

## TESTE DOS SINAIS PARA TENDÊNCIA: UMA APLICAÇÃO EM MELHORAMENTO DE PLANTAS

Moysés NASCIMENTO<sup>1</sup>  
Cosme Damião CRUZ<sup>2</sup>  
Luiz Alexandre PETERNELLI<sup>1</sup>  
Ana Carolina Mota CAMPANA<sup>1</sup>  
Danielle Silva PINTO<sup>2</sup>  
Reinaldo de Paula FERREIRA<sup>3</sup>

- RESUMO: Este trabalho mostra que o teste dos sinais para tendência, freqüentemente utilizado em Séries Temporais para testar a não estacionaridade da série, pode ser utilizado para o estudo da interação genótipo x ambiente em espécies vegetais. A utilização desse teste faz com que a decisão sobre a adaptabilidade e estabilidade de um cultivar seja baseada também em probabilidade, mais precisamente no p-valor do teste. Para avaliar e exemplificar sua aplicação, foram estudados 92 cultivares de alfafa em 20 cortes realizados no período de novembro/2004 a julho de 2006. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 2 repetições. Os resultados encontrados mostram que o teste dos Sinais para Tendência é eficiente para o estudo de adaptabilidade fenotípica, sendo possível classificar as cultivares conforme o interesse do estudo.
- PALAVRAS-CHAVE: Testes não-paramétricos; interação genótipo x ambiente; análise estatística.

### 1 Introdução

A interação genótipo x ambiente (GxA), definida como o comportamento diferencial das cultivares frente às variações ambientais, dificulta a seleção de genótipos com adaptação ampla. Visando à obtenção de informações pormenorizadas sobre o comportamento das cultivares, métodos de adaptabilidade e estabilidade tornam-se extremamente importantes e necessários (CRUZ, 2004).

Existem várias metodologias de análises de adaptabilidade e estabilidade. Tais métodos se diferem pelos conceitos adotados e pelos procedimentos biométricos empregados. Como exemplos, são citados os métodos de: Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965) e Annicchiarico (1992) - baseados em análise de variância; Finlay e

---

<sup>1</sup> Departamento de Informática - Área de Estatística, Universidade Federal de Viçosa, CEP: 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: [moysesnascim@vicosa.ufv.br](mailto:moysesnascim@vicosa.ufv.br), [peterneli@ufv.br](mailto:peterneli@ufv.br), [carolcampana@vicosa.ufv.br](mailto:carolcampana@vicosa.ufv.br)

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, CEP: 36570-000, Viçosa, MG, Brasil, E-mail: [cdacruz@ufv.br](mailto:cdacruz@ufv.br), [daniamazon@gmail.com](mailto:daniamazon@gmail.com)

<sup>3</sup> Embrapa – Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste, Rua Washington Luiz, km 234, CEP 13560-970, São Carlos, SP, Brasil. E-mail: [reinaldo@cnpse.embrapa.br](mailto:reinaldo@cnpse.embrapa.br)

Wilkinson (1963), Eberhart e Russel (1966), Verma et al. (1978) e Cruz et al. (1989) - baseados em análises de regressão linear; Lin e Binns (1988), Carneiro (1998) e Método Centrôde - (Rocha et al. 2005) - baseados em análises não-paramétricas. Os métodos baseados em análise de variância não fornecem estimativas da adaptabilidade de cultivares e nem do direcionamento de suas respostas e tratam a estabilidade de forma descritiva. Métodos baseados em regressão, que medem a resposta de cada cultivar frente às variações ambientais, permitem estimar o parâmetro de adaptabilidade, os quais são testados a partir do teste t. Entretanto recomendação de cultivares através destes métodos demanda grande número de estimativas. Já os métodos baseados em análises não-paramétricas utilizam poucos parâmetros para recomendação, mas também tratam a adaptabilidade e estabilidade de forma descritiva.

Este trabalho tem como objetivo mostrar que o teste dos Sinais para Tendência proposto por Cox e Stuart (1955), pode ser utilizado para o estudo da interação genótipo x ambiente em espécies vegetais, de modo que a decisão sobre a adaptabilidade e estabilidade de um cultivar, seja baseada em probabilidade, mais precisamente no  $p$ -valor do teste.

## 2 Material e métodos

Para exemplificar a utilização do teste, foram utilizados dados do experimento instalado em junho de 2004 no Campo Experimental da Embrapa Pecuária Sudeste - São Carlos/SP. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com duas repetições, sendo as parcelas constituídas de cinco fileiras de cinco metros de comprimento. Considerou-se como bordadura uma fileira de cada lado e a 0,50 m de cada extremidade da parcela. Foram utilizados 92 acessos de alfafa, provenientes do INTA-Argentina, nas quais foi avaliada a produção de matéria seca. Os cortes foram feitos a 5 cm do nível do solo e ocorriam sempre que cada cultivar apresentasse 10% de floração. Foram realizados 20 cortes no período de novembro de 2004 a junho de 2006.

Cox e Stuart (1955) propuseram um modo para testar tendências monótonas, isto é, tendências crescentes ou decrescentes. Uma tendência monótona, não necessariamente precisa ser linear, pode simplesmente expressar uma tendência crescente ou decrescente nas observações em relação a locais ou irregularidades aleatórias. Considere um conjunto de observações independentes  $x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_n$  ordenadas no tempo. Se o número de observações é par,  $n = 2m$ , pode-se calcular as seguintes diferenças  $x_{m+1} - x_1, x_{m+2} - x_2, \dots, x_{2m} - x_m$ . Para um número de observações ímpar,  $n = 2m + 1$ , procede-se como descrito acima, omitindo a observação central  $x_{m+1}$  e calcula-se  $x_{m+2} - x_1, x_{m+3} - x_2, \dots, x_{2m+1} - x_m$ .

Se existe uma tendência crescente espera-se que a maioria das diferenças seja positiva. Conseqüentemente, se não houver tendência e as observações diferirem apenas por flutuações em torno de uma mediana, espera-se que as diferenças entre sinais positivos e negativos estejam distribuídas uniformemente. A superioridade numérica de diferenças negativas sugere uma tendência decrescente. Sob hipótese nula de não tendência, os sinais positivos (ou negativos) seguem distribuição binomial com parâmetros  $m$  e  $p = \frac{1}{2}$ ,  $B \sim (m; 1/2)$ , (SPRENT e SMEETON, 2000).

Tem-se então, como hipótese nula,  $H_0$  : "não existe tendência nas observações", e o  $p$ -valor do teste é obtido calculando a probabilidade de ocorrência de sinais positivos (negativos) encontrados nas observações, através da distribuição Binomial ( $m; 1/2$ ).

Para utilização do teste no estudo de adaptabilidade e estabilidade, é necessário que os ambientes sejam classificados e ordenados utilizando o índice ambiental proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$$

onde  $Y_{ij}$  : média do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ ;  $Y_{..}$  : total das observações;  $a$  : número de ambientes;  $g$  : número de genótipos.

Para cada genótipo  $i = 1, 2, \dots, g$ , a hipótese a ser testada, neste estudo, pode ser descrita como:  $H_{0i}$  : "o genótipo  $i$  é estável às variações ambientais", sendo a hipótese alternativa bilateral, pois pode-se tratar de uma tendência crescente ou decrescente. Entretanto, se o pesquisador tiver a certeza que seus dados só possam assumir um comportamento crescente (ou decrescente), indica-se a utilização do teste unilateral, o que aumentará o poder do teste.

Após ordenação dos dados e definição da hipótese, aplica-se o teste para cada genótipo como descrito anteriormente. Os  $p$ -valores obtidos para cada genótipo em conjunto com suas respectivas médias, são utilizados como "medidas" de adaptabilidade e estabilidade.

Percebe-se que, quando se dispõe de um número relativamente grande de ambientes, é possível a aplicação do teste dos Sinais para Tendência separadamente para cada conjunto de ambientes (favoráveis e desfavoráveis), classificados de acordo com o índice ambiental proposto por Finlay e Wilkinson (1963). Assim, obtém-se informações de *performance* genotípica, sendo possível encontrar o genótipo dito "ideal", ou seja, aquele que é estável a ambientes desfavoráveis, responsivo a ambientes favoráveis e que possua média elevada. Neste caso têm-se duas hipóteses a serem testadas definidas como:

- $H_{0D}$  : "o genótipo  $i$  é estável às variações ambientais no grupo de ambientes desfavoráveis" .
- $H_{0F}$  : "o genótipo  $i$  é estável às variações ambientais no grupo de ambientes favoráveis" .

Os  $p$ -valores para cada conjunto de ambientes, obtidos calculando a probabilidade de ocorrência de sinais positivos (negativos) encontrados nas observações, são denotados por  $p_D$  e  $p_F$ , para os ambientes desfavoráveis e favoráveis respectivamente. Novamente, a partir dos  $p$ -valores e suas respectivas médias dá-se a recomendação.

Um ponto a se ressaltar é que antes da aplicação do teste é necessário definir o nível de significância ( $\alpha$ ). Neste trabalho utilizou-se 15 %.

Para obter os resultados a partir do teste, assim como na de Finlay e Wilkinson (1963), a adaptabilidade expressa a resposta do cultivar às variações ambientais, enquanto que a estabilidade dá a idéia da invariância. Portanto estes conceitos estão intimamente ligados ao  $p$ -valor do teste. A classificação pode ser feita da seguinte forma:

- (i) Teste para apenas um conjunto de ambientes:
- Cultivares com adaptabilidade geral favorável e estabilidade baixa (maior número de sinais positivos): média elevada e  $p \leq \alpha$  ;
  - Cultivares com adaptabilidade geral desfavorável, estabilidade baixa (maior número de sinais negativos): média elevada e  $p \leq \alpha$  ;
  - Cultivares com adaptabilidade geral, estabilidade alta (número de sinais distribuídos equitativamente): média elevada e  $p > \alpha$  ;
- (ii) Testes para dois conjuntos de ambientes, um para cada conjunto (favoráveis e desfavoráveis) considerando apenas sinais positivos:
- Cultivares “ideais” (adaptabilidade geral, estabilidade alta em ambientes desfavoráveis e responsivos a ambientes favoráveis e que possua média elevada): média elevada,  $p_D > \alpha$  e  $p_F \leq \alpha$  ;
  - Cultivares com adaptabilidade geral favorável e estabilidade baixa (maior número de sinais positivos): média elevada,  $p_D \leq \alpha$  e  $p_F \leq \alpha$  ;
  - Cultivares com adaptabilidade geral desfavorável e estabilidade baixa (maior número de sinais positivos): média elevada,  $p_D \leq \alpha$  e  $p_F > \alpha$  ;
  - Cultivares com adaptabilidade geral e estabilidade alta (número de sinais distribuídos equitativamente): média elevada,  $p_D > \alpha$  e  $p_F > \alpha$  ;

Para exemplificar a execução do teste, foram utilizados os dados de médias da produção de matéria seca da cultivar número 1 (Winter). As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores das médias desta cultivar, já classificada e ordenada no conjunto de ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente.

Um ponto a se ressaltar é o fato de que a metodologia descrita é indicada para conjuntos de ambientes que sejam possíveis estabelecerem no mínimo cinco diferenças. Entretanto, com objetivo de ilustrar sua aplicação em ambientes favoráveis e desfavoráveis e devido à falta de um conjunto de dados que não apresentassem essa restrição, negligenciou-se o fato de que o conjunto de ambientes favoráveis possuem apenas quatro diferenças. O uso desta metodologia nestes casos pode ocasionar  $p$ -valores maiores que 1, quando das quatro diferenças houvesse dois valores positivos.

Tabela 1 - Médias (kg/ha) da produção de matéria seca do cultivar número 1 (Winter) e classificação de nove ambientes favoráveis, com base no índice de ambiente ( $I_j$ )

| Cultivar | Ambientes (cortes) favoráveis |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | A11                           | A5   | A4   | A15  | A14  | A13  | A3   | A1   | A2   |
| 1        | 1123                          | 1159 | 1339 | 1140 | 1385 | 1241 | 1952 | 2116 | 2548 |

Tabela 2 - Médias (kg/ha) da produção de matéria seca do cultivar número 1 (Winter) e classificação de onze ambientes desfavoráveis, com base no índice de ambiente ( $I_j$ )

| Cultivar | Ambientes (cortes) desfavoráveis |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | A9                               | A19 | A18 | A17 | A8  | A7  | A20 | A6  | A16 | A10 | A12 |
| 1        | 301                              | 428 | 423 | 404 | 393 | 544 | 710 | 735 | 753 | 493 | 874 |

Devido à existência de grande número de ambientes (cortes) é possível aplicar o teste para cada conjunto de ambiente. Assim têm-se as seguintes hipóteses:

- $H_{01F}$  : "o cultivar 1 é estável às variações ambientais no grupo de ambientes favoráveis".
- $H_{01D}$  : "o cultivar 1 é estável às variações ambientais no grupo de ambientes desfavoráveis".

Definida as hipóteses e o nível de significância ( $\alpha = 15\%$ ) executa-se o teste:

- Como o conjunto de ambientes possui número ímpar de observações (ambientes), omite-se a observação central, no caso, os ambientes quatorze ( $x_{14}$ ) e sete ( $x_7$ ), para os ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente;
- Calculam-se as seguintes diferenças:
  - Para o conjunto de ambientes favoráveis:  $x_{13} - x_{11}$  (1241 - 1123),  $x_3 - x_5$  (1952 - 1158),  $x_1 - x_4$  (2116 - 1339),  $x_2 - x_{15}$  (2548 - 1140);
  - Para o conjunto de ambientes desfavoráveis:  $x_{20} - x_9$  (710 - 301),  $x_6 - x_{19}$  (735 - 428),  $x_{16} - x_{18}$  (753 - 423),  $x_{10} - x_{17}$  (493 - 404),  $x_{12} - x_8$  (874 - 393).
- Conta-se o número de diferenças positivas (ou negativas) existentes:
  - Para o conjunto de ambientes favoráveis: Dentre as quatro diferenças calculadas quatro são positivas;
  - Para o conjunto de ambientes desfavoráveis: Dentre as cinco diferenças calculadas cinco são positivas;
- Sob  $H_{01F}$  e  $H_{01D}$ , os sinais positivos (ou negativos) seguem distribuição Binomial~(4;1/2) e Binomial~(5;1/2), respectivamente, para os conjuntos de ambientes positivos e negativos. Assumindo a variável aleatória  $X = \{\text{número de diferenças positivas (sinais positivos)}\}$  e sabendo que se trata de um teste bilateral, calculam-se os  $p$ -valores ( $p$ ) da seguinte forma:
  - Para o conjunto de ambientes favoráveis:

$$\frac{p_f}{2} = P(X = 4) = \binom{4}{4} 0,5^4 (1-0,5)^{4-4} = 0,06 .$$

Logo, tem-se  $p_f = 0,12$  .

- Para o conjunto de ambientes desfavoráveis:

$$\frac{p_d}{2} = P(X = 5) = \binom{5}{5} 0,5^5 (1-0,5)^{5-5} = 0,03 .$$

Logo, tem-se  $p_d = 0,06$  .

- v) Conclusões dos testes: Ao nível de significância de 15%, rejeitam-se  $H_{01F}$  e  $H_{01D}$  , isto é, existem evidências de que a cultivar 1 (Winter) não é estável às variações ambientais nos dois conjuntos de ambientes. Combinando-se este resultado à média da cultivar  $\bar{X}_1 = 1003$  , dá-se a recomendação. A cultivar é classificada como, adaptabilidade geral favorável e estabilidade baixa, pois,  $p_f = 0,12 < \alpha = 0,15$  e  $p_d = 0,06 < \alpha = 0,15$  . Entretanto esta cultivar possui média baixa em relação à média geral  $\bar{X}_c = 1177$  .

Os cálculos são feitos de forma análoga para as demais cultivares.

### 3 Resultados e discussão

Os coeficientes de variação (CV) observados para o caráter produção de matéria seca foram de 64,39 % para parcelas de cultivares, 82,69 % para sub-parcelas de cortes e 20,08% para a interação cultivares x cortes. Apesar destes elevados valores, a análise da variância revelou significância entre as cultivares de alfafa e existência da interação cultivares x cortes em nível de 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente. A existência da interação indica que as cultivares podem apresentar desempenho diferenciado nos cortes avaliados (Tabela 3).

Devido ao fato de a alfafa ser utilizada em sistemas intensivos de produção de leite, a identificação de cultivares que possuam ampla adaptabilidade de produção de matéria seca é de grande interesse, pois o uso de cultivares que apresentam grande variação durante o ano, obriga o produtor a utilizar maior quantidade de suplementação volumosa de outra fonte, aumentando o custo da produção de leite (FERREIRA et al., 2004).

Desta forma, as cultivares de interesse são aquelas que apresentam alta produtividade e adaptabilidade geral, uma vez que as mesmas são exploradas tanto em cortes realizados em condições ambientais favoráveis quanto desfavoráveis.

Através da classificação ambiental, conforme o índice ambiental proposto por Finlay e Wilkinson (1963), formou-se dois conjuntos de ambientes, favoráveis e desfavoráveis, sendo estes constituídos de nove e onze ambientes, respectivamente. Dessa forma é possível efetuar dois testes estatísticos, um para cada conjunto de ambientes e assim obter informação sobre a *performance* genotípica.

Tabela 3 - Análise da variância para o caráter produção de matéria seca (kg/ha), avaliando 92 cultivares de alfafa no período de novembro de 2004 a junho de 2006. São Carlos, SP.

| Fontes de variação  | GL     | Quadrados médios |
|---------------------|--------|------------------|
| Blocos              | 1      | 2002415          |
| Cultivar (Cv)       | 91     | 1384476*         |
| Erro a              | 91     | 574270           |
| Corte (Co)          | 19     | 62331023*        |
| Erro b              | 19     | 946918           |
| Interação (Cv x Co) | 1729   | 60682**          |
| Erro c              | 1729   | 55851            |
| CV a (%)            | 64,390 |                  |
| CV b (%)            | 82,688 |                  |
| CV c (%)            | 20,082 |                  |
| Média               | 1177   |                  |

<sup>ns</sup> Não significativo. \* e \*\* significativos a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Neste trabalho as cultivares de interesse, tomando como base o trabalho de Ferreira et al. (2004), se traduzem em cultivares de média elevada, adaptabilidade geral favorável e estabilidade baixa, isto é,  $p_d \leq \alpha$  e  $p_f \leq \alpha$ .

Com base nos resultados apresentados na Tabela 4 observa-se que, dentre as 92 cultivares avaliadas, apenas 39 apresentaram o comportamento considerado desejável. São elas: Trindade 87, LE N 2, Sequel HR, Victoria INTA, Monarca INTA, Bárbara INTA, Primavera 1, Aça 900, WL 612, Medina, N910, 5 929, Activa, Sequel 2, Diamind, Aurora, Sundor, Springfield, Sutter, P 105, Prointa Patrícia, Flórida 77, Siriver 2, DK 177, 5 683, Express, Platino, Maxidor, Amerigraze 701, 13 R Supreme, Pecos, Califórnia 50, Maricopa, Perla, 5683 L, DK 194, WL 442, P 30 e Aca 901. Todas essas cultivares são classificadas como de adaptabilidade geral favorável, estabilidade baixa e possuem média superior a média geral do experimento.

As cultivares LE N 3, LE N 4, Hunterfield, WL 516 e F 686 também possuem média superior a média geral e são classificadas como de adaptabilidade geral, porém possuem estabilidade alta em ambientes desfavoráveis e são responsivas a ambientes favoráveis (Tabela 4). Cultivares classificadas desta forma podem ser vistas como cultivares “ideais” conforme a metodologia de Verma et al. (1978).

Já as cultivares LE N 1, Califórnia 60, Cuf 101, 58 N 58, Costera INTA e Victoria são classificadas como adaptabilidade geral desfavorável e estabilidade baixa. Estas cultivares apresentam um comportamento onde é verificada a existência de uma tendência positiva (responsivos) quando avaliadas em ambientes desfavoráveis e uma resposta uniforme nos favoráveis.

Um comportamento considerado interessante é observado quando a cultivar apresenta adaptabilidade geral, estabilidade alta e média elevada. Esta cultivar é caracterizada por não ser afetada pelas variações ambientais. Neste estudo apenas a cultivar 5 939 é classificada desta forma podendo, também, ser considerada desejável para este estudo (Tabela 4). As demais cultivares possuem média inferior a média geral e são passíveis de descarte.

Tabela 4 - Médias (kg/ha) e estimativas dos *p*-valores obtidos pelo teste dos Sinais para Tendência para o caráter produção de matéria seca

| Cultivar          | Média | Teste dos Sinais             |                           |
|-------------------|-------|------------------------------|---------------------------|
|                   |       | <i>p</i> -valor desfavorável | <i>p</i> -valor favorável |
| 1-Winter          | 1003  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 2-SPS 6550        | 1134  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 3-Primavera       | 1052  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 4-LE N 1          | 1185  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 5-Trindade 87     | 1467  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 6-LE N 2          | 1352  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 7-LE Semit 711    | 1140  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 8-Topper          | 1144  | 0,376                        | 0,125*                    |
| 9-LE N 3          | 1395  | 0,376                        | 0,125*                    |
| 10-Sequel HR      | 1307  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 11-LE N 4         | 1383  | 0,376                        | 0,125*                    |
| 12-Victoria INTA  | 1214  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 13-Monarca INTA   | 1189  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 14-Bárbara INTA   | 1316  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 15-Primavera 1    | 1196  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 16-Aca 900        | 1273  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 17-5 939          | 1575  | 0,376                        | 0,625                     |
| 18-WL 612         | 1399  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 19-Medina         | 1252  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 20-N 910          | 1184  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 21-Coronado       | 794   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 22-Eterna         | 835   | 0,063*                       | 0,625                     |
| 23-DK 193         | 916   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 24-Candombe       | 651   | 0,376                        | 0,125*                    |
| 25-WL 414         | 831   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 26-Crioula        | 1033  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 27-LE Semit 711 1 | 991   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 28-DK 181         | 1053  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 29-5 929          | 1265  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 30-Activa         | 1258  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 31-Sequel 2       | 1411  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 32-Califónia 60   | 1525  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 33-Cuf 101        | 1437  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 34-58 N 58        | 1264  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 35-Diamind        | 1277  | 0,063*                       | 0,125*                    |

Tabela 4 - continua



Tabela 4 – Continuação

| Cultivar           | Média | Teste dos Sinais             |                           |
|--------------------|-------|------------------------------|---------------------------|
|                    |       | <i>p</i> -valor desfavorável | <i>p</i> -valor favorável |
| 36-Aurora          | 1337  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 37-Sundor          | 1429  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 38-Springfield     | 1384  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 39-Sutter          | 1211  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 40-Hunterfield     | 1189  | 0,376                        | 0,125*                    |
| 41-P 105           | 1623  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 42-Pronta Patricia | 1184  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 43-Flórida 77      | 1288  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 44-Siriver 2       | 1186  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 45-WL 516          | 1334  | 0,376                        | 0,125*                    |
| 46-Tahoe           | 1041  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 47-Esmeralda       | 1082  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 48-DK 167          | 1123  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 49-DK 177          | 1275  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 50-5 683           | 1206  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 51-WL 414 1        | 1010  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 52-Express         | 1267  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 53-F 708           | 1109  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 54-Perla INTA      | 1129  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 55-Pronta Lujan    | 1088  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 56-DK 166          | 1150  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 57-Platino         | 1180  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 58-Maxidor         | 1275  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 59-Amerigraze701   | 1355  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 60-13 R Supreme    | 1270  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 61-Pecos           | 1323  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 62-Califórnia 50   | 1211  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 63-Maricopa        | 1460  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 64-Kern            | 1120  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 65-Costera INTA    | 1357  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 66-F 686           | 1271  | 0,376                        | 0,125*                    |
| 67-Monarca         | 1034  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 68-Patrícia        | 972   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 69-Tango           | 805   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 70-Bárbara         | 872   | 0,376                        | 0,125*                    |
| 71-Rio Grande      | 1117  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 72-Key II          | 905   | 0,063*                       | 0,125*                    |

Tabela 4 - continua

Tabela 4 – Continuação

| Cultivar        | Média | Teste dos Sinais             |                           |
|-----------------|-------|------------------------------|---------------------------|
|                 |       | <i>p</i> -valor desfavorável | <i>p</i> -valor favorável |
| 73-Gala         | 1041  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 74-Lujan        | 1131  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 75-Perla        | 1252  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 76-5683 L       | 1404  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 77-Victoria     | 1283  | 0,063*                       | 0,625                     |
| 78-DK 194       | 1300  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 79-WL 442       | 1194  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 80-P 30         | 1260  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 81-P 5715       | 1142  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 82-Alfa 200     | 1166  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 83-Aca 901      | 1201  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 84-Gapp 969     | 1093  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 85-Rocio        | 975   | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 86-GT 13 R Plus | 1143  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 87-WL 525       | 1014  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 88-Sequel       | 1056  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 89-DK 187 R     | 934   | 0,376                        | 0,125*                    |
| 90-Pinto        | 1149  | 0,063*                       | 0,125*                    |
| 91-Bacana       | 939   | 0,063*                       | 0,625                     |
| 92-Siriver      | 719   | 0,376                        | 0,125*                    |

A partir dos resultados apresentados percebe-se que o teste dos Sinais para tendência consegue discriminar o conjunto das cultivares estudado em subconjuntos de interesse em estudos de interação genótipos x ambientes de forma tornar-se possível fazer uma recomendação apropriada a diferentes conjuntos de ambientes.

### Conclusões

O método proposto baseado no teste dos sinais para tendência mostrou-se eficiente no estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

Quando se tem um número relativamente grande de ambientes, é possível obter informações sobre a *performance* genotípica (adaptabilidade), aplicando o teste para cada conjunto de ambientes separadamente.

### Agradecimentos

Ao CNPQ pelo apoio financeiro.

NASCIMENTO, M.; CRUZ, C. D.; PETERNELLI, L. A.; CAMPANA, A. C. M.; PINTO, D. S.; FERREIRA, R. P. The sign test for trend: An application in plant breeding. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v.26, n.4, p.19-30, 2008.

- **ABSTRACT:** *This work demonstrated that the sign test for trend, frequently used in Times Series to test the non-stationarity of the series, can be used for the study of the genotype x environment interaction in plant species. With the use of this test, the decision on the adaptability and stability of a cultivar can also be based upon probability, more precisely, in the test p-value. To evaluate and exemplify its application, 92 alfalfa cultivars were studied in 20 cuttings carried out from November 2004 to July 2006. It was used a randomized block design, with two repetitions. The results found demonstrate that the signs test for trend is efficient for the study of the phenotypical adaptability, and that it is possible to classify cultivars according to the interest of the study.*
- **KEYWORDS:** *Non-parametric tests; genotype environment interaction; statistical analysis.*

## Referências

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *J. Genet. Plant Breed.*, Madison, v.4, p. 269-278, 1992.

CARNEIRO, P. C. S. *Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade* 1988. 168f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

COX, D. R.; STUART, A. Some quick tests for trend in location and dispersion. *Biometrika*, London, v. 42, p.80-95, 1955.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S., *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed., Viçosa: Editora UFV, 2004. v.1, 480p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto, *Rev. Bras. Genét.*, Ribeirão Preto, v.12, n.2, p.567-80, 1989.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties, *Crop Sci.*, Madison, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

FERREIRA, R. P.; BOTREL, M. A.; RUGGIERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; COELHO, A. D. F.; LÉDO, F. J. S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciênc. Rur.*, Santa Maria, v.34, n.1, p.265-269, 2004.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N.; The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, Victoria, v.14, p.742-754, 1963.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data, *Can. J. Plant Sci.*, Ottawa, v.68, n.3, p.193-8, 1988.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *Am. Potato J.*, Washington, v.36, n.6, p.381-5, 1959.

SPRENT, P.; SMEETON, N. C. *Applied nonparametric statistical methods*. 4. ed. IE-CRC- Press. 2000, 480p.

VERMA, M. M.; CHAAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theor. Appl. Genet.*, Berlin, v.53, p.89-91, 1978.

WRICKE, G. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hafer. *Z. Pflanzenzucht.*, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.

ROCHA, R. B.; ABAD, J. I. M.; ARAULO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciênc. Flor.*, Santa Maria, v.15, p. 255-266, 2005.

Recebido em 05.10.2008.

Aprovado após revisão 19.12.2008.