

Seleção de cultivares de milho quanto à produtividade, estabilidade e adaptabilidade no Amazonas

Inocencio Junior de Oliveira⁽¹⁾, André Luiz Atroch⁽¹⁾, Miguel Costa Dias⁽¹⁾,
Lauro José Guimarães⁽²⁾ e Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães⁽²⁾

⁽¹⁾Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29, Zona Rural, CEP 69010-970 Manaus, AM, Brasil. E-mail: inocencio.oliveira@embrapa.br, andre.atroch@embrapa.br, miguel.dias@embrapa.br ⁽²⁾Embrapa Milho e Sorgo, Rodovia MG-424, Km 45, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG, Brasil. E-mail: lauro.guimaraes@embrapa.br, paulo.guimaraes@embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de milho, cultivadas no Estado do Amazonas, que reúnam simultaneamente alta produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade. Os ensaios foram conduzidos em sete ambientes do Amazonas, em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições. A produtividade de grãos de 30 cultivares de milho foi avaliada em quatro safras agrícolas, de 2011/2012 a 2014/2015. Os parâmetros genéticos foram estimados pela metodologia REML/Blup. A seleção quanto à adaptabilidade e à estabilidade baseou-se no valor genético predito e na média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos. Apesar da existência de interação genótipo x ambiente, identificaram-se cultivares com elevadas adaptabilidade e estabilidade. Os ambientes Iranduba – várzea, em 2011/2012 e 2014/2015 – e Rio Preto da Eva – terra firme, em 2012/2013 – destacaram-se como favoráveis, enquanto os ambientes Iranduba – terra firme, em 2011/2012 e 2012/2013 – e Manaus – terra firme, em 2012/2013 e 2013/2014 – foram classificados como desfavoráveis. O híbrido simples BRS 1055 apresentou superioridade produtiva e alta estabilidade nessa região. As variedades sintéticas Sint 10771, Sint 10781 e Sint 10699 apresentaram elevada adaptabilidade. BRS Caimbé apresenta adaptabilidade específica para cultivo em ambientes de terra firme do Estado do Amazonas.

Termos para indexação: *Zea mays*, interação genótipo x ambiente, REML/Blup.

Selection of corn cultivars for yield, stability, and adaptability in the state of Amazonas, Brazil

Abstract – The objective of this work was to evaluate corn cultivars grown in the state of Amazonas, Brazil, which simultaneously show high grain yield, adaptability, and stability. The trials were carried out in seven environments in the state of Amazonas, in a randomized complete block design, with two replicates. The grain yield of 30 corn cultivars was evaluated in four growing seasons, from 2011/2012 to 2014/2015. The genetic parameters were estimated by the REML/Blup methodology. The selection for adaptability and stability was based on the predicted genetic value and on the harmonic mean of the relative performance of the genetic values. Despite the existence of genotype x environment interaction, cultivars with high adaptability and stability were identified. Iranduba – lowland, in 2011/2012 and 2014/2015 – and Rio Preto da Eva – upland, in 2012/2013 – stood out as favorable environments, while Iranduba – upland, in 2011/2012 and 2012/2013 – and Manaus – upland, in 2012/2013 and 2013/2014 – were classified as unfavorable environments. The single-cross hybrid BRS 1055 showed productive superiority and high stability in this region. The Sint 10771, Sint 10781, and Sint 10699 synthetic varieties showed high adaptability. BRS Caimbé shows specific adaptability to cropping in upland environments of the state of Amazonas, Brazil.

Index terms: *Zea mays*, genotype x environment interaction, REML/Blup.

Introdução

No Estado do Amazonas, o milho (*Zea mays* L.) pode ser cultivado em basicamente dois ecossistemas de produção, terra firme e várzea. O ecossistema de produção em terra firme caracteriza-se por não ser inundável, com possibilidade de cultivo durante o

ano todo, e pela baixa fertilidade natural do solo. Em várzea, caracteriza-se pela inundação periódica e pela elevada fertilidade natural do solo, decorrente da sedimentação de minerais que ocorre nos períodos de cheia.

A produtividade de milho no Amazonas é de 2.515 kg ha⁻¹ (Acompanhamento..., 2016). Considerada

baixa, ela é causada por uma agricultura de baixa tecnologia e pelo uso de variedades de polinização aberta, que permitem ao agricultor usar as sementes no ano seguinte ou adquiri-las a baixo custo. No entanto, alguns agricultores cultivam híbridos que proporcionam maior produtividade, mas que são exigentes em tecnologia e apresentam sementes mais caras. Portanto, é interessante que o agricultor amazonense tenha a opção de adquirir sementes de variedades ou híbridos produtivos e com alta adaptabilidade e estabilidade, de acordo cada nível tecnológico.

Nos programas de melhoramento genético, a avaliação da interação de genótipos com ambientes (G x E) é de grande importância, pois, no caso em que exista essa interação, há possibilidade de o melhor genótipo, em um dado ambiente, não o ser em outro. Este fato influencia o ganho com a seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade e estabilidade.

Vários métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade têm sido propostos (Cruz et al., 2014). Assim, medidas que incorporam, em uma única estatística, adaptabilidade e estabilidade e rendimento médio de grãos têm sido utilizadas, como nos trabalhos de Lin & Binns (1988) e de Annicchiarico (1992). Esses procedimentos, entretanto, pressupõem os efeitos fixos de genótipos, o que é limitante para a análise de experimentos desbalanceados (Resende, 2007). Em contrapartida, nos modelos mistos, com efeitos de tratamentos genéticos considerados como aleatórios, estes efeitos podem ser previstos sem a influência dos efeitos do modelo fixo, com o uso do melhor preditor linear não viesado (Henderson, 1975).

Essa metodologia, baseada nas equações de modelos mistos – máxima verossimilhança residual ou restrita/melhor predição linear não viesada (REML/Blup) –, está apoiada no princípio de que quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico entre locais, maior será a média harmônica dos valores genotípicos entre locais. Dessa forma, a seleção pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) determina, simultaneamente, a seleção quanto à produtividade e à estabilidade (Resende, 2002). A adaptabilidade, neste caso, refere-se ao desempenho relativo, associado aos valores genotípicos (PRVG) entre os ambientes. Os valores genotípicos preditos (ou os dados originais) são, então,

expressos como proporção da média geral de cada local e, posteriormente, obtém-se o valor médio dessa proporção entre locais. Assim, a seleção simultânea por produtividade média, estabilidade e adaptabilidade pode ser realizada pelo método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos (MHPRVG).

O método REML/Blup para esse tipo de estimativa em milho vem sendo utilizado com eficiência na seleção de cultivares promissoras (Arnhold et al., 2012; Fritsche-Neto et al., 2012; Mendes et al., 2012). Além disso, trabalhos desenvolvidos por Arnhold et al. (2012) e Silva et al. (2014) mostram a importância de se estudar a interação GxE nas regiões de cultivo de milho no Brasil, em razão da grande diversidade edafoclimática de suas condições, bem como da diversidade de cultivares de milho disponíveis no mercado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de milho, cultivadas no Estado do Amazonas, que reúnam simultaneamente alta produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade.

Material e Métodos

Dados de produtividade de grãos de milho, do programa de melhoramento de milho da Embrapa Milho e Sorgo, foram utilizados para a avaliação de cultivares de milho nas safras agrícolas de 2011/2012 a 2014/2015, em sete ambientes, no Estado do Amazonas.

Os sete ambientes de avaliação consistiram da combinação de local e ano, em diferentes condições edafoclimáticas do estado, conforme a seguir: Iranduba em ecossistema de várzea, safra 2011/2012; Iranduba, em ecossistema de terra firme, safra 2011/2012; Iranduba, em terra firme, safra 2012/2013; Manaus, em terra firme, safra 2012/2013; Rio Preto da Eva, em terra firme, 2012/2013; Manaus, em terra firme, safra 2013/2014; e Iranduba, em área de várzea, safra 2014/2015.

Avaliou-se um grupo de 30 cultivares de milho, composto pelo híbrido simples BRS 1055, o híbrido duplo BRS 2020, 12 variedades comerciais – AL Avaré, CMS EAO 2008, BRS Caimbé, BRS 4103, BRS Sol da Manhã, BR 106, DSS-0402, DSS-0404, MC 20, PC 0402, VSL BS 42 C 60 e Eldorado –, além de 16 variedades sintéticas, em desenvolvimento pelo programa de melhoramento – Sint Mult. TL, Sintético

IX, Sint RxS Spod, Sintético 256 L, Sint Pro Vit A, Sint 10697, Sint 10699, Sint 10707, Sint 10717, Sint 10723, Sint 10731, Sint 10771, Sint 10781, Sint 10783, Sint 10795 e Sint 10805. As variedades comerciais AL Avaré, BRS 2020, CMS EAO 2008, DSS-0402, DSS-0404, Eldorado, MC 20 e PC 0402 não foram cultivadas nos ambientes 6 e 7.

Em todos os ensaios, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 30 cultivares e duas repetições. Cada parcela foi organizada em duas fileiras de plantas espaçadas de 0,80 m entre si, com 4,0 m de comprimento e 0,20 m entre plantas.

Os ensaios em área de várzea foram semeados em outubro, em área de terra firme. A semeadura ocorreu em novembro e dezembro, e a colheita de todos os ensaios foi realizada cerca de 120 dias após a semeadura. A adubação de semeadura foi realizada de acordo com os resultados da análise de solo de cada área experimental. Os tratos culturais consistiram das seguintes aplicações: herbicida atrazina + S-metolacoloro, 4,0 L ha⁻¹ do produto comercial, em pré-emergência; inseticida deltametrina, 5 g ha⁻¹ do princípio ativo para o controle da lagarta-do-cartucho; e 100 kg ha⁻¹ de N para adubação de cobertura, tendo-se utilizado metade da dose quando o milho estava com quatro folhas desdobradas, e metade com sete folhas desdobradas. A variável avaliada foi a produtividade de grãos (kg ha⁻¹), corrigida para 13% de umidade.

Para avaliar o efeito da interação GxE, utilizou-se o modelo $y = Xb + Zg + Wc + \varepsilon$, em que: y, b, g, c e ε – correspondem, respectivamente, aos vetores de dados de efeitos fixos de blocos (médias de blocos entre os ambientes), de efeitos aleatórios de cultivares, de efeitos aleatórios da interação GxE, e de erros aleatórios; e X, Z e W são as matrizes de incidência para b, g e c, respectivamente (Resende, 2007).

Por meio desse modelo, foram obtidos os preditores Blup (REML/Blup) dos valores genotípicos livres da interação GxE, dados por $\hat{\mu} + \hat{g}_i$, em que $\hat{\mu}$ é a média de todos os ambientes e \hat{g}_i é a predição do efeito genotípico. Para cada ambiente j, os valores genotípicos (Vg) são preditos por $\hat{\mu}_j + \hat{g}_i + (\hat{ge})_{ij}$, em que $\hat{\mu}_j$ é a média do ambiente j; \hat{g}_i é o efeito do genótipo i, no ambiente j; e $(\hat{ge})_{ij}$ é o efeito da interação GxE relativa ao genótipo i.

A predição dos valores genotípicos, que reúne a interação média (gem) nos diferentes ambientes, é dada por $\hat{\mu}_j + \hat{g}_i + (\hat{ge})_m$ e calculada por

$\hat{\mu} + \left\{ \left[\frac{(\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_c^2)}{n} \right] \hat{\sigma}_g^2 \right\} \hat{g}_i$, em que $\hat{\mu}$ a média geral de todos ambientes; n é o número de ambientes; e \hat{g}_i é o efeito genotípico específico (genótipo i).

A seleção conjunta, que considera a produtividade média, a estabilidade e a adaptabilidade das cultivares de milho, é determinada pela MHPRVG conforme

$$\text{MHPRVG}_i = n / \left(\sum_{j=1}^n 1 / Vg_{ij} \right),$$

em que n é o número de locais onde se avaliou o genótipo i; e Vg_{ij} é o valor genotípico do genótipo i, no ambiente j, expresso como proporção da média desse ambiente. Para facilitar a interpretação, os valores de MHPRVG foram multiplicados pela média geral de todos os ambientes (MG), o que resulta na mesma ordem de grandeza da característica estudada.

Os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis, de acordo com a média geral, tendo-se realizado análises de MHPRVG separadamente, para cada classe de ambiente, como em Mendes et al. (2012). Para avaliar a capacidade de adaptação, que considera a estabilidade e a produtividade, os resultados de MHPRVG×MG foram comparados em um gráfico de dispersão, para contrastar ambientes favoráveis e desfavoráveis. Os resultados de ambientes favoráveis foram plotados na abscissa, e os resultados dos desfavoráveis, no eixo das ordenadas. Assim, o plano cartesiano foi dividido em quatro quadrantes, em que o quadrante inferior esquerdo representa as cultivares com pior desempenho, em ambos os grupos de ambientes, com falta de adaptabilidade e baixa estabilidade produtiva; enquanto as cultivares no quadrante superior direito apresentam desempenho superior, em ambas as classes de ambientes, o que é indicativo de adaptação a esses ambientes e de alta estabilidade. As cultivares agrupadas no quadrante inferior direito apresentam adaptabilidade específica aos ambientes favoráveis, e aquelas plotadas no quadrante superior esquerdo apresentam adaptabilidade específica aos ambientes desfavoráveis.

Resultados e Discussões

A média geral das cultivares de milho, avaliadas nos sete ambientes, no Estado do Amazonas, foi 4.342,6 kg ha⁻¹, valor superior à média estadual de 2.515 kg ha⁻¹ (Acompanhamento..., 2016) (Tabela 1). Houve efeito de genótipos e interação GxE, de acordo com o teste de verossimilhança, o que é indicativo de

variabilidade entre as cultivares quanto à produtividade de grãos e ao seu comportamento diferencial ante a variação nos ambientes.

A elevada acurácia e os valores dos coeficientes de variação residual e genético observados são indicativos de boa qualidade experimental (Tabela 1). Isso indica relativa facilidade na seleção de cultivares superiores, conforme relatado por Mendes et al. (2012) e Silva et al. (2014), ao avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de híbridos de milho no Brasil. A herdabilidade com base em médias dos genótipos (h^2_m) foi de 0,70, o que indica confiabilidade na seleção das cultivares de milho, com base nos valores genotípicos preditos.

Apesar dessa confiabilidade, a medida de um caráter nos ensaios de campo se refere ao seu valor fenotípico, constituído do efeito genético, do efeito do ambiente e da interação desse genótipo num ambiente específico, ou seja, o somatório das variâncias genotípica e residual entre as parcelas e da interação GxE resulta na variância fenotípica individual (Torres et al., 2015). Assim, o coeficiente de determinação ($R^2_{GxE} = 0,51$) confirmou grande participação da interação GxE na

variância fenotípica dos genótipos (Tabela 1). Fato este também mostrado pela correlação genotípica mediana entre os desempenhos nos vários ambientes ($r_{g(L)} = 0,31$), o que resulta na presença da parte complexa da interação GxE e acarreta certa dificuldade à seleção de genótipos de adaptação mais ampla, como também observaram Arnhold et al. (2012) e Mendes et al. (2012), em estudo de interação genótipos x ambientes em milho.

O híbrido simples BRS 1055 teve o maior valor genotípico, a maior média livre da interação ($\bar{\mu} + \bar{g}$) e a maior média geral (Tabela 2), o que, somado ao efeito da interação média ($\bar{\mu} + \bar{g} + \bar{gem}$), mostra a superioridade produtiva dos híbridos simples, em relação às variedades. A superioridade produtiva dos híbridos, em relação às variedades de polinização aberta, também foi constatada por Cardoso et al. (2009). No presente estudo, as variedades Sint 10771, Sint 10781 e Sint 10699 destacaram-se pelos valores genotípicos e pela média geral, somados ao efeito da interação média, que foram superiores aos das demais variedades comercializadas e aos do híbrido duplo BRS 2020, o que é indicativo de que essas variedades de milho têm potencial produtivo superior para as condições edafoclimáticas do Amazonas.

Embora o híbrido simples BRS 1055 supere as demais cultivares, ele requer maior investimento. Apesar disso, ainda é uma alternativa de cultivo com boa produtividade para áreas menos tecnicizadas, pois suas sementes são mais baratas que as de outros híbridos, e isto permite a guarda e o replantio das sementes colhidas e evita a compra anual de sementes.

O ganho genético médio, obtido com a seleção de 20% das cultivares avaliadas (correspondente às seis cultivares superiores), foi acima de 10%, com destaques para o híbrido BRS 1055 e para a variedade Sint 10771 (Tabela 2). De acordo com Pimentel et al. (2014), o ganho genético é predito a partir do valor genético médio das populações e do valor genético médio dos indivíduos selecionados; este último representa a soma do efeito aditivo médio dos indivíduos selecionados e do valor genético médio das populações, e, para um considerável ganho genético, o genótipo com elevada média e ampla variabilidade deve ser selecionado.

Houve concordância na classificação da maioria dos genótipos, com base em MHVG, PRVG, MHPRVG e no rendimento médio (Tabela 3). Com estes resultados, pode-se inferir que as previsões sobre os

Tabela 1. Média geral, parâmetros genéticos, estimativas dos componentes de variância e teste da razão de verossimilhança (TRV) quanto à produtividade de grãos (PG) de cultivares de milho (*Zea mays*) avaliadas em sete ambientes, no Estado do Amazonas, entre as safras 2011/2012 e 2014/2015.

Parâmetros genéticos e componentes de variância (REML individual)	
V_G , variância genotípica	143.259,61
V_{GxE} , variância da interação genótipo x ambiente	319.088,06
V_e , variância residual	156.898,68
V_F , variância fenotípica individual	619.236,35
h^2_i , herdabilidade individual no sentido amplo	0,23±0,07
h^2_m , herdabilidade média	0,70
r_g , acurácia da seleção de genótipos	0,84
R^2_{GxE} , coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente	0,51
$r_{g(L)}$, correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes.	0,31
CV_g (%), coeficiente de variação genotípica.	8,72
CV_e (%), coeficiente de variação residual.	9,12
Média geral	4.342,6
Teste da razão de verossimilhança (TRV)	
Efeito ⁽¹⁾	PG (kg ha ⁻¹)
Genótipo	106,06**
Genótipo x ambiente	109,00**

⁽¹⁾Valores de TRV. **Significativo pelo teste do qui-quadrado, a 1% de probabilidade, com 1 grau de liberdade.

valores genéticos podem ser feitas com base em um único rendimento-padrão que contemple estabilidade e adaptabilidade (Verardi et al., 2009). A seleção simultânea quanto à produtividade, à estabilidade e à adaptabilidade, com utilização de modelos mistos pelo método MHPRVG, mostrou-se adequada para a utilização em programas de melhoramento de milho, conforme Mendes et al. (2012).

Os genótipos superiores (BRS 1055, Sint 10771, Sint 10781 e Sint 10699) pelo critério de médias genéticas livres da interação GxE também foram superiores pelo método MHPRVG (Tabela 3). Isso é indicativo de que estas cultivares apresentaram maior adaptabilidade aos ambientes avaliados, além de boa previsibilidade, como também mostraram Maia et al. (2009). Estes resultados corroboram os de Mendes et al.

(2012), que verificaram manutenção do ordenamento de genótipos de milho por esses métodos.

O método MHPRVG foi aplicado separadamente para as classes de ambientes favoráveis e desfavoráveis, de acordo com a produtividade de grãos local. Neste caso, ambientes com produtividade acima da média geral (4.342,6 kg ha⁻¹) foram classificados como favoráveis, e aqueles com produtividade abaixo da média geral, como desfavoráveis. Mendes et al. (2012) avaliaram adaptabilidade e estabilidade de milho em ambientes favoráveis e desfavoráveis, e mostraram que essa classificação é importante na seleção de genótipos com adaptabilidade específica aos ambientes.

Dos sete ambientes avaliados, três (1, 7 e 5) foram classificados como favoráveis, e quatro (3, 2, 4 e 6) como desfavoráveis (Tabela 4). Os ambientes

Tabela 2. Estimativas dos componentes de médias de produtividade de grãos de cultivares de milho (*Zea mays*), em sete ambientes, no Estado do Amazonas, entre as safras 2011/2012 e 2014/2015.

Genótipo	Efeito genotípico	($\bar{\mu} + \bar{g}$)	Ganho genético (%)	Média (kg ha ⁻¹)	($\bar{\mu} + \bar{g} + \bar{gem}$)
BRS 1055	919,02	5261,66	21,16	5261,66	5554,10
Sint 10771	476,52	4819,16	16,07	5040,41	4970,79
Sint 10781	412,79	4755,42	13,88	4945,41	4886,78
Sint 10699	353,20	4695,83	12,44	4883,02	4808,23
AL Avaré	267,00	4609,63	11,18	4828,34	4694,60
CMS EAO 2008	256,90	4599,54	10,31	4790,21	4681,29
Sint. Mult. TL	232,94	4575,58	9,60	4759,55	4649,71
BRS Caimbé	220,72	4563,36	9,04	4735,02	4633,59
Sint 10795	183,94	4526,58	8,50	4711,86	4585,11
Sint 10717	150,90	4493,53	8,00	4690,03	4541,55
BRS 2020	66,55	4409,19	7,41	4664,50	4430,36
Sint 10723	61,84	4404,48	6,91	4642,83	4424,16
DSS-0404	32,47	4375,10	6,44	4622,24	4385,44
MC 20	15,55	4358,19	6,00	4603,38	4363,14
Sint 10783	-24,45	4318,19	-	4584,36	4310,41
BRS 4103	-66,59	4276,04	-	4565,09	4254,85
Sint 10697	-72,83	4269,80	-	4547,72	4246,63
DSS-0402	-88,43	4254,21	-	4531,42	4226,07
PC 0402	-102,45	4240,19	-	4516,09	4204,58
Sint 10805	-123,57	4219,06	-	4501,24	4179,74
Sintético 1X	-163,57	4179,06	-	4485,90	4127,01
Eldorado	-175,70	4166,94	-	4471,40	4111,03
Sint RxS Spod	-230,48	4112,16	-	4455,78	4038,82
Sint 10707	-235,75	4106,89	-	4441,24	4031,87
Sint 10731	-236,36	4106,28	-	4427,84	4031,06
BR 106	-361,27	3981,37	-	4410,67	3866,40
VSL BS42 C 60	-374,58	3968,06	-	4394,28	3848,87
Sintético 256 L	-389,71	3952,93	-	4378,52	3828,92
Sol da Manhã	-402,45	3940,19	-	4363,40	3812,13
Sint. Pro Vit A	-602,14	3740,50	-	4342,64	3548,89

desfavoráveis de terra firme apresentam, segundo Fajardo et al. (2009), solos distróficos ou álicos, com saturação de Al superior a 50%, saturação por bases abaixo de 50% e teores das bases K, Ca e Mg e teor de P abaixo dos valores críticos utilizados para a interpretação da análise do solo, os quais, juntamente com o elevado teor de Al, representam um dos maiores problemas para o desenvolvimento radicular e afetam negativamente o desenvolvimento das plantas. A maioria dos ambientes favoráveis são áreas de várzea, com solos com alta disponibilidade de Ca, Mg, K, P, Zn e baixo teor de Al.

A produtividade de grãos foi de 4.955,7 kg ha⁻¹, nos ambientes favoráveis, e de 3.884,1 kg ha⁻¹, nos desfavoráveis (Tabela 5). Os ambientes favoráveis

e desfavoráveis apresentaram alta acurácia e baixo valor do coeficiente de variação residual; segundo Pimentel et al. (2014), quanto maior a acurácia seletiva na avaliação de um indivíduo, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito para o indivíduo. Além disso, a herdabilidade média acima de 0,70 é uma indicação de confiabilidade na seleção dos genótipos de milho com base nos valores genotípicos preditos (Resende, 2007). Pode-se observar, também, significativa participação da interação GxE, em razão dos altos valores do R² dos efeitos dessa interação, bem como dos valores medianos da correlação genotípica entre os desempenhos nos ambientes, tanto favoráveis quanto desfavoráveis.

Tabela 3. Estabilidade MHVG, adaptabilidade (PRVG e PRVG×MG) e estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG e MHPRVG×MG) de valores genéticos de cultivares de milho (*Zea mays*), com predição por análise da melhor predição linear não viesada (Blup), avaliadas no Estado do Amazonas, entre as safras 2011/2012 e 2014/2015⁽¹⁾.

Genótipo	MHVG	PRVG	PRVG×MG ⁽¹⁾	MHPRVG	MHPRVG×MG
BRS 1055	5529,29	1,30	5639,66	1,28	5568,32
Sint 10771	4871,58	1,15	4997,65	1,14	4952,12
Sint 10781	4758,10	1,13	4888,05	1,12	4861,17
Sint 10699	4708,71	1,11	4821,79	1,11	4803,55
CMS EAO 2008	4616,13	1,09	4728,27	1,08	4673,57
BRS Caimbé	4539,36	1,08	4672,40	1,06	4603,81
Sint 10795	4464,12	1,06	4593,43	1,05	4555,18
Sint. Mult. TL	4475,98	1,08	4688,68	1,04	4536,30
AL Avaré	4371,46	1,07	4653,28	1,04	4510,75
Sint 10717	4371,44	1,04	4516,10	1,03	4484,77
BRS 2020	4381,85	1,02	4452,23	1,02	4431,07
Sint 10723	4337,98	1,02	4445,51	1,01	4415,18
DSS-0404	4301,65	1,01	4381,55	1,01	4367,44
MC 20	4315,41	1,01	4388,88	1,00	4355,45
Sint 10697	4149,34	0,98	4249,84	0,98	4239,55
DSS-0402	4191,03	0,98	4256,60	0,97	4212,02
BRS 4103	4105,90	0,98	4237,22	0,97	4208,79
Sint 10783	4095,62	0,99	4284,35	0,97	4208,76
PC 0402	4124,47	0,97	4221,61	0,96	4160,35
Sintético 1X	3915,62	0,94	4087,63	0,93	4037,65
Sint 10731	3983,74	0,94	4076,08	0,93	4028,44
Eldorado	3936,47	0,93	4061,71	0,93	4024,37
Sint 10805	3876,48	0,95	4108,90	0,93	4021,86
Sint 10707	3875,37	0,93	4021,87	0,92	3978,28
Sint RxS Spod	3791,90	0,92	3994,30	0,90	3921,43
BR 106	3780,68	0,89	3880,80	0,89	3855,45
Sol da Manhã	3706,30	0,88	3812,97	0,87	3783,68
VSL BS 42 C 60	3580,76	0,87	3801,98	0,87	3761,18
Sintético 256 L	3606,20	0,87	3785,56	0,85	3714,74
Sint. Pro Vit A	3437,92	0,81	3533,25	0,81	3528,34

⁽¹⁾MHVG, média harmônica dos valores genotípicos; PRVG, valores genotípicos; MG, média geral; e MHPRVG, média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos.

O híbrido simples BRS 1055 apresentou o melhor desempenho produtivo e de adaptabilidade nos ambientes favoráveis e desfavoráveis, além de alta estabilidade produtiva (Figura 1). Mendes et al. (2012) também mostraram maior estabilidade produtiva dos híbridos em relação às variedades, em 49 ambientes. No presente estudo, além do híbrido simples BRS 1055, as variedades Sint 10781, Sint 10771 e Sint 10699 apresentaram elevado desempenho

produtivo e adaptabilidade aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, bem como alta estabilidade produtiva,

Tabela 4. Média de produtividade de grãos de milho (*Zea mays*) e classificação dos ambientes avaliados no Estado do Amazonas, entre as safras 2011/2012 e 2014/2015.

Ambiente/safra	Média (kg ha ⁻¹)	Classe
1, Iranduba – várzea – 2011/2012	5.472,98	Favorável
7, Iranduba – várzea – 2014/2015	5.044,01	Favorável
5, RPE – terra firme – 2012/2013	4.347,55	Favorável
3, Iranduba – terra firme – 2012/2013	4.241,50	Desfavorável
2, Iranduba – terra firme – 2011/2012	4.149,37	Desfavorável
4, Manaus – terra firme – 2012/2013	3.590,67	Desfavorável
6, Manaus - terra firme - 2013/2014	3552,38	Desfavorável

Tabela 5. Parâmetros genéticos e estimativas dos componentes de variância, quanto à produtividade de grãos de milho (*Zea mays*) em ambientes favoráveis e desfavoráveis, no Estado do Amazonas, entre as safras 2011/2012 e 2014/2015.

Parâmetros genéticos e componentes de variância ⁽¹⁾	Ambientes favoráveis	Ambientes desfavoráveis
V _G	36.942,72	198.094,30
V _{GxE}	478.361,68	226.867,04
V _e	204.906,40	122.210,08
V _F	720.210,80	547.171,42
h ² _i	0,35±0,05	0,36±0,11
h ² _m	0,75	0,72
r _g	0,89	0,85
R ² _{GxE}	0,56	0,41
r _{g(L)}	0,37	0,47
CV _g (%)	3,88	11,46
CV _e (%)	9,13	9,00
Média geral (kg ha ⁻¹)	4.955,67	3.884,13

⁽¹⁾Descrição de acordo com Tabela 1.

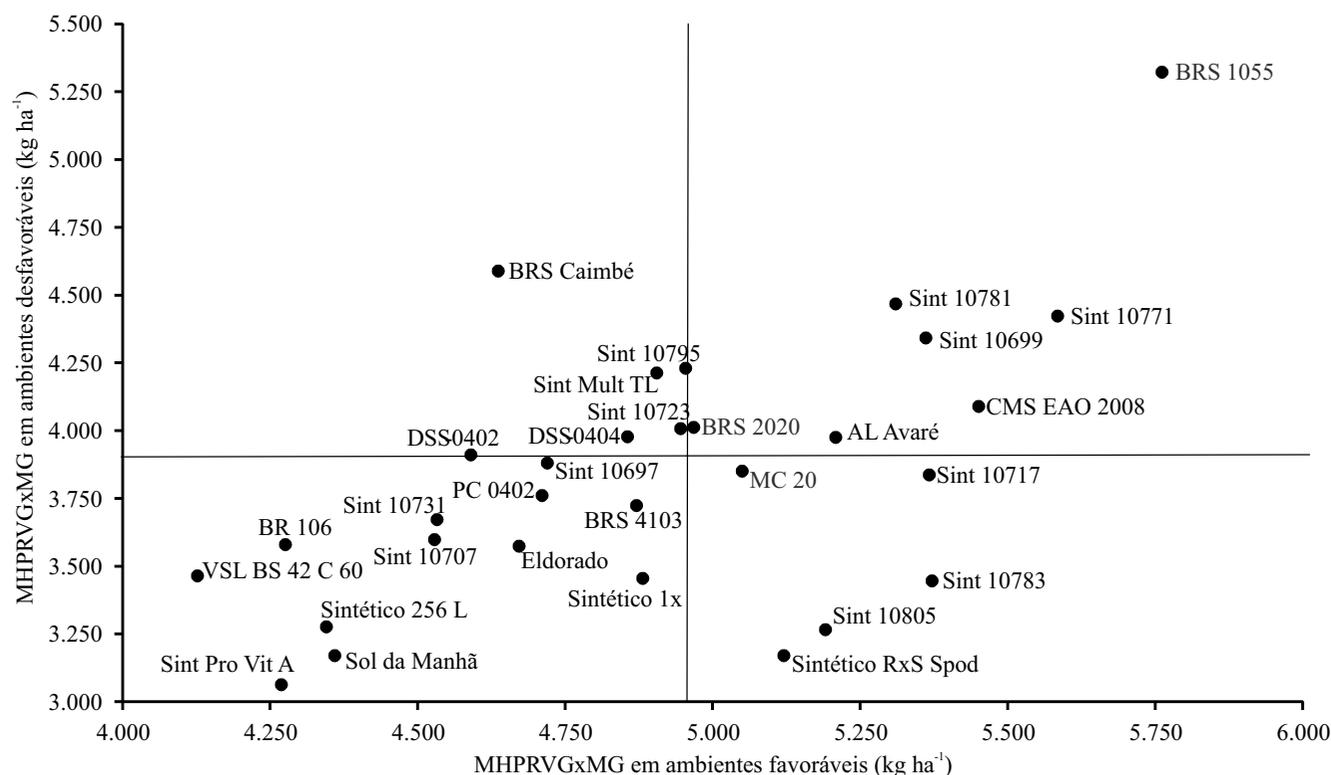


Figura 1. Gráfico de dispersão da estabilidade MHPRVG×MG, quanto à produtividade de grãos de cultivares de milho (*Zea mays*), em ambientes favoráveis e desfavoráveis, no Estado do Amazonas, entre as safras 2011/2012 e 2014/2015. MHPRVG, média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos; e MG, média geral.

o que reforça os resultados da avaliação de predição dos valores genotípicos (Tabela 2). Com estes resultados, confirma-se a superioridade produtiva dessas variedades sintéticas em relação às variedades comerciais BR 106 e Sol da Manhã, que apresentaram baixa produtividade, falta de adaptabilidade a ambas as classes de ambientes e pouca estabilidade. Mendes et al. (2012) também observaram baixa estabilidade produtiva das variedades Sol da Manhã e BR 106, nas avaliações em diversas condições ambientais do Brasil.

A variedade BRS Caimbé apresentou os melhores desempenho produtivo e adaptabilidade específica em ambientes desfavoráveis (Figura 1), o que a torna boa opção para o cultivo nas áreas de terra firme do Amazonas.

Conclusões

1. O híbrido simples de milho (*Zea mays*) BRS 1055 apresenta superioridade produtiva e alta estabilidade.
2. As variedades Sint 10771, Sint 10781 e Sint 10699 têm potencial para serem cultivadas no Estado do Amazonas, pois aliam alta produtividade e estabilidade produtiva.
3. A variedade BRS Caimbé apresenta adaptabilidade específica, o que a torna uma opção de cultivo para os ambientes de terra firme do Estado do Amazonas.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo fornecimento das sementes; e ao João Batista Sales de Sousa, pelo auxílio técnico na condução e na avaliação dos ensaios em campo.

Referências

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2015/16: nono levantamento, v.3, n.9, jun. 2016. 169p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2016.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.46, p.269-278, 1992.
- ARNHOLD, E.; MORA, F.; PACHECO, C.A.P.; CARVALHO, H.W.L. de. Prediction of genotypic values of maize for the agricultural frontier region in northeastern Maranhão, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, p.151-155, 2012. DOI: 10.1590/S1984-70332012000200009.
- CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L. de; PACHECO, C.A.P.; OLIVEIRA, I.R. de; ROCHA, L.M.P.; TABOSA, J.N.; LIRA, M.A.; MELO, K.E. de O. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho na região Meio-Norte do Brasil na safra 2006/2007. **Agrotrópica**, v.21, p.173-180, 2009.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. v.2, 668p.
- FAJARDO, J.D.V.; SOUZA, L.A.G. de; ALFAIA, S.S. Características químicas de solos de várzeas sob diferentes sistemas de uso da terra, na calha dos rios Baixo Solimões e Médio Amazonas. **Acta Amazonica**, v.39, p.731-740, 2009. DOI: 10.1590/S0044-59672009000400001.
- FRICTSCHE-NETO, R.; RESENDE, M.D.V.; MIRANDA, G.V.; DOVALE, J.C. Seleção genômica ampla e novos métodos de melhoramento do milho. **Revista Ceres**, v.59, p.794-802, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000600009.
- HENDERSON, C.R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, v.31, p.423-447, 1975. DOI: 10.2307/2529430.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988. DOI: 10.4141/cjps88018.
- MAIA, M.C.C.; RESENDE, M.D.V.; PAIVA, J.R. de; CAVALCANTI, J.J.V.; BARROS, L. de M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.43-50, 2009.
- MENDES, F.F.; GUIMARÃES, L.J.M.; SOUZA, J.C.; GUIMARÃES, P.E.O.; PACHECO, C.A.P.; MACHADO, J.R. de A.; MEIRELLES, W.F.; SILVA, A.R. da; PARENTONI, S.N. Adaptability and stability of maize varieties using mixed model methodology. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, p.111-117, 2012. DOI: 10.1590/S1984-70332012000200003.
- PIMENTEL, A.J.B.; GUIMARÃES, J.F.R.; SOUZA, M.A. de; RESENDE, M.D.V. de; MOURA, L.M.; ROCHA, J.R. do A.S. de C.; RIBEIRO, G. Estimação de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.882-890, 2014. DOI: 10.1590/S0100-204X2014001100007.
- RESENDE, M.D.V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.
- RESENDE, M.D.V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561p.
- SILVA, P.R. da; BISOGNIN, D.A.; LOCATELLI, A.B.; STORCK, L. Adaptability and stability of corn hybrids grown for high grain yield. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.36, p.175-181, 2014. DOI: 10.4025/actasciagron.v36i2.17374.

TORRES, F.E.; TEODORO, P.E.; SAGRILO, E.; CECCON, G.; CORREA, A.M. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. **Bragantia**, v.74, p.255-260, 2015. DOI: 10.1590/1678-4499.0099.

VERARDI, C.K.; RESENDE, M.D.V. de; COSTA, R.B. da; GONÇALVES, P. de S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1277-1282, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009001000010.

Recebido em 9 de março de 2016 e aprovado em 8 de agosto de 2016