico, que pode reduzir o colesterol plasmático total e a fração LDL-colesterol, além de reduzir os riscos de doenças cardiovasculares. Além dos convencionais, genótipos mutantes têm sido obtidos com teores superiores a 80% de ácido graxo oleico, cujo óleo possui maior estabilidade na fritura, além de trazer benefícios à saúde. O objetivo do presente trabalho foi comparar métodos e avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de rendimento de grãos e de óleo de genótipos de girassol convencional e alto oleico na Região Sul do Brasil, uma das regiões promissoras para o seu cultivo. Os dados dos componentes de rendimento foram obtidos entre 2008 e 2010, de ensaios conduzidos em delineamento de blocos casualizados, em diferentes locais dos Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. O estudo de adaptabilidade e estabilidade foi feito por meio dos métodos Eberhart e Russell, Rocha et al., Lin e Binns modificado por Carneiro, Annicchiarico, e Porto, Carvalho e Pinto. Os híbridos convencionais V 50070 e Paraíso 20 tiveram adaptabilidade a ambientes favoráveis e desfavoráveis para os dois componentes de rendimento. Os três últimos métodos apresentaram grande similaridade e possibilitaram ainda selecionar genótipos com desempenho em ambientes específicos, mesmo quando não se destacaram na média geral. Os híbridos EXP 1450 (alto oleico) e PARAÍSO 33 (convencional) foram indicados para ambientes desfavoráveis e favoráveis, respectivamente.

ABSTRACT: Conventional sunflower genotypes present linoleic fatty acid levels between 55 and 65 %, which has been proved to reduce plasma cholesterol and, as a consequence, the risk of cardiovascular diseases. Furthermore, mutant genotypes have been obtained with amounts of oleic fatty acid that exceed 80 %. Oleic fatty acid exhibits greater oxidative stability during the refining process, in storage, and in cooking applications, providing benefits to human health. The objective of this study was to evaluate the adaptability and stability of sunflower genotypes cultivated in southern Brazil, where the environmental conditions are promising to produce this oilseed crop. The grain and oil yields of conventional and high oleic genotypes were evaluated from 2008 to 2009. Yield components were evaluated in various locations in Rio Grande do Sul and Paraná states, where the trials were established under randomized block designs. The adaptability and stability of genotypes were evaluated by the following methods: Eberhart and Russell; Rocha et al.; Lin and Binns modified by Carneiro; Annicchiarico and Porto; Carvalho and Pinto. The conventional hybrids V 50070 and Paraíso 20 presented adaptability to favorable and unfavorable environments for both yield components. The last three methods showed great similarity and even allowed to select genotypes with performance in specific environments, even when not highlighted in the overall average. The hybrids EXP 1450 (high oleic) and PARAISO 33 (conventional) were indicated for favorable and unfavorable environments, respectively.

Recebido: 24/07/2013

Aceito: 03/12/2013

1 Introdução

O óleo de sementes de genótipos convencionais de girassol (*Helianthus annuus* L.) tem boa qualidade nutricional, pois apresenta, em sua composição, teores de 55 a 65% de ácido graxo linoleico. A presença desse ácido graxo na alimentação humana pode reduzir o colesterol no plasma sanguíneo e, por consequência, o fator de risco de doenças cardiovasculares (Miller et al., 1987).

Além da qualidade do óleo, o girassol apresenta características agrônomicas importantes, como maior tolerância à seca, ao frio e ao calor, quando comparado à maioria das espécies cultivadas no Brasil (Leite et al., 2005). Estas características tornam a cultura uma importante alternativa econômica em sistemas de rotação ou sucessão de cultivos nas regiões produtoras de grãos. Dentre os estados produtores, incluem-se o Rio Grande do Sul e o Paraná, onde a semeadura é feita entre os meses de agosto e outubro, para minimizar os riscos de doenças limitantes e favorecer a colheita em épocas de altas temperaturas (Grunvald et al., 2008).

No Brasil, híbridos convencionais de girassol desenvolvidos por diferentes programas de melhoramento genético têm sido avaliados, para fins de registro de cultivares, por meio da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e conduzida em diferentes Estados. Dentre outros caracteres, verifica-se nestes ensaios o comportamento dos híbridos quanto a rendimento de grãos e de óleo frente a variações ambientais. Para o girassol, isto se torna mais relevante, pois a maioria das cultivares utilizadas – ou em lançamento – foi desenvolvida em outros países, com características diferentes de solo e de clima (Porto et al., 2009). Além disso, essas avaliações devem ser realizadas de modo contínuo, para fornecer informações de novos híbridos a serem disponibilizados para os agricultores.

No processo seletivo, têm sido realizados estudos de adaptabilidade e estabilidade dos híbridos quanto aos componentes de rendimento, devido à presença de interação genótipo \times ambiente. Estes estudos possibilitam identificar genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas (ambientes favoráveis ou desfavoráveis) ou amplas (Cruz; Carneiro, 2006). Para isto, diversos métodos têm sido propostos, diferenciando-se quanto ao conceito de estabilidade adotado e de certos princípios estatísticos utilizados. Contudo, apesar da relevância, poucos estudos têm sido realizados na Região Sul (Grunvald et al., 2009; Porto et al., 2009).

Recentemente, além do girassol convencional, estão sendo avaliados, na Rede de Ensaios, híbridos que apresentam, no seu óleo, alto teor de ácido graxo oleico (superior a 80%) (Grunvald et al., 2013). Esse alto teor de ácido oleico é expresso por um gene principal com dominância incompleta (OI), associado a um gene modificador recessivo (ml) (Miller et al., 1987). Na medida em que essa característica é controlada por poucos genes, o desenvolvimento de genótipos alto oleicos, em programas de melhoramento, é feito por meio de retrocruzamentos. Esses genes, que conferem o alto teor de ácido oleico, proporcionam alta estabilidade no teor desse ácido, face às variações do ambiente (Salera; Baldini, 1998). A vantagem do genótipo alto oleico é que seu óleo apresenta maior grau de estabilidade oxidativa (Fuller et al., 1967; Miller et al., 1987), além dos benefícios à saúde, como aqueles proporcionados pelo ácido graxo linoleico. Contudo, ainda

não há informações sobre o comportamento desses genótipos cultivados no país.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de híbridos de girassol convencional e alto oleico na Região Sul do Brasil, comparando diferentes métodos de avaliação.

2 Material e Métodos

Os dados de rendimento de grãos e de óleo (kg ha^{-1}) foram obtidos de ensaios conduzidos entre os anos de 2008/2009 e 2009/2010, em diversos locais dos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e do Paraná (PR). Os ensaios pertencem à Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja e que contou com a participação de diversas empresas públicas e privadas. As características dos locais, com as respectivas instituições responsáveis pelos ensaios, estão descritas na Tabela 1.

Os ensaios foram instalados entre os meses de agosto e outubro, em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,7 a 0,9 m. As duas linhas externas de cada parcela foram descartadas como bordaduras, obtendo-se uma área útil na parcela de 7,0 a 9,0 m^2 . Os tratos culturais de adubação e capina foram realizados para possibilitar um melhor desenvolvimento das plantas.

Foram avaliados dez híbridos simples durante dois anos, nas safras 2008/2009 (Ensaios Finais de Primeiro Ano) e 2009/2010 (Ensaios Finais de Segundo Ano). Os híbridos EXP 1450 e o NTO 3.0 são alto oleicos e o restante é convencional. Os híbridos convencionais M 734 e HELIO 358 foram considerados testemunhas para rendimento de grãos e de óleo, respectivamente, devido à boa adaptabilidade e à estabilidade obtida por estes híbridos em ensaios anteriores (Grunvald et al., 2009; Porto et al., 2009). A colheita foi feita entre 90 e 130 dias após a semeadura, dependendo do local de cultivo, sendo que a produtividade de grãos foi corrigida para 11% de umidade. A análise do teor de óleo foi obtida de sementes intactas, analisadas por meio da Espectroscopia de Infravermelho Próximo – NIR (Thermo Scientific, modelo Antaris II).

Foram realizadas análises de variância para os dados dos componentes de rendimento, avaliados em cada local e ano. Como nem sempre os locais de teste nos Ensaios Finais de Primeiro Ano foram os mesmos dos Ensaios Finais de Segundo Ano, foi realizada análise conjunta de ambientes (local e ano específicos). Para isso, verificou-se a existência de homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises individuais. Considerou-se a existência de homogeneidade quando houve uma relação inferior a sete entre o maior e o menor quadrado médio residual (Pimentel Gomes, 1985). Os efeitos de híbridos foram considerados fixos e os de ambientes, aleatórios.

O estudo de adaptabilidade e estabilidade foi feito por meio dos métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (Cruz; Carneiro, 2006), Annicchiarico (1992), Rocha et al. (2005) e Porto et al. (2007).

O método de Eberhart e Russell (1966) leva em consideração, na avaliação dos híbridos, o rendimento médio do genótipo (RMG), o seu coeficiente de regressão (β_{1i}) e a variância dos

desvios dessa regressão ($\sigma_{\delta_i}^2$). Seus respectivos estimadores são dados por (Equações 1, 2):

$$\hat{\beta}_{ii} = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ em que } I_j = \frac{\sum_j Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)} \quad (1)$$

$$\hat{\sigma}_{\delta_i}^2 = \frac{\left[\sum Y_{ij}^2 - \left(\sum_j Y_{ij} \right)^2 / a \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{a - 2} \quad (2)$$

Por este método, os híbridos com coeficiente de regressão igual à unidade ($\beta_{ii}=1$) possuem adaptabilidade geral ou ampla; os híbridos com $\beta_{ii}>1$ mostram adaptabilidade específica para ambientes favoráveis, e os híbridos com $\beta_{ii}<1$, adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis. Híbridos com estabilidade alta são aqueles com desvio da regressão igual a zero ($\sigma_{\delta_i}^2=0$) e os de baixa estabilidade, com $\sigma_{\delta_i}^2>0$. Assim, um híbrido ideal é aquele que apresenta alto rendimento médio do genótipo (RMG), $\beta_{ii}>1$ e $\sigma_{\delta_i}^2=0$. A classificação dos ambientes favoráveis (índice ambiental > 0) ou desfavoráveis (índice ambiental < 0) é realizada por meio do índice ambiental, que é a diferença entre a média dos genótipos avaliados em dado ambiente e a média geral dos experimentos. Neste estudo, foram selecionados 40% dos genótipos mais produtivos (Verma et al, 1978).

Para a recomendação de genótipos, pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Cruz e Carneiro (2006), é

$$\text{realizada a decomposição da medida de } P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

Lin e Binns (1988) nas suas partes relativas a ambientes

$$\text{favoráveis } P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^a (X_{ij} - M_j)^2}{2f} \text{ e a ambientes desfavoráveis}$$

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^a (X_{ij} - M_j)^2}{2d}$$

Em que:

- X_{ij} = rendimento do i-ésimo genótipo, no j-ésimo ambiente;
- M_j = resposta máxima observada entre todos os genótipos no j-ésimo ambiente;
- n = número de ambientes;
- f = número de ambientes favoráveis;
- d = número de ambientes desfavoráveis.

Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original do método de Lin e Binns, e para os ambientes favoráveis e desfavoráveis, a recomendação é feita com base nos P_{if} e P_{id} , respectivamente. Similarmente ao método de Eberhart e Russell (1966), a superioridade dos genótipos nos ambientes distintos foi verificada pela seleção dos 40% dos genótipos que apresentaram os menores valores de P_{if} e P_{id} .

No método de Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente. Deste modo, estima-se um índice de recomendação (ω_i) considerando um coeficiente de confiança de 75%. Este índice é obtido pela expressão $\omega_i = \hat{\mu}_i - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{zi}$.

Em que:

- ω_i = índice de recomendação do desempenho de um determinado cultivar com relação à média do ambiente;
- $\hat{\mu}_i$ = média geral do cultivar i em percentagem;
- $Z_{(1-\alpha)}$ = percentual $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada;
- $\hat{\sigma}_{zi}$ = desvio padrão dos valores percentuais;
- α = nível de significância pré-fixado (0,25).

Os genótipos selecionados foram aqueles que apresentaram índices de recomendação (ω_i) superiores ou próximos – acima de 97 – de 100. Calculou-se, também, a estimativa do parâmetro de adaptabilidade proposto por Annicchiarico (1992) nos ambientes favoráveis (ω_{if}) e desfavoráveis (ω_{id}), conforme Cruz e Carneiro (2006).

No método do centroide proposto por Rocha et al. (2005), o ideótipo com máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I); o ideótipo com máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis apresenta

Tabela 1. Principais características dos locais da Rede de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja, no período de 2008 a 2010, e as respectivas instituições de pesquisa e responsáveis pelos ensaios.

Estado	Local	Safr	Instituição	Coordenadas Geográficas			Tipo de solo
				Latitude	Longitude	Altitude	
RS	Ijuí	2008/2009 ¹	UNIJUÍ	28° 26' 30" S	54° 00' 58" W	328 m	Latossolo Vermelho
	Passo Fundo	2008/2009 ¹	Embrapa Trigo	28° 07' 38" S	52° 17' 46" W	721 m	Latossolo Vermelho Distroférico
	Rio Pardo	2008/2009 ¹	AFUBRA	29° 52' 26" S	51° 23' 22" W	84 m	Argissolo Vermelho Amarelo
	Santa Rosa	2009/2010 ²	COOPERMIL	27° 50' 25" S	54° 26' 43" W	248 m	Latossolo Vermelho Distroférico
	São Borja	2008/2009 ¹	FEPAGRO	28° 39' 44" S	56° 00' 44" W	99 m	Nitossolo Vermelho Distroférico
	Vacaria	2009/2010 ²	FEPAGRO	28° 30' 09" S	50° 56' 12" W	955 m	Latosolo Bruno Distroférico
PR	Campo Mourão	2008/2009 ¹	Coopermibra	24° 02' 44" S	52° 22' 59" W	585 m	Latossolo Vermelho Distroférico
	Curitiba	2009/2010 ²	PUC - PR	25° 37' 32"	49° 15' 29" W	910 m	Cambissolo Háplico
	Londrina	2008/2009 ¹	Embrapa Soja	23° 19' 49" S	51° 8' 12" W	630 m	Latossolo Vermelho Distroférico
	Londrina	2009/2010 ²	Embrapa Soja	23° 19' 49" S	51° 8' 12" W	630 m	Latossolo Vermelho Distroférico

¹Ensaio Final de Primeiro Ano; ²Ensaio Final de Segundo Ano.

máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II); o ideótipo com máxima adaptabilidade específica para ambientes desfavoráveis apresenta máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima, em ambientes favoráveis (ideótipo III), e o ideótipo de mínima adaptabilidade apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (ideótipo IV).

No método de Porto et al. (2007), é realizada a decomposição do rendimento médio do genótipo (RMG) de cada caráter, avaliado quanto ao rendimento em ambientes favoráveis (RMF) e em ambientes desfavoráveis (RMD). Um genótipo tem indicação geral quando o mesmo apresentar altos RMF e RMD nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente; um genótipo é indicado para os ambientes favoráveis quando mostrar alto RMF nos ambientes favoráveis e baixo RMD nos ambientes desfavoráveis, e um genótipo é indicado para os ambientes desfavoráveis quando tiver alto RMD nos ambientes desfavoráveis e baixo RMF nos ambientes favoráveis. Similarmente ao método de Eberhart e Russell (1966), a superioridade dos genótipos em RMF e RMD foi verificada pela seleção de 40% dos genótipos mais produtivos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Genes (CRUZ, 2006). Os RMF e RMD, utilizados pelo método de Porto et al. (2007), foram obtidos também pelo mesmo programa.

3 Resultados e Discussão

Nas análises de variância conjuntas, para rendimento de grãos e de óleo (kg ha^{-1}), diferenças significativas ($p < 0,01$) entre genótipos e na interação genótipos \times ambientes ($G \times A$) foram observadas, indicando mudança no desempenho produtivo dos genótipos nos diversos ambientes avaliados e justificando a realização de estudos de adaptabilidade e estabilidade. Interações $G \times A$ foram, também, observadas em outros estudos de avaliação de genótipos de girassol nas Regiões Sul (Grunvald et al., 2009; Porto et al., 2009) e

Central do Brasil (Grunvald et al., 2008; Porto et al., 2008). O coeficiente de variação (C.V.) para rendimento de grãos foi de 15,35% e para rendimento de óleo foi de 15,73%. Segundo Pimentel-Gomes (1985) e Carvalho et al. (2003), esses valores são classificados como médios e indicam que a precisão experimental foi satisfatória.

No estudo de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Eberhart e Russell (1966), verificou-se que, para o rendimento de grãos, os híbridos convencionais V 50070, M 734 (testemunha), PARAÍSO 20 e ALBISOL 2 tiveram os maiores rendimentos médios (RMG) (Tabela 2). Esses híbridos apresentaram adaptabilidade geral ($\beta_{ii}=1$), exceto o M 734 ($\beta_{ii}>1$). Desses híbridos, apenas o ALBISOL 2 apresentou alta estabilidade ($\sigma_{\delta_i}^2=0$), sendo considerado ideal para Eberhart e Russell (1966). Apesar de terem apresentado desvio da regressão não nulo, os híbridos V 50070 e M 734 não devem ser considerados totalmente indesejáveis, uma vez que os valores de R^2 foram acima de 80% (Cruz; Carneiro, 2006). Quanto ao rendimento de óleo, os híbridos PARAÍSO 20 e V 50070 mostraram alto RMG, adaptabilidade geral ($\beta_{ii}=1$) e baixa estabilidade ($\sigma_{\delta_i}^2>0$) (Tabela 3). Outros híbridos apresentaram também alto RMG, porém adaptabilidade em ambientes específicos. A testemunha HELIO 358 e o híbrido alto oleico EXP 1450 apresentaram adaptabilidade para ambientes favoráveis ($\beta_{ii}>1$) e desfavoráveis ($\beta_{ii}<1$), respectivamente, e baixa estabilidade ($\sigma_{\delta_i}^2>0$).

A correlação entre o rendimento médio de grãos e o de óleo foi de 0,57. Este valor revela que um genótipo pode ter apresentado bom desempenho em rendimento de grãos, mas não necessariamente em rendimento de óleo. O híbrido ALBISOL 2, por exemplo, foi considerado ideal para o rendimento de grãos, com rendimento de 1.818 kg ha^{-1} , mas não foi selecionado para o rendimento de óleo. Este híbrido apresentou rendimento médio de óleo de 796 kg ha^{-1} , valor inferior aos 40% dos genótipos selecionados no presente estudo. Segundo Oliveira et al. (2005), quando um genótipo for superior em apenas uma das características avaliadas, a

Tabela 2. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, obtidos por diferentes métodos, para o caráter rendimento de grãos (kg ha^{-1}), nas safras 2008/2009 e 2009/2010.

Genótipo	RMG	Eberhart e Russell (1966)			Lin e Binns (1988)			Annicchiarico (1992)			Porto et al. (2007)	
		$\beta_{ii}^{2/}$	$\sigma_{\delta_i}^{2\ 3/}$	$R^{2\ 4/}$	P_i	P_{if}	P_{id}	ω_{ig}	ω_{if}	ω_{id}	RMF ^{5/}	RMD ^{6/}
V 50070 (LIN) ^{7/}	1998	0,96 ^{ns}	74402,96 ^{##}	80,3	76.753,5	120.236,2	33.270,7	107,8	105,1	110,4	2529	1467
M 734 (LIN)	1938	1,26 ^{**}	52306,38 ^{##}	90,1	87.269,3	105.820,1	68.718,4	101,3	103,1	99,0	2506	1370
PARAISO 20 (LIN)	1934	0,88 ^{ns}	66172,72 ^{##}	78,9	107.000,3	155.031,4	58.969,3	103,8	102,5	105,6	2435	1434
ALBISOL 2 (LIN)	1818	1,01 ^{ns}	17770,00 ^{ns}	91,9	151.822,1	156.870,5	146.773,7	97,6	98,8	96,7	2340	1296
EXP 1450 (OL)	1776	0,89 ^{ns}	50682,62 ^{##}	80,5	181.192,7	279.428,8	82.956,7	96,1	93,7	98,1	2236	1317
PARAISO 33 (LIN)	1774	1,05 ^{ns}	100102,47 ^{##}	79,2	183.766,7	140.991,0	226.542,4	92,9	98,5	87,3	2383	1164
V 20041 (LIN)	1760	0,81 [*]	59362,93 ^{##}	77,8	212.244,9	291.800,2	132.689,5	94,9	94,4	94,8	2249	1271
HELIO 358 (LIN)	1759	1,04 ^{ns}	97059,75 ^{##}	79,3	163.377,5	178.116,2	148.638,7	91,7	93,2	90,0	2278	1240
V 70003 (LIN)	1686	0,81 [*]	67622,48 ^{##}	75,9	274.791,7	361.988,6	187.594,8	89,4	88,1	91,0	2103	1268
NTO 3.0 (OL)	1684	1,25 ^{**}	249717,19 ^{##}	70,5	322.034,9	375.057,9	269.011,9	83,9	89,9	77,9	2297	1072
Média Geral	1812	-	-	-	176.025,4	216.534,1	135.516,6	95,9	96,7	95,0	2335	1289

^{1/}RMG = Rendimento médio do genótipo; ^{2/} β_{ii} = coeficiente de regressão; ^{*}^{**} significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T; ^{ns}não significativo; ^{3/} $\sigma_{\delta_i}^2$ = desvio da regressão; ^{##}significativo a 1%, pelo teste F; ^{4/} R^2 = coeficiente de determinação; ^{5/}RMF = Rendimento em ambientes favoráveis; ^{6/}RMD = Rendimento em ambientes desfavoráveis; ^{7/}LIN = Genótipo linoleico; OL = Genótipo alto oleico.

Tabela 3. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, obtidos por diferentes métodos, para o caráter rendimento de óleo (kg ha⁻¹), nas safras 2008/2009 e 2009/2010.

Genótipo	RMG	Eberhart e Russell (1966)			Lin e Binns (1988)			Annicchiarico (1992)			Porto et al. (2007)	
		$\beta_{1i}^{2/}$	$\sigma_{\delta_i}^{2\ 3/}$	$R^2\ 4/$	P_i	P_{if}	P_{id}	ω_{ig}	ω_{if}	ω_{id}	RMF ^{5/}	RMD ^{6/}
PARAÍSO 20 (LIN) ^{7/}	892	0,92 ^{ns}	17753,83 ^{##}	75,58	24.906,6	42.243,3	7.569,8	106,5	105,4	107,8	1123	662
V 50070 (LIN)	870	0,96 ^{ns}	18198,87 ^{##}	76,70	31.364,5	51.657,4	11.071,6	104,3	102,1	106,2	1106	635
HELIO 358 (LIN)	833	1,19 [*]	26202,59 ^{##}	78,81	28.818,1	35.621,7	22.014,5	96,0	98,5	93,3	1085	582
EXP 1450 (OL)	814	0,82 [*]	17887,03 ^{##}	70,79	53.062,7	87.356,6	18.768,9	97,9	95,0	100,5	1020	608
PARAÍSO 33 (LIN)	803	1,10 ^{ns}	20615,32 ^{##}	79,64	45.727,8	44.849,7	46.606,0	93,7	99,8	87,6	1082	524
ALBISOL 2 (LIN)	796	0,92 ^{ns}	3769,32 ^{ns}	89,62	47.044,4	60.671,8	33.416,9	96,0	95,8	96,5	1014	578
V 20041 (LIN)	793	0,76 ^{**}	18976,39 ^{##}	66,99	63.420,9	98.919,4	27.922,4	95,3	93,4	96,8	1002	583
NTO 3.0 (OL)	765	1,35 ^{**}	71279,04 ^{##}	65,75	72.430,1	81.424,3	63.436,0	83,8	91,0	76,8	1055	474
M 734 (LIN)	752	1,05 ^{ns}	4202,31 ^{##}	91,45	50.251,2	70.261,0	30.241,3	88,8	89,8	87,4	970	534
V 70003 (LIN)	751	0,72 ^{**}	18360,54 ^{##}	64,93	78.499,5	112.449,7	44.549,2	89,2	86,6	92,0	928	574
Média Geral	806	-	-	-	49.552,5	68.545,4	30.559,6	95,1	95,7	94,4	1038	575

^{1/}RMG = Rendimento médio do genótipo. ^{2/} β_{1i} = coeficiente de regressão; ^{*}e^{**} significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste T. ^{ns}não significativo. ^{3/} $\sigma_{\delta_i}^2$ = desvio da regressão; ^{##}significativo a 1%, pelo teste F; ^{4/} R^2 = coeficiente de determinação; ^{5/}RMF = Rendimento em ambientes favoráveis; ^{6/}RMD = Rendimento em ambientes desfavoráveis; ^{7/}LIN = Genótipo linoleico; OL = Genótipo alto oleico.

escolha do melhor híbrido pelo produtor deve se basear na política vigente de comercialização das indústrias esmagadoras de girassol. Atualmente, estas preveem bonificações aos genótipos que tenham teores de óleo acima de 40%. Conforme ocorra o aumento desta bonificação, maior será a preferência por híbridos com maior rendimento de óleo, em detrimento do rendimento de grãos. No presente estudo, os teores de óleo associados ao rendimento de óleo variaram entre 39,14 e 47,05% (Tabela 4).

Por meio do método de Lin e Binns (1988), com a decomposição proposta por Carneiro (Cruz; Carneiro, 2006), os ensaios conduzidos em Vacaria, Santa Rosa, Passo Fundo, Rio Pardo e Campo Mourão foram classificados como ambientes favoráveis, e os ensaios conduzidos em Curitiba, Londrina (Final 1 e 2), Ijuí e São Borja foram classificados como ambientes desfavoráveis. Nesta decomposição, os genótipos que apresentaram os menores (40%) valores de P_{if} e P_{id} para rendimento de grãos e de óleo foram V 50070 e PARAÍSO 20, tendo sido, portanto, recomendados para ambientes favoráveis e desfavoráveis (Tabelas 3 e 4). Além disso, para os dois componentes de rendimento, o híbrido convencional PARAÍSO 33 foi recomendado para ambientes favoráveis e o híbrido alto oleico EXP 1450, para ambientes desfavoráveis. As testemunhas M 734 e HELIO 358 foram recomendadas para ambientes em geral apenas para um dos caracteres, sendo rendimento de grãos e de óleo, respectivamente.

Ao avaliar a adaptabilidade dos genótipos pelo método de Annicchiarico (1992), com a decomposição proposta por Cruz e Carneiro (2006), para os dois componentes de rendimento, houve uma grande similaridade com os resultados obtidos pelo método de Lin e Binns (1988), com a decomposição proposta por Carneiro (Cruz; Carneiro, 2006). Contudo, o híbrido ALBISOL 2 foi selecionado para ambientes favoráveis, quanto a rendimento de grãos, somente por Annicchiarico (1992) (Tabela 3). Além disso, por este método, a testemunha HELIO 358 foi recomendada apenas para ambientes favoráveis, quanto a rendimento de óleo (Tabela 3).

Tabela 4. Teor de óleo de genótipos de girassol convencional e alto oleico, obtidos nas safras 2008/2009 e 2009/2010.

Genótipo	Teor de óleo (%)
HELIO358 (LIN) ^{1/}	47,05
EXP1450 (OL)	46,09
PARAÍSO20 (LIN)	46,05
V20041 (LIN)	45,22
PARAÍSO33 (LIN)	45,21
V70003 (LIN)	44,94
NTO3.0 (OL)	44,9
ALBISOL2 (LIN)	44,07
V50070 (LIN)	43,37
M734 (LIN)	39,14
Média Geral	44,6
CV (%)	2,38

^{1/}LIN = Genótipo linoleico; OL = Genótipo alto oleico.

Ao adotar o método do centroide proposto por Rocha et al. (2005), os dois primeiros componentes explicaram 67% da variação total e as probabilidades de pertencer a um determinado ideótipo foram, geralmente, inferiores a 30%. Segundo esses autores, para se ter uma boa confiabilidade no agrupamento, os dois primeiros componentes principais devem explicar valores próximos ou superiores a 80% da variação total e os valores de probabilidade devem ser próximos ou superiores a 50%. Assim, no presente estudo, não foi possível avaliar a adaptabilidade e a estabilidade dos genótipos utilizando esse método. Estes resultados corroboram com os obtidos por Grunvald et al. (2008) e Porto et al. (2008), que indicaram a dificuldade de selecionar genótipos de girassol no Brasil Central com o uso desse método, mesmo quando os dois componentes principais explicam mais de 80% da variação total.

Não houve diferença no estudo de adaptabilidade e estabilidade dos híbridos, quanto a rendimento de grãos,

entre os métodos de Porto et al. (2007) e de Lin e Binns (1988), com a decomposição proposta por Carneiro (Cruz; Carneiro, 2006) (Tabela 2). Para rendimento de óleo, os resultados foram similares, sendo que o primeiro método indicou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis para o híbrido V 20041 e adaptabilidade a ambientes favoráveis para a testemunha HELIO 358 (Tabela 3). O segundo método não tinha selecionado o V 20041 e mostrou que a testemunha tinha adaptabilidade a ambientes em geral.

A grande similaridade entre os métodos de Lin e Binns (1988), com a decomposição proposta por Carneiro (Cruz; Carneiro, 2006), e de Annicchiarico (1992) e Porto et al. (2007) pode ser verificada pelas correlações de Pearson, quanto aos rendimentos de grãos e de óleo, entre RMF e RMD, com os respectivos valores de P_{if} e P_{id} (com variação de $-0,82$ a $-0,95$), e entre RMF e RMD, com os respectivos valores de ω_{if} e ω_{id} (com variação de $0,91$ a $0,98$). Correlações altas foram obtidas, também, em avaliação de genótipos de girassol nas Regiões Sul (Grunvald et al., 2009; Porto et al., 2009) e Central (Grunvald et al., 2008; Porto et al., 2008) do Brasil. Estes resultados indicam que as médias dos genótipos tendem a refletir sua estabilidade, conforme definida por Carneiro (Cruz; Carneiro, 2006). Além disso, o método de Porto et al. (2007) simplifica as análises de adaptabilidade e estabilidade por utilizar os dados médios em vez de valores de P_i ou ω_i .

Dentre os métodos avaliados, os resultados obtidos pelo método de Eberhart e Russell (1966) foram os que mais divergiram em relação aos demais. Contudo, esta divergência foi inferior à verificada na seleção de genótipos de girassol nas Regiões Sul (PORTO et al., 2009) e Central do Brasil (GRUNVALD et al., 2008). Para esta segunda região, por exemplo, apenas 28% dos genótipos apresentaram classificações similares ao se adotarem os métodos de Eberhart e Russell (1966) e Porto et al. (2007), quanto a rendimento de óleo. Isto pode ser devido ao critério de seleção adotado. Em Grunvald et al. (2008), os híbridos foram comparados em relação à média das testemunhas e, no presente trabalho, o critério adotado foi de seleção de 40% dos genótipos mais produtivos. No presente estudo, apesar da pequena divergência entre os quatro métodos, os mesmos indicaram os híbridos convencionais V 50070 e Paraíso 20 como tendo adaptabilidade a ambientes favoráveis e desfavoráveis para os dois componentes de rendimento.

Ao contrário do método de Eberhart e Russell (1966), os três métodos que utilizam a análise da decomposição em ambientes favoráveis e desfavoráveis possibilitaram selecionar genótipos com desempenho em ambientes específicos, mesmo quando não se destacaram na média geral. Por exemplo, para rendimento de grãos e de óleo, os híbridos EXP 1450 (alto oleico) e PARAÍSO 33 (convencional) não apresentaram alto RMG, porém foram indicados para ambientes desfavoráveis e favoráveis, respectivamente.

4 Conclusões

Há grande similaridade na análise de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol avaliados na região Sul do Brasil ao se utilizarem diferentes metodologias. Os métodos de adaptabilidade e estabilidade possibilitam selecionar

genótipos de girassol com desempenho em ambientes específicos, mesmo quando não se destacam na média geral. Os híbridos convencionais V 50070 (convencional) e Paraíso 20 (convencional) tiveram adaptabilidade a ambientes favoráveis e desfavoráveis para rendimento de grãos e de óleo. Os híbridos EXP 1450 (alto oleico) e PARAÍSO 33 (convencional) foram indicados para ambientes desfavoráveis e favoráveis, respectivamente.

Referências

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, v. 46, n. 3, p. 269-278, 1992.
- CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, M. F.; ARIAS, C. A. A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; VIEIRA, O. V. V.; TOLEDO, J. F. F. Categorizing coefficients of variation in sunflower trials. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 3, n. 2, p. 69-76, 2003. <http://dx.doi.org/10.12702/1984-7033.v03n01a10>
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.
- CRUZ, C. D. *Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 2006. 648 p.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
- FULLER, M.; DIAMOND, J.; APPLEWHITE, T. High oleic safflower oil. Stability and chemical modification. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 44, n. 4, p. 264-267, 1967.
- GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; ANDRADE, C. A. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol no Brasil Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 11, p. 1483-1493, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100006>
- GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B.; ANDRADE, C. A. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 9, p. 1195-1204, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500001>
- GRUNVALD, A. K.; CARVALHO, C. G. P.; LEITE, R. S.; MANDARINO, J. M. G.; ANDRADE, C. A. B.; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. P. C. Influence of temperature on the fatty acid composition of the oil from sunflower genotypes grown in tropical regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 90, n. 4, p. 545-553, 2013.
- LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 613 p.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988. <http://dx.doi.org/10.4141/cjps88-018>
- MILLER, J. F.; ZIMMERMAN, D. C.; VICK, B. A. Genetic Control of High Oleic Acid Content in Sunflower Oil. *Crop Science*, v. 27, n. 5, p. 923-926, 1987. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X0027000500019x>

- OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R.; CARVALHO, C. G. P. Melhoramento do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). *Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 269-297.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: ESALQ, 1985. 468 p.
- PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 4, p. 491-499, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400006>
- PORTO, W. S. , CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, A. C. B. Evaluation of sunflower cultivar for central Brazil. *Scientia Agricola*, v. 65, n. 2, p. 139-144, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000200005>
- PORTO, W. S. , CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, A. C. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. *Ciência Rural*, v. 39, n. 9, p. 2452-2459, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000207>
- ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.
- SALERA, E.; BALDINI, M. Performance of High and Low Oleic Acid Hybrids of Sunflower Under Different Environmental Conditions. *Helia*, v. 21, n. 28, p. 55-68, 1998.
- VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 53, n. 2, p. 89-91, 1978. PMID:24311281. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00817837>

Contribuição dos autores: Anna Karolina Grunvald realizou a escrita científica, a revisão bibliográfica e as análises estatísticas. Claudio Guilherme Portela de Carvalho realizou a escrita científica, as análises estatísticas e os experimentos. Ana Cláudia Barneche de Oliveira realizou as análises estatísticas e os experimentos. João Leonardo Fernandes Pires realizou a escrita científica e os experimentos. Helio Wilson Lemos de Carvalho realizou as análises estatísticas e os experimentos. Ivênio Rubens de Oliveira realizou a revisão bibliográfica e os experimentos.

Agradecimentos: Aos Pesquisadores e Instituições que avaliaram os ensaios da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, cujos dados experimentais foram necessários para a elaboração deste trabalho.

Fonte de financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.