

## Análise de Componentes Principais em Linhagens de Sorgo Avaliadas em Condições de Estresse de Fósforo

Lidiane Assis Silva<sup>(1)</sup>; Karine da Costa Bernadino<sup>(2)</sup>; Crislene Vieira Santos<sup>(3)</sup>; Cícero Beserra de Menezes, Robert Eugene Schaffert<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Professora Adjunta na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC; lidisagro@gmail.com; <sup>(2)</sup> Mestranda na Universidade Federal de Viçosa; <sup>(3)</sup> Graduanda na Universidade Federal de São João Del Rey, <sup>(4)</sup> Pesquisador na Embrapa Milho e Sorgo.

**RESUMO:** Este trabalho objetivou identificar através da análise de componentes principais (PCA) quais das características avaliadas em ambiente com estresse de fósforo as que mais contribuíram com a variação dos dados. Foram utilizadas 243 linhagens e duas linhagens utilizadas como testemunhas. Devido ao número elevado de tratamentos, os mesmos foram divididos em três experimentos, em látice triplo 9x9. As variáveis avaliadas foram: florescimento (FLOR), altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG), teor de P nos grãos (TPG), teor de P nas folhas (P FOLHA), teor de P total na planta (PTOT), quociente de utilização de P ( $Q_{UTIL}$ ), índice de colheita de P ( $I_{CP}$ ), eficiência de aquisição de P ( $E_{AQ}$ ), eficiência de utilização interna de P ( $E_{UTIL}$ ) e eficiência de uso de P ( $E_{USO}$ ). Na análise de PCA realizada para as características avaliadas foram identificados que os três primeiros componentes explicaram 81,36% da variação existente entre os dados originais. Nesse sentido, no primeiro componente principal, as características de maior contribuição na discriminação das linhagens foram: AP, PG,  $E_{USO}$  e  $E_{UTIL}$ . No segundo componente destacaram-se a TPG, PTOTAL  $E_{AQ}$  e  $E_{UTIL}$ . Os resultados encontrados no segundo componente indicam que as linhagens de sorgo apresentaram maior eficiência de aquisição ( $E_{AQ}$ ) em detrimento da eficiência de uso ( $E_{USO}$ ), lembrando que a  $E_{USO}$  é a função do produto de  $E_{AQ}$  e  $E_{UTIL}$ , e no terceiro PCA os destaques foram: AP, TPG,  $I_{CP}$  e  $Q_{UTIL}$ .

**Termos de indexação:** *Sorghum bicolor* L. Moench, Eficiência nutricional, produtividade de grãos.

### INTRODUÇÃO

A população mundial vem crescendo e, relacionada a este crescimento, a necessidade de aumento na produção agrícola gira em torno de 70% (FAO, 2010). Nesse sentido, a cultura do sorgo no Brasil, desde a década de 1970, vem apresentando um avanço significativo (20% ao ano, a partir de 1995) (APPS, 2012a).

Baseando-se nos dados de crescimento da população mundial e, conseqüentemente, no aumento da produção agrícola, novas áreas de plantio deverão ser incorporadas ao setor agrícola

nos próximos anos, principalmente nas regiões tropicais. Entretanto, a maioria dos solos dessas regiões apresenta baixa disponibilidade de nutriente e alta capacidade de sorção de fósforo (P). A deficiência de P, nesse tipo de solo, é um dos principais fatores que limitam a produção agrícola no Brasil e em vários outros países tropicais. No Brasil, a principal forma de suprir a demanda de P das culturas como, por exemplo, o sorgo, tem sido via adubação fosfatada. No entanto, esta cultura necessita de critérios mais exatos para recomendação de P, com o objetivo de se obter uma maior eficiência econômica. Sendo assim, o programa de melhoramento genético de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo vem utilizando diferentes alternativas na busca de genótipos com maior eficiência ao P, por meio do melhoramento genético, ou seja, cultivares que apresentam maior eficiência nutricional. Esses trabalhos têm sido realizados em campo e em solução nutritiva. Segundo o programa, a seleção e a aquisição de genótipos mais adaptados a ambientes com baixos níveis de nutrientes no solo, ou capazes de utilizar de maneira mais eficiente o fertilizante aplicado, seriam então uma alternativa economicamente desejável e ideal.

A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica que incide em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão chamadas componentes principais, e conhecida também como transformação de Hotelling. Os componentes principais exibem propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (Rezende, 2007). Segundo Pedreira et al. (2005) a análise de PCA tem sido eficiente em avaliar características agrônômicas e nutricionais de híbridos de sorgo.

Sendo assim, o presente trabalho objetivou avaliar através da análise de componentes principais (PCA) quais das características: florescimento, altura de planta, produtividade de grãos, teor de fósforo no grão, teor de fósforo na folha, teor de P total na planta, eficiência de aquisição, utilização e uso de P, índice de colheita

de P e quociente de utilização interna de P avaliadas em ambiente com estresse de fósforo as que mais contribuíram com a variação dos dados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no sítio de fenotipagem para a eficiência ao P da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, MG, à altitude de 766,73 metros, nas coordenadas: latitude 19°27'57" e longitude 44°14'49", na safra de 2011.

Os tratamentos genéticos utilizados foram 243 linhagens e duas linhagens utilizadas como testemunhas, avaliadas em ambiente com estresse do nutriente fósforo (P), ou seja, sem P. Devido ao número elevado de tratamentos (243 linhagens), os mesmos foram divididos em três experimentos, em látice triplo 9x9. Cada um dos três experimentos foi composto por 81 linhagens e duas testemunhas adicionais (ATF13B e ATF14B), intercaladas em cada bloco. As parcelas foram constituídas por duas linhas de 3 m de comprimento, com espaçamento de 45 cm entre linhas. A área utilizada para avaliar os experimentos conduzidos em estresse de P foi dividida em três faixas (A, B e C) e cada uma das repetições de cada experimento foram implantadas em cada uma das faixas A, B e C.

As variáveis avaliadas foram: florescimento (FLOR), em dias, altura de plantas (AP), em cm, produtividade de grãos (PG), em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , teor de P nos grãos (TPG) em  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; teor de P nas folhas (P FOLHA) em  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , quantidade total de P na planta (PTOT) em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , quociente de utilização de P ( $Q_{\text{UTIL}}$ ) em  $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , Índice de colheita de P ( $I_{\text{CP}}$ ) em  $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; Eficiência de aquisição ( $E_{\text{AQ}}$ ), definida como a capacidade do genótipo de absorver o P disponível no solo, correspondendo a (PTOT) por kg de P disponível no solo ( $P_{\text{S}}$ ), obtida pela expressão:  $E_{\text{AQ}}: \text{PTOT}/P_{\text{S}}$ ; eficiência de utilização interna de P ( $E_{\text{UTIL}}$ ), definida como a capacidade do genótipo de utilizar o P absorvido pela planta para produzir grãos, correspondendo a (MSG), por kg de P na planta, obtida pela expressão:  $E_{\text{UTIL}}: \text{MSG}/\text{PTOT}$ ; eficiência de uso de P ( $E_{\text{USO}}$ ), definida como o produto das  $E_{\text{AQ}} \times E_{\text{UTIL}}$  ou  $E_{\text{USO}}: \text{MSG}/P_{\text{S}}$ .

Foram realizadas análises de variância e as médias das características avaliadas foram utilizadas para a realização da análise de componentes principais (PCA). Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa computacional SAS (SAS, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (PCA) é uma técnica que se baseia nos componentes principais de um conjunto de  $v$  variáveis correlacionadas, além de possibilitar o estudo da

variabilidade genética entre um grupo de genitores, tem a vantagem de possibilitar a avaliação da importância de cada característica avaliada sobre a variação total disponível entre os genótipos avaliados. Essa avaliação possibilita o descarte de características que contribuem pouco para a discriminação do genótipo avaliado, reduzindo, desta forma, a mão de obra, o tempo e o custo despendidos na experimentação agrícola (Iezzoni & Pritts, 1991).

Na **tabela 1**, estão apresentados os componentes principais (PCA), porcentagem da variância (%), porcentagem acumulada (%) e coeficientes de ponderação associados a florescimento (FLOR), altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG), teor de P nos grãos (TPG), teor de P nas folhas (P FOLHA), teor de P total na planta (PTOT), eficiência de aquisição ( $E_{\text{AQ}}$ ), eficiência de utilização interna de P ( $E_{\text{UTIL}}$ ), eficiência de uso de P ( $E_{\text{USO}}$ ), índice de colheita de P ( $I_{\text{CP}}$ ) e quociente de utilização ( $Q_{\text{UTIL}}$ ), obtidos em ambiente com estresse de P.

Na análise de PCA realizada para as características FLOR, AP, PG, TPG, P FOLHA, PTOT,  $E_{\text{AQ}}$ ,  $E_{\text{UTIL}}$ ,  $E_{\text{USO}}$ ,  $I_{\text{CP}}$  e  $Q_{\text{UTIL}}$ , (**Tabela 1**) dentre os PCA obtidos os três primeiros componentes explicaram 81,36% da variação existente entre os dados originais. Nesse sentido, no primeiro componente principal, as características de maior contribuição na discriminação das linhagens foram: AP, PG,  $E_{\text{USO}}$  e  $E_{\text{UTIL}}$ . No segundo componente destacaram-se a TPG, PTOTAL  $E_{\text{AQ}}$  e  $E_{\text{UTIL}}$ . Os resultados encontrados no segundo componente indicam que as linhagens de sorgo apresentaram maior eficiência de aquisição ( $E_{\text{AQ}}$ ) em detrimento da eficiência de uso ( $E_{\text{USO}}$ ), lembrando que a  $E_{\text{USO}}$  é a função do produto de  $E_{\text{AQ}}$  e  $E_{\text{UTIL}}$ , e no terceiro PCA os destaques foram: AP, TPG,  $I_{\text{CP}}$  e  $Q_{\text{UTIL}}$ . Analisando os dois primeiros componentes pode-se observar que as características AP, PG,  $E_{\text{AQ}}$ , PTOT,  $E_{\text{USO}}$ ,  $E_{\text{UTIL}}$  e o TPG foram as variáveis que mais contribuíram com a variação dos dados.

**Tabela 1.** Componentes principais (PCA) obtidos, porcentagem da variância (% da Var.), porcentagem acumulada (% Ac.) e coeficientes de ponderação associados a florescimento (FLOR), altura de Plantas (AP), produtividade de grãos (PG), teor de P nos grãos (TPG), teor de P nas folhas (P FOLHA), teor de P total na planta (PTOT), eficiência de aquisição ( $E_{AQ}$ ), eficiência de utilização interna de P ( $E_{UTIL}$ ), eficiência de uso de P ( $E_{USO}$ ), índice de colheita de P ( $I_{CP}$ ) e quociente de utilização de P ( $Q_{UTIL}$ ) obtidos em ambiente com estresse de P. Sete Lagoas – MG, 2011.

| Nº PCA | Coeficientes de ponderação associados: |        |        |        |        |         |         |          |            |           |          |            |
|--------|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|------------|-----------|----------|------------|
|        | % Ac.                                  | FLOR   | AP     | PG     | TPG    | P.FOLHA | P.TOTAL | $E_{AQ}$ | $E_{UTIL}$ | $E_{USO}$ | $I_{CP}$ | $Q_{UTIL}$ |
| 1      | 39,16                                  | 0,173  | 0,502  | -0,435 | 0,264  | 0,260   | -0,266  | -0,268   | -0,372     | -0,438    | -0,315   | -0,256     |
| 2      | 67,79                                  | 0,181  | 0,066  | 0,231  | 0,350  | 0,219   | 0,462   | 0,461    | -0,331     | 0,226     | -0,147   | -0,359     |
| 3      | 81,36                                  | 0,278  | 0,570  | 0,035  | -0,398 | 0,043   | 0,075   | 0,077    | -0,078     | 0,027     | -0,505   | 0,401      |
| 4      | 90,31                                  | 0,551  | -0,639 | 0,048  | -0,212 | 0,424   | -0,000  | -0,000   | 0,097      | 0,055     | -0,056   | 0,201      |
| 5      | 96,39                                  | 0,703  | 0,070  | -0,008 | 0,133  | -0,652  | -0,054  | -0,051   | 0,015      | -0,009    | 0,179    | -0,134     |
| 6      | 99,40                                  | 0,244  | 0,503  | 0,030  | 0,083  | 0,525   | -0,106  | -0,098   | 0,295      | 0,032     | 0,533    | -0,095     |
| 7      | 99,72                                  | -0,011 | 0,006  | 0,338  | -0,498 | 0,022   | -0,300  | -0,281   | -0,378     | 0,308     | 0,029    | -0,476     |
| 8      | 99,93                                  | -0,001 | 0,011  | 0,402  | 0,569  | 0,027   | -0,300  | -0,365   | 0,068      | 0,364     | -0,289   | 0,261      |
| 9      | 99,96                                  | 0,007  | 0,000  | -0,103 | -0,065 | -0,009  | -0,073  | 0,749    | 0,694      | 0,103     | -0,462   | -0,516     |
| 10     | 99,99                                  | -0,003 | 0,002  | -0,512 | 0,038  | 0,000   | -0,461  | 0,426    | -0,130     | 0,556     | 0,064    | 0,103      |
| 11     | 100,00                                 | -0,002 | -0,006 | 0,449  | 0,021  | 0,000   | 0,544   | 0,544    | 0,019      | -0,451    | -0,011   | 0,009      |

## CONCLUSÕES

Foram identificados três componentes principais, que, juntos, explicaram 81% da variação original dos dados.

As características que obtiveram mais escores foram produtividade de grãos e os índices de eficiência de aquisição, eficiência de uso e eficiência de utilização interna de P.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Generation Challenge Program, pelo apoio financeiro na execução do trabalho.

## REFERÊNCIAS

APPS. Associação Paulista de Produtores de Sorgo 2012a. **Evolução da área e produção de sorgo no Brasil.** Disponível em: <[http://www.apps.agr.br/dados\\_estatisticos/](http://www.apps.agr.br/dados_estatisticos/)>. Acesso em 01 junho de 2014.

FAO. **How to feed the world in 2050.** Roma, 2010. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How\\_to\\_Feed\\_the\\_World\\_in\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf)>. Acesso em 05 de junho de 2014

IEZZONI, A. F.; PRITTS, M. P. Applications of principal component analysis to horticultural

research. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 4, p. 334-338, 1991.

PEDREIRA, M. S.; GIMENES, N. S.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados para rodução de silagem. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 21, p. 183-202, 2005.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362 p.

SAS, Institute. SASonlinedoc<sup>R</sup>: version 8. Cary, 1999.



# XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

*"Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global"*