

# Análises biplot na avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo

Giovani Benin (\*); Cilas Pinnow; Cristiano Lemes da Silva; Eduardo Stefani Pagliosa; Eduardo Beche; Elesandro Bornhofen; Lucas Berger Munaro; Raphael Rossi Silva

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curso de Graduação em Agronomia e Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Rodovia PR 469, km 01, 85501-970 Pato Branco (PR), Brasil.

(\* Autor correspondente: benin@utfpr.edu.br

Recebido: 28/jun./2011; Aceito: 27/dez./2011

## Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de trigo em diferentes sistemas de manejo. Os experimentos foram realizados em Pato Branco (PR), nas safras agrícolas 2008 e 2009. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial, com três repetições. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de manejo: controle (E1), tradicional (E2) e otimizados (E3 e E4), sendo diferenciados quanto ao nível de adubação química e ao controle de plantas daninhas, pragas e doenças. As metodologias em gráfico biplot AMMI e GGE foram utilizadas para a análise dos dados. Os níveis de manejo otimizados maximizaram o rendimento, principalmente quando os fatores meteorológicos não foram limitantes. Há diferença de adaptação entre cultivares e sistemas de manejo cultural. A cultivar BRS Guamirim adaptou-se aos níveis E3 e E4 em 2008, enquanto em 2009 associou-se a E1 e E2. Apenas as cultivares BRS Tangará (E1 e E2) e Pampeano (E3 e E4) mantiveram consistência de associação aos níveis de manejo, em ambos os anos. As técnicas biplot são eficientes em indicar cultivares mais adaptadas aos níveis de manejo cultural em trigo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., rendimento de grãos, GGE Biplot, AMMI.

## Biplot analysis of spring wheat genotypes grown under differing management levels

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of wheat cultivars under different management levels. Experiments were carried out in Pato Branco (PR), within crop years 2008 and 2009. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme, with three replicates. Treatments consisted in four levels of management, control (E1), traditional (E2) and optimized (E3 and E4), distinguished by level of chemical fertilization and by control of weeds, pests and diseases. Methodologies in AMMI and GGE biplot graphics were used for data analysis. The levels of management maximized the wheat yield, especially when meteorological features were not limiting. Adaptability showed difference among cultivars in the crop managements. The BRS Guamirim cultivar showed adaptability to levels E3 and E4 in crop year 2008, whereas it was associated to E1 and E2 in crop year 2009. Only the cultivars BRS Tangará (E1 and E2) and Pampeano (E3 and E4) kept association consistency to traditional and optimized levels, in both years. Biplot techniques are efficient to indicate more adapted cultivars to levels of crop management in wheat.

Key words: *Triticum aestivum* L., grain yield, GGE Biplot, AMMI.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil produz cerca de cinco milhões de toneladas de trigo anualmente, o que corresponde à metade do seu consumo atual. O Estado do Paraná é responsável por mais da metade desta produção, porém com baixos patamares produtivos, oscilando entre 737 e 2728 kg ha<sup>-1</sup> na última década (CONAB, 2011). O aumento do rendimento da cultura é limitado por uma série de fatores, incluindo a falta de integração das abordagens genéticas e de manejo cultural.

Para maximizar a produtividade de grãos em nível de lavoura é de fundamental importância a utilização de tecnologias adequadas e identificação de cultivares

responsivas aos níveis tecnológicos de manejo disponíveis. Neste contexto, muitas vezes, predomina o empirismo, o que pode resultar em uma exploração inadequada da interação genótipo x ambiente.

De acordo com CARVER (2009), a adoção de sistemas de manejo intensivos foi bem sucedida na elevação da produção de trigo nos EUA. Em estudos realizados por PIRES et al. (2005; 2009), verificou-se que a otimização das técnicas de manejo foi eficiente em maximizar a produtividade de grãos, entretanto, com respostas variáveis dos genótipos aos manejos aplicados; as cultivares BRS Angico e BRS Guamirim, por exemplo, tiveram seu rendimento incrementado em 9% e 41% respectivamente.

Nos últimos cinco anos foram disponibilizadas 40 cultivares de trigo aos triticultores brasileiros, sendo 32 indicadas para cultivo no Estado do Paraná (BRASIL, 2011). Neste conjunto de cultivares há presença de variabilidade quanto ao potencial produtivo, estabilidade e responsividade às variações edafoclimáticas e de manejo (ALBRECHT et al., 2007; CAIERÃO et al., 2006; FRANCESCHI et al., 2010). Dessa maneira, a escolha de cultivares adequadas demonstra ser uma prática de extrema importância.

A utilização de técnicas multivariadas aliada a análises gráficas, em complemento e/ou substituição a análises univariadas, facilita a observação das interações complexas que envolvem os dados de pesquisa agrônômica (MA et al., 2004), permitindo melhor interpretação, e geração de informação resumida (SENA et al., 2002). Dentre as metodologias inovadoras de análise, a GGE biplot (genotype and genotype-by-environment) e a AMMI (additive main effects and multiplicative interaction analysis), possibilitam inferências quanto ao desempenho de genótipos e ambiente, com facilidade na visualização dos dados (YAN et al., 2000; YAN, 2002; HASSANPANAH, 2010).

O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de trigo em sistemas de manejo tradicionais e otimizados e, identificar, através de análises gráficas, cultivares mais responsivas e associadas aos níveis de manejo avaliados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos anos agrícolas 2008 e 2009 em Pato Branco, Paraná, em altitude de 730 m, latitude de 26°41'S e longitude de 52°07'W. O solo da área pertence à unidade de mapeamento LVdf2 - Latossolo Vermelho distroférrico textura argilosa, álico (BHERING et al., 2008), de clima predominante Cfa, segundo a classificação de Köppen (MAACK, 1968).

Nos dois anos agrícolas, os tratamentos constaram de combinações entre oito cultivares de trigo e quatro níveis de manejo, que representam a ampla gama de insumos e níveis de investimento utilizados pelos triticultores da região, equivalentes a diferentes expectativas de produtividade. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial, com três repetições, com a combinação dos fatores: cultivares de trigo (BRS 208, BRS 220, BRS Tangará, BRS Pardela, BRS Guamarim, CD 114, CD 117 e Pampeano) e níveis de manejo (controle E1, tradicional – E2, e otimizados – E3 e E4).

Os níveis de manejo foram: E1: Sem aplicação de insumos, apenas a semente. E2: Adubação de base com 100 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-16-16 (N-P-K), uma aplicação de inseticida metamidofós (0,2 L ha<sup>-1</sup>) para o controle de pulgões e uma aplicação de 0,75 L ha<sup>-1</sup> de fungicida tebuconazol, no início do florescimento. E3: Tratamento de sementes com 0,27 L 100 kg<sup>-1</sup> de

sementes do fungicida triadimenol, adubação de base com 230 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-20-20 (N-P-K), 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, na forma de uréia, aplicado no início do perfilhamento, uma aplicação de 6,6 g ha<sup>-1</sup> do herbicida metsulfurom-metilico, uma aplicação de 0,1 L ha<sup>-1</sup> do inseticida lufenuron, uma aplicação de 0,2 L e 0,3 L ha<sup>-1</sup> do inseticida metamidofós e uma aplicação do fungicida azoxistrobin+ciproconazol, respectivamente, no início do florescimento, uma aplicação de 0,75 L ha<sup>-1</sup> do fungicida tebuconazol no estádio de enchimento de grãos. E4: Tratamento de sementes com 0,27 e 0,07 L 100 kg<sup>-1</sup> de sementes de triadimenol (fungicida) e imidacloprid (inseticida), respectivamente, adubação de base com 350 kg ha<sup>-1</sup> de 08-20-20, 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura, na forma de uréia, dividida em duas aplicações (início e final do perfilhamento), uma aplicação de 6,6 g ha<sup>-1</sup> do herbicida metsulfurom-metilico, uma aplicação de 0,1 L ha<sup>-1</sup> do inseticida lufenuron no início do florescimento, uma aplicação de 0,15 L ha<sup>-1</sup> do inseticida tiametoxam+lambdacialotrina, uma aplicação de 0,3 L ha<sup>-1</sup> do fungicida azoxistrobin+ciproconazol no início do florescimento e, com intervalos de 15 dias, duas aplicações de 0,50 L ha<sup>-1</sup> do fungicida tebuconazol. O manejo e os tratamentos culturais foram efetuados conforme recomendações técnicas da cultura (RCBPTT, 2008).

As parcelas foram compostas de sete fileiras de trigo de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,17 m, com densidade de 350 plantas aptas por m<sup>2</sup>, sendo a área útil formada pelas cinco fileiras centrais. Para a semeadura, em sistema de plantio direto, utilizou-se uma semeadora de parcelas experimentais marca Semina/Embrapa. As datas de semeadura foram, respectivamente, 2 e 6 de julho de 2008 e 2009, respeitando o zoneamento agrícola estabelecido pela recomendação de pesquisa.

Foram avaliados cinco caracteres: sendo dois aferidos em campo: a) número de afilhos férteis por metro linear (AFL), obtido pela contagem dos afilhos que emitiram espigas, em 2 m lineares de cada unidade de observação (linha); b) dias da emergência à maturação (DEM), tendo como referência a maturação fisiológica de mais de 50% das plantas da parcela; e três componentes do rendimento de grãos aferidos em laboratório: c) número de espiguetas por espiga (NE), considerado o número médio de espiguetas contados em 15 espigas, colhidas ao acaso em cada parcela; d) peso do hectolitro (PH) que corresponde à massa de 100 L de grãos, expresso em kg 100 L<sup>-1</sup>; e) rendimento de grãos (RG), determinado pela colheita e trilha de todas as plantas da área útil da parcela, em gramas, corrigido pela umidade de 13% e transformado para kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (teste de Bartlett) e de normalidade (Lilliefors). Como as variâncias foram homogêneas e normais, procedeu-se às análises de variância, sem

necessidade de transformação. A relação entre o maior e o menor quadrado médio residual dos ambientes ( $QMr^+/QMr^-$ ) foi inferior a sete, para os caracteres avaliados, possibilitando a utilização da análise conjunta dos dados, na qual se consideraram cultivares e níveis de manejo como fatores fixos e ano como aleatório. Para estas análises, utilizou-se o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2001).

Havendo interações significativas, a adaptação das cultivares aos níveis de manejo foi analisada pelos métodos AMMI (additive main effects and multiplicative interaction analysis) e GGE Biplot (genotype+genotype-by-environment). O método AMMI combina a análise de variância e a análise de componentes principais, para ajustar, respectivamente, os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação GxA (ZOBEL et al., 1988). O modelo da metodologia AMMI pode ser demonstrado por:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} \varepsilon_{ij}$$

Em que,  $Y_{ij}$  é a resposta média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, G$  genótipos) no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, A$  ambientes);  $\mu$  é a média geral dos ensaios;  $g_i$  é o efeito fixo do genótipo  $i$ ;  $a_j$  é o efeito fixo do ambiente  $j$ ;  $\lambda_k$  é o  $k$ -ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações original (denotada por GA);  $\gamma_{ik}$  é o elemento correspondente ao  $i$ -ésimo genótipo, no  $k$ -ésimo vetor singular coluna da matriz GA;  $\alpha_{jk}$  é o elemento correspondente ao  $j$ -ésimo ambiente, no  $k$ -ésimo vetor singular linha da matriz GA;  $\rho_{ij}$  é o resíduo associado ao termo (ga)ij da interação clássica do genótipo  $i$  com o ambiente  $j$ ;  $\varepsilon_{ij}$  é o erro experimental médio.

Na análise AMMI é indispensável identificar o número de eixos que serão empregados na análise, e para a

representação da média produtiva foi adotado o modelo AMMI1.

Também foi utilizado o método GGE Biplot, que considera o efeito do genótipo e da interação entre genótipos e ambientes (YAN et al., 2000). Neste método, apenas o efeito principal de genótipo e da GxE são importantes, devendo ser considerados concomitantemente. Considera-se que o efeito principal do ambiente não é relevante na seleção de cultivares. O modelo GGE biplot não separa G da GxE mantendo-os juntos em dois termos multiplicativos, que podem ser visualizado na seguinte equação.

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{1j} \eta_{1i} + \lambda_2 \xi_{2j} \eta_{2i} + \varepsilon_{ij}$$

Em que,  $Y_{ij}$  é o rendimento esperado do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $\mu$  é a média geral das observações;  $\beta_j$  é o efeito principal do ambiente  $j$ ;  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  são denominados escores principais e secundários dos componentes principais, PC1 e PC2, respectivamente;  $\xi_{1j}$  e  $\xi_{2j}$  são os autovetores do genótipo  $i$  para PC1 e PC2, respectivamente;  $\varepsilon_{ij}$  é o resíduo não explicado por ambos os efeitos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância conjunta (Tabela 1) revelaram significância ( $p < 0,05$ ) para a interação tripla dos fatores cultivar x ano x nível de manejo (C x A x M) para todos os caracteres avaliados, indicando que as cultivares responderam de forma diferenciada aos níveis de manejo e anos de cultivo. Os coeficientes de variação oscilaram entre 0,73% e 8,5%, conferindo boa precisão às estimativas preditas neste estudo.

O rendimento médio de grãos das oito cultivares de trigo nos quatro níveis de manejo cultural e

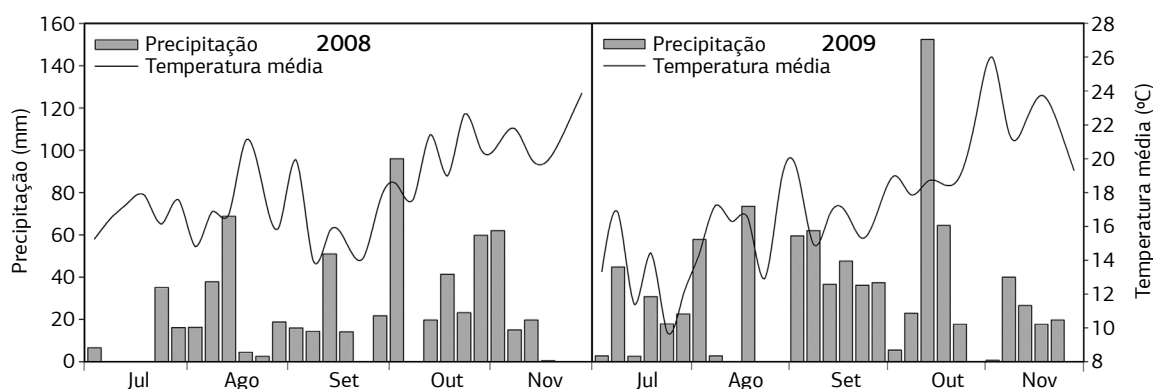
**Tabela 1.** Resumo da análise de variância conjunta, incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de oito cultivares de trigo, em função de quatro níveis de manejo nas safras agrícolas de 2008 e 2009. Pato Branco (PR), 2011

Fontes de variação	G.L.	Quadrados médios				
		RG (kg ha <sup>-1</sup> )	PH (g)	NE	AFL	DEM
(B/A)/M	16	601.738,1	26,96	1,16	22,10	4,11
Anos (A)	1	508.500.517,74**	390,81**	3,20 <sup>ns</sup>	756,04**	453,25**
Manejo (M)	3	3.376.634,32 <sup>ns</sup>	59,10 <sup>ns</sup>	83,74**	4.686,93 <sup>ns</sup>	424,60 <sup>ns</sup>
Cultivares (C)	7	9.496.869,31 <sup>ns</sup>	37,13 <sup>ns</sup>	29,75**	5.556,29**	284,13*
A x M	3	2.352.212,21 <sup>ns</sup>	128,48*	0,10 <sup>ns</sup>	1.547,03**	55,36**
C x A	7	3.758.084,30**	53,58*	2,31**	356,35**	54,75**
C x M	21	664.930,07 <sup>ns</sup>	15,00 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	587,38*	37,35 <sup>ns</sup>
C x A x M	21	438.128,74**	43,40**	0,73**	240,54**	41,56**
Resíduo (Erro)	112	51.776,87	21,43	0,15	12,76	0,79
Total	191					
Médias		2.675,71	70,02	15,29	95,25	120,44
CV (%)		8,50	6,61	2,55	3,75	0,73

\*\* , \* e ns: Significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente; G.L.: Graus de liberdade; CV: Coeficiente de variação; RG: Rendimento de grãos (em kg ha<sup>-1</sup>); PH: Peso do hectolitro (em g); NE: Número de espiguetas por espiga; AFL: Número de aflhos férteis; DEM: Dias da emergência à maturação fisiológica.

**Tabela 2.** Rendimento médio de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de oito cultivares de trigo, listadas para quatro níveis de manejo cultural nas safras agrícolas de 2008 e 2009. Pato Branco (PR), 2011

Cultivares	Níveis de manejo								Média
	2008E1	2008E2	2008E3	2008E4	2009E1	2009E2	2009E3	2009E4	
BRS 208	726	952	1126	1224	2506	3239	4110	4862	2343
BRS 220	412	730	1167	1426	3089	3799	3962	4595	2397
BRS Tangará	1073	1142	1376	1179	3401	4076	4666	5754	2833
BRS Pardela	621	1087	1224	1289	3226	4142	4989	6501	2885
BRS Guamirim	708	991	1300	1329	3840	4558	5220	6595	3068
CD 114	579	985	1353	1177	2213	3527	4100	5162	2387
CD 117	521	890	1020	1176	2934	3461	3747	4851	2325
Pampeano	790	1104	1413	1453	3369	4600	5477	7130	3167
Média	679	985	1247	1282	3072	3925	4534	5681	2676



**Figura 1.** Precipitação pluvial e temperatura média referentes ao período experimental de 2008 e 2009 para o município de Pato Branco (PR), com dados agrupados de cinco em cinco dias.

safras agrícolas é apresentado na tabela 2. Observa-se presença de variabilidade genética entre cultivares quanto ao potencial produtivo e a responsividade aos níveis de manejo aplicados. As informações contidas na tabela 2 são apresentadas graficamente pelo método biplot AMMI1 (Figura 2a,b,c), em que é possível fazer inferências quanto ao desempenho de genótipos, níveis de manejo e anos de avaliação, com facilidade na visualização dos dados e confiabilidade de representação que variou entre 97% e 99%.

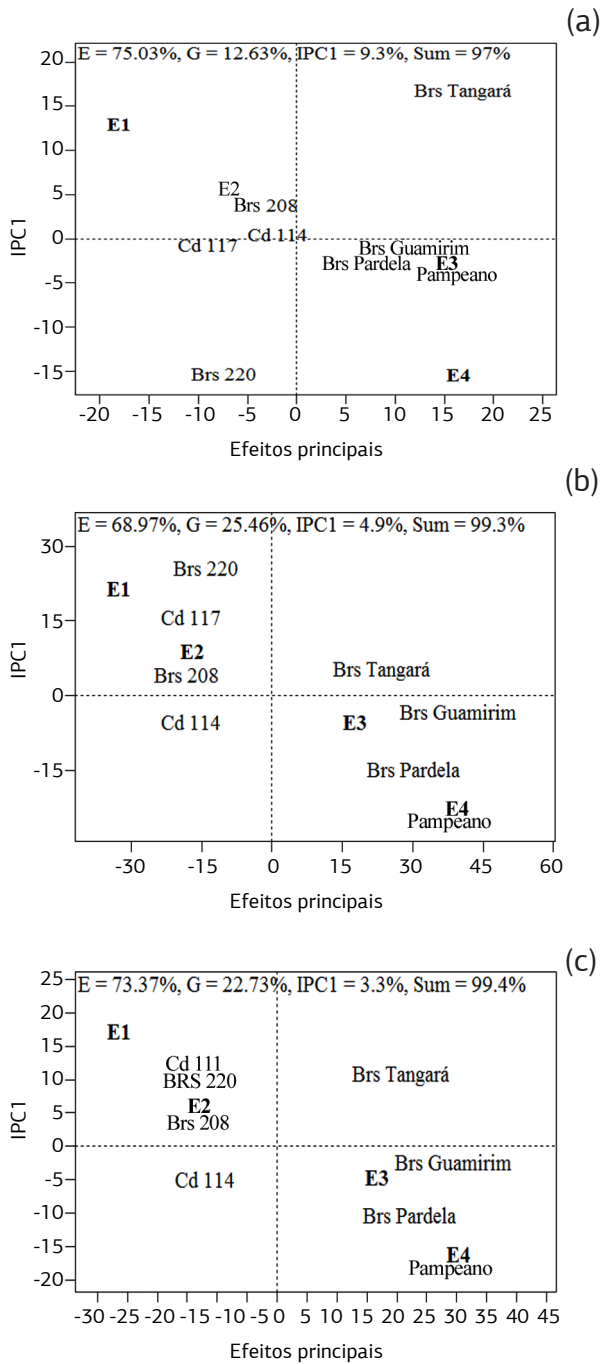
O efeito do ambiente, neste estudo, resultante do efeito principal dos níveis de manejo aliado às condições edafoclimáticas ocorridas durante o período de cultivo contribuíram com 75% (2008) e 69% (2009) da explicação da variação total do rendimento de grãos (Figura 2a,b).

Na análise conjunta, o efeito do ambiente explicou 73% da variação total do rendimento de grãos (Figura 2c). Esse resultado indicou que, proporcionalmente, a variabilidade das condições climáticas entre anos (Figura 1) e níveis de manejo foi superior ao efeito de principal de cultivares e interações. YAN (2001) afirma que, em ensaios realizados em diferentes condições edafoclimáticas, geralmente, 80% da variação do rendimento é causada pelo ambiente, enquanto o genótipo e

a interação genótipo x ambiente participam com aproximadamente 10% cada um.

Nos anos agrícolas de 2008 e 2009 (Figura 2a,b), respectivamente, observa-se que os níveis de manejo E1 e E2 estão localizados abaixo da média produtiva geral, indicado pelo centro das linhas perpendiculares, com independentemente do ano agrícola, menor desempenho do RG. Ao contrário, os níveis de manejo E3 e E4 estão localizados acima da média produtiva geral, entretanto, sem estratificá-los no ano agrícola de 2008, fato este relacionado, principalmente, à menor disponibilidade hídrica (Figura 1). Na análise conjunta (Figura 2c), observou-se a formação de dois grupos, sendo o primeiro abaixo da média produtiva geral, que incluiu todos os níveis em 2008, sem estratificá-los. O segundo grupo foi localizado acima da média geral, onde foram agrupados os níveis de manejo de 2009, os quais foram ordenados em ordem decrescente de rendimento (E4, E3, E2, E1).

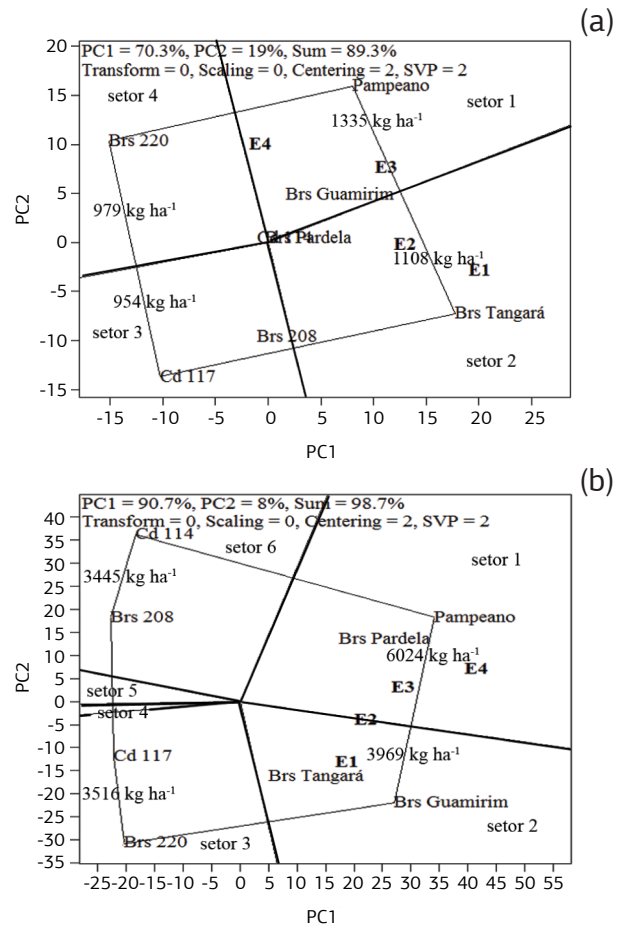
A porcentagem de explicação acumulada para o ano agrícola de 2008 foi de 89,3% (Figura 3a), e em 2009 de 98,7% (Figura 3b). Tais valores conferem elevada confiabilidade na explicação da variação total do desempenho do genótipo, mais a interação com o ambiente (G+GxA). Assim, a resposta produtiva das cultivares de trigo quanto



**Figura 2.** Plotagem dos escores do efeito principal dos genótipos e ambientes em função do primeiro componente principal (IPC1), segundo o modelo AMMI1, para o caractere rendimento de grãos de oito cultivares de trigo, em quatro níveis de manejo, nas safras agrícolas de 2008 (a), 2009 (b) e conjunta (c). Pato Branco (PR).

aos níveis de manejo podem ser explicadas pelo padrão retido nas análises gráficas (MA et al., 2004).

Na análise de adaptabilidade, os quatro níveis de manejo foram agrupados em dois setores adaptativos semelhantes, interação não cruzada ou previsível, em ambos os anos, sendo: Setor 1: E3 e E4 e Setor 2: E1 e E2 (Figura 3a,b). No ano agrícola de 2008, considerando



**Figura 3.** Plotagem dos escores dos componentes principais quanto à indicação de níveis de manejo com médias setoriais de rendimento obtidas pelos níveis de manejo e cultivares presentes em cada setor, segundo o modelo GGE Biplot, do caractere rendimento de grãos de oito cultivares de trigo, avaliadas em quatro níveis de manejo, em 2008 (a) e 2009 (b). Pato Branco (PR).

a média produtiva das cultivares nos níveis de manejo aos quais se associaram, observa-se que o rendimento de grãos oscilou entre 1108 kg ha<sup>-1</sup> (Setor 2) e 1335 kg ha<sup>-1</sup> (Setor 1), com um incremento de 20% no rendimento de grãos. Resultados semelhantes foram observados por PIRES et al. (2005), quando verificaram que o manejo otimizado em comparação ao tradicional, proporcionou, na média de seis cultivares, incrementos de 716 kg ha<sup>-1</sup> (24%) no rendimento de grãos. Em 2009, cujas condições meteorológicas foram mais adequadas para o desenvolvimento do trigo, a diferença de desempenho entre o setor 2 = 3969 kg ha<sup>-1</sup> e setor 1 = 6024 kg ha<sup>-1</sup> foi de 52%, caracterizando elevada resposta do rendimento de grãos no manejo otimizado.

Ainda na figura 3, observa-se que apenas as cultivares BRS Tangará (E1 e E2) e Pampeano (E3 e E4) mantiveram-se positivamente associadas aos mesmos níveis de manejo, em ambos os anos de avaliação. Em 2008, a cultivar BRS Pardela foi alocada no centro do gráfico biplot

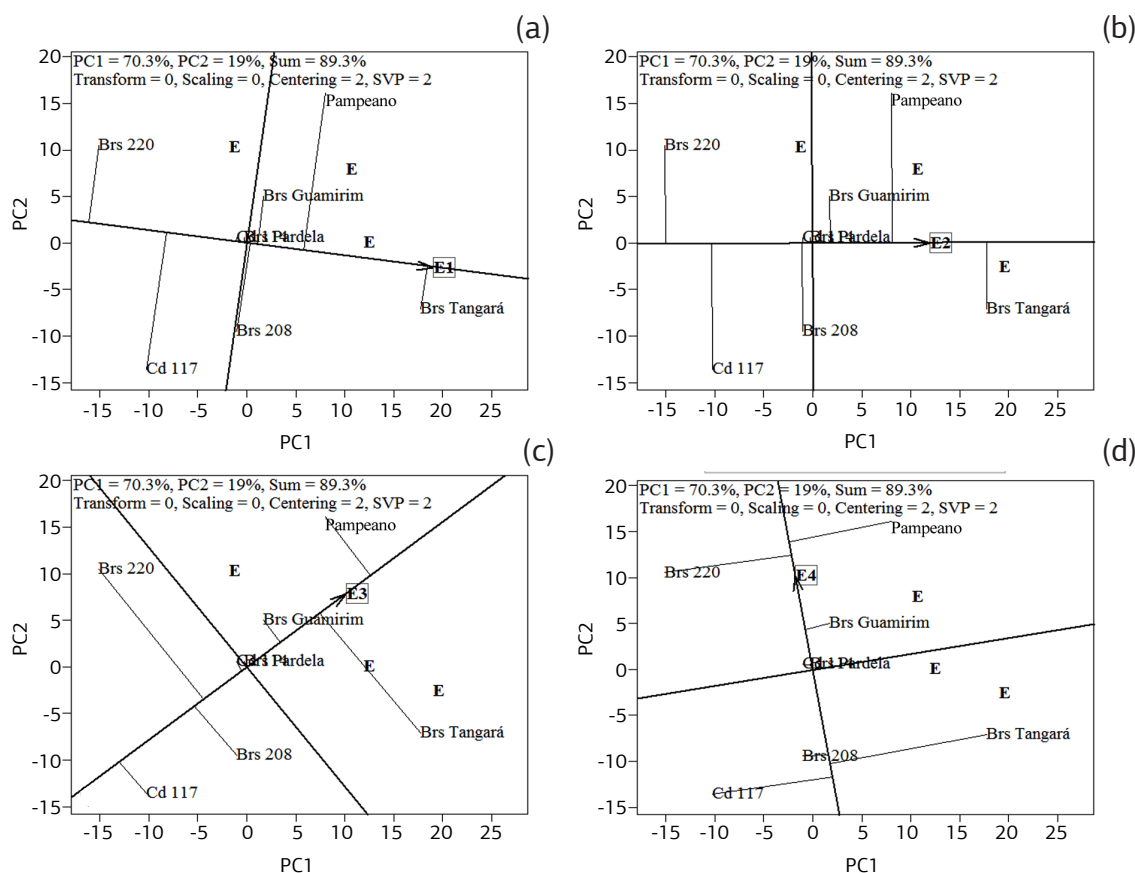
e, em 2009, houve associação positiva com os níveis E3 e E4. A cultivar BRS Guamirim, altamente responsiva ao incremento no manejo cultural (PIRES et al., 2005; 2009; SCHEEREN et al., 2007) foi positivamente associada aos níveis E3 e E4 em 2008 (Figura 3a) e E1 e E2 em 2009 (Figura 3b).

As cultivares localizadas nos vértices dos setores tiveram o melhor ou o pior desempenho no referido setor (YAN e TINKER, 2006). Neste contexto, as cultivares Pampeano e BRS Tangará em 2008 (Figura 3a) e Pampeano e BRS Guamirim em 2009 (Figura 3b) proporcionaram o melhor desempenho nos setores correspondentes. Por outro lado, as cultivares CD 117 e BRS 220 (2008) e BRS 220 e CD 117 (2009), também localizadas nos vértices, tiveram os piores desempenhos nos setores em que estão localizadas. Em ambos os anos, as cultivares CD 114, CD 117, BRS 208 e BRS 220 não se associaram com quaisquer níveis de manejo. Neste contexto, uma premissa da análise GGE Biplot é não associar cultivares a quaisquer ambientes quando a média for inferior à média de cada setor (YAN, 2001; YAN e KANG, 2003).

Maiores detalhes do desempenho do rendimento de grãos em relações aos níveis de manejo podem ser observados nas figuras 4 e 5, ano agrícola de 2008 e 2009 respectivamente. Nesta análise, traçou-se uma linha

cruzando a origem do biplot e, ao longo desta, as cultivares foram ranqueadas em relação ao desempenho em cada nível de manejo (YAN e TINKER, 2006). O método ordenou com exatidão o desempenho dos genótipos em cada ambiente, quando comparados os gráficos biplot à tabela 1. Em 2008 (Figura 4), visualizaram-se as cultivares mais associadas aos níveis de manejo E1 (BRS Tangará) E2 (BRS Tangará e Pampeano), E3 (Pampeano, BRS Tangará e BRS Guamirim) e E4 (Pampeano, BRS 220 e BRS Guamirim). Em 2009 (Figura 5), apenas as cultivares BRS Guamirim, Pampeano, BRS Pardela e BRS Tangará tiveram rendimento acima da média do gráfico biplot (Figura 5a,b,c,d). Destaca-se o melhor desempenho de BRS Guamirim em E1 e E2 e Pampeano em E3 e E4, confirmando o que foi observado na análise de setores da figura 3, através do critério de megaambientes.

A associação do RG, peso do hectolitro (PH), número de espiguetas por espiga (NE), número de aflhos férteis (AFL) e dias de emergência a maturação fisiológica (DEM), com os níveis de manejo E1, E2, E3 e E4 pode ser observada na figura 6a,c. A associação entre duas variáveis é observada pelo ângulo formado entre seus vetores. Há associação positiva quando o ângulo entre os vetores for  $<90^\circ$ , negativa se o ângulo for  $>90^\circ$ , e nula quando o ângulo for de  $90^\circ$  (YAN e TINKER, 2006).



**Figura 4.** Plotagem dos escores dos componentes principais quanto à classificação dos genótipos com base em seu desempenho nos níveis de manejo, individualmente, segundo o modelo GGE Biplot, para o caractere rendimento de grãos de oito cultivares de trigo, avaliadas em quatro níveis de manejo, em 2008. Pato Branco (PR).

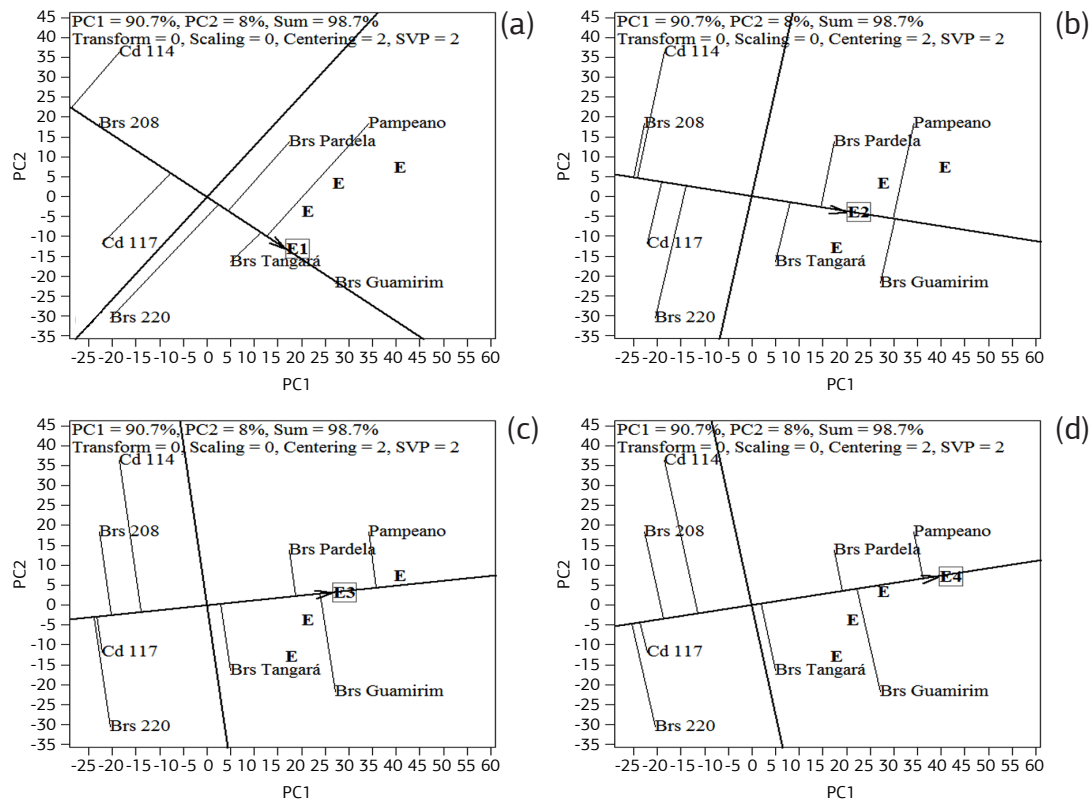


Figura 5. Plotagem dos escores dos componentes principais quanto à classificação dos genótipos com base em seu desempenho nos níveis de manejo, individualmente, segundo o modelo GGE Biplot, para o caractere rendimento de grãos de oito cultivares de trigo, avaliadas em quatro níveis de manejo, em 2009. Pato Branco (PR).

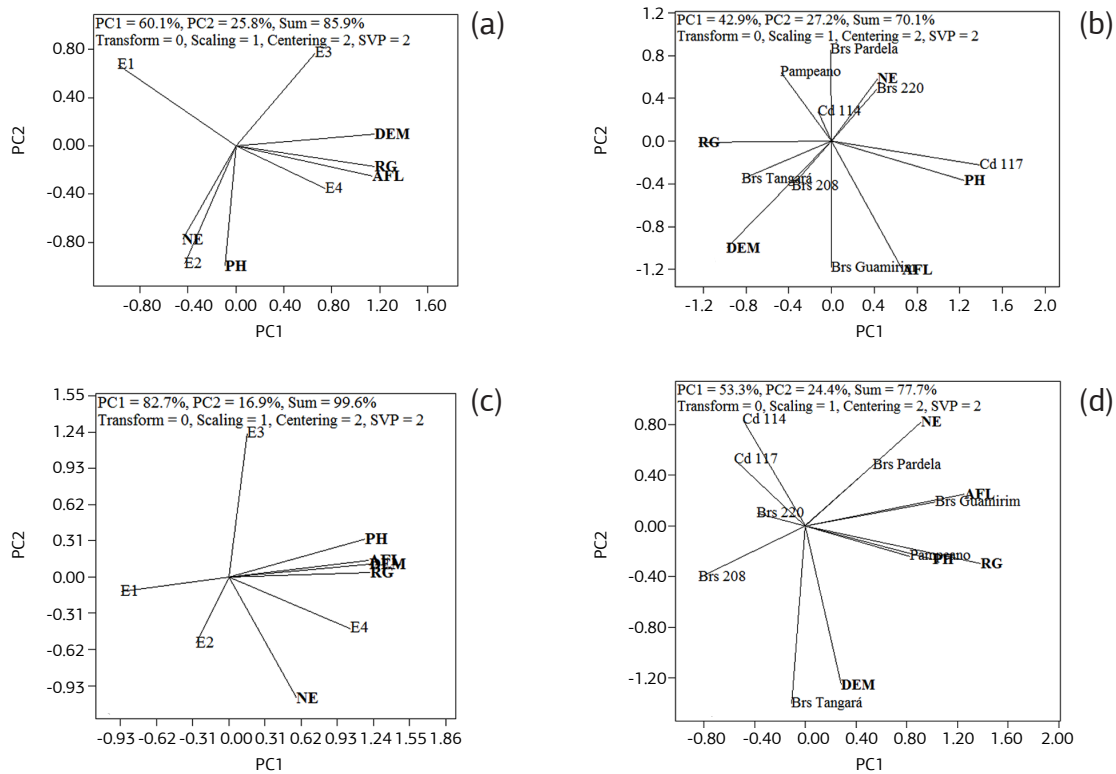


Figura 6. Plotagem dos escores dos componentes principais, segundo o modelo GGE Biplot, quanto à associação dos níveis de manejo (a e c) e cultivares (b e d) com os caracteres rendimento de grãos (RG), peso do hectolitro (PH), número de espiguetas por espiga (NE), número de afilhos férteis (AFL) e dias de emergência a maturação fisiológica (DEM), em quatro níveis de manejo, em 2008 (a e b) e 2009 (c e d) em Pato Branco (PR).

Por este critério, observou-se que em 2008 o RG foi associado com DEM e AFL, assim como estes caracteres tiveram maior média de desempenho com o nível E4. O peso do hectolitro e número de espiguetas por espiga associaram-se ao nível E2, o que pode ser atribuído a baixa associação do número de afilhos férteis ao nível E2. Menor número de afilhos férteis concorre na partição de fotoassimilados, havendo maior direcionamento para a definição de mais espiguetas por espiga e enchimento de grãos.

No ano agrícola de 2009, todos os caracteres associaram-se positivamente com o nível E4, fato relacionado às condições meteorológicas não limitantes (Figura 1), permitindo a eles o melhor desempenho com o manejo otimizado. Quanto à associação dos caracteres com as cultivares, observou-se que, em ambos os anos, BRS Guamirim foi altamente associada e teve seu desempenho explicado pelo número de afilhos férteis (Figura 6b,d), aptidão destacada por SCHEEREN et al. (2007). Também, observou-se, em ambos os anos, associações de elevada magnitude de BRS Tangará e BRS 208 com dias de emergência à maturação, e da cultivar Pampeano, com o rendimento de grãos.

As técnicas biplot foram eficientes em indicar as cultivares mais adaptadas aos níveis de manejo cultural, com riqueza de detalhes quanto ao desempenho das cultivares. Assim, é possível maximizar o potencial produtivo dessas cultivares, com lucratividade, e minimizar os riscos.

#### 4. CONCLUSÃO

A adoção de níveis de manejo otimizados maximiza o potencial de rendimento de grãos do trigo, principalmente, em condições meteorológicas favoráveis ao cultivo. A escolha do nível de manejo a ser adotado deve levar em consideração à resposta da cultivar aos insumos aplicados.

Independentemente do ano agrícola, a cultivar Pampeano é adaptada aos sistemas de manejo estabelecidos para otimizar o desempenho da lavoura, e BRS Tangará ao sistema de manejo cultural tradicional. As análises gráficas GGE Biplot e AMMI1 simplificam e facilitam a visualização dos dados e são eficientes em indicar cultivares adaptadas aos níveis de manejos.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação Araucária, pelo apoio financeiro.

#### REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, J.C.; VIEIRA, E.A.; SILVA, M.S.; ANDRADE, J.M.V.; SCHEEREN, P.L.; TRINDADE, M.G.; SOARES SOBRINHO, J.; SOUSA, C.N.A.; REIS, W.P.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; FRONZA, V.; CARGNIN, A.; YAMANAKA, C.H. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1727-1734, 2007.
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G.; BOGNOLA, I.A.; CÚRCIO, G.R.; MANZATTO, C.V.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C.S.; ÁGLIO, M.L.D.; SOUZA, J.S. Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, 2008. 74p.
- CAIERÃO, E.; SILVA, M.S.; SCHEEREN, P.L.; DEL DUCA, L.J.A.; JUNIOR, A. N.; PIRES, J.L. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. *Ciência Rural*, v.36, p.1112-1117, 2006.
- CARVER, B.F. *Wheat: Science and Trade*. 1.ed. Iowa: Wiley-Blackwell. 2009. 569p.
- CONAB. Séries históricas. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 9/1/2011.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V.S.; MARTIN, T.N.; SILVA, R.R.; SILVA, C.L. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no Estado do Paraná. *Bragantia*, v.69, p.797-805, 2010.
- HASSANPANAH, D. Analysis of GxÉ interaction by using the additive main effects and multiplicative interaction in potato cultivars. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, v.4, p.23-29, 2010.
- MA, B.L.; YAN, W.; DWYER, L.M.; FREGEAU-REID, J.; VOLDENG, H.D.; DION, Y.; NASS, H. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agronomy Journal*, v.96, p.169-180, 2004.
- MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. Banco do Desenvolvimento do Paraná. Curitiba: UFPR / IBPT, 1968. 350p.
- PIRES, J.L.F.; LIMA, M.I.P.M.; VOSS, M.; SCHEEREN, P.L.; WIETHÖLTER, S.; CUNHA, G.R.; IGNACZAK, J.C.; CAIERÃO, E. Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado, Passo Fundo, 2004. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 19p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 54). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/852508>. Acesso em: 8/1/2011.
- PIRES, J.L.F.; SANTOS, H.P.; SCHEEREN, P.L.; MIRANDA, M.Z.; DE MORI, C.; CASTRO, R.L.; CAIERÃO, E.; PILAU, J. Avaliação de cultivares de trigo em diferentes níveis de manejo na região do Planalto do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 23 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa



e desenvolvimento online, 74). Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp74](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp74). Acesso em: 10/1/2011.

RCBPTT - REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2., 2008, Passo Fundo. Informações técnicas para a safra 2009: trigo e triticale. Passo Fundo: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale: Embrapa Trigo: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2008. 172p.

SENA, M.M.; FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J.; TOKESHI, H.; POPPI, R.J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. *Soil and Tillage Research*, v.67, p.171-181, 2002.

SCHEEREN, P.L.; CAIERÃO, E.; SÓ e SILVA, M.; DEL DUCA, L.J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; LINHARES, A.; EICHELBERGER, L. BRS Guamirim: cultivar de trigo da classe pão, precoce e de baixa estatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.293-296, 2007.

YAN, W. GGEbiplot – A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, v.93, p.1111-1118, 2001.

YAN, W. Singular value partitioning for biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*, v.94, p.990-996, 2002.

YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science*, v.40, p.597-605, 2000.

YAN, W.; KANG, M.S. GGE Biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Flórida: Boca Raton, 2003.

YAN, W.; TINKER, A. Biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, v.86, p.623-645, 2006.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, v.80, p.388-393, 1988.