

# Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará

## Adaptability and stability of sorghum genotypes in five environments of the State of Ceará

João Bosco Pitombeira<sup>1</sup>, Alcides Batista de Castro<sup>2</sup>, Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu<sup>3</sup> e José Neuman Miranda Neiva<sup>4</sup>

### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade de oito genótipos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench), através da produção da matéria verde e matéria seca, utilizando-se a metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966). O estudo, conduzido nos municípios de Pentecoste (1999), Baixio (1999), Euzébio (2000), Pentecoste (2000) e Pentecoste (2000 soca irrigada), do estado do Ceará, mostrou a interação genótipo x ambiente significativa para a produção de matéria verde e seca. Os genótipos IPA 467-4-2 e BR 507 foram os mais produtivos tanto em matéria verde quanto em matéria seca e mostraram adaptabilidade ampla e estabilidade previsível quando utilizou-se a matéria verde como elemento de avaliação. Usando-se a matéria seca como parâmetro de avaliação a resposta foi diferenciada para o IPA 467-4-2 que apresentou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis. O genótipo BR 506 mostrou adaptabilidade a ambientes favoráveis e estabilidade previsível. Os demais genótipos apresentaram adaptabilidade ampla e estabilidade previsível.

**Termos para indexação:** *Sorghum bicolor*, interação genótipo ambiente.

### ABSTRACT

A study was conducted in five environments of the state of Ceará, Brazil, in 1999 and 2000, to evaluate the adaptability and stability of eight sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes using the Eberhart and Russell (1966) methodology. A significant genotype x environment interaction was found for green and dry matter yield. The genotypes IPA 467-4-2 and BR 507 had the highest green and dry matter yield. Both genotypes could be considered as having broad adaptability and predictable stability if the green matter is used as parameter of evaluation. Using the dry matter data a different response was found for IPA 467-4-3 with adaptability to environments with some type of restriction. The genotype BR 506 showed adaptability to favorable environments and stability predictable. The others genotypes had broad adaptability and stability predictable.

**Index terms:** *Sorghum bicolor*, genotype environment interaction.

<sup>1</sup> Professor da Universidade Federal do Ceará, Dep. de Fitotecnia, Fortaleza, CE. E-mail: pitomba@ufc.br

<sup>2</sup> Engº. Agrº., Doutorando do Curso de Agronomia/Zootecnia, CCA/UFC, Depart. de Zootecnia, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Aluno do Curso de Graduação em Agronomia da UFC. Fortaleza, CE. E-mail: robertopompeu@zipmail.com.br

<sup>4</sup> Professor da Universidade Federal do Ceará, Depart. de Zootecnia, Fortaleza-CE. E-mail: zeneumam@ufc.br

## Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) vem aumentando a sua importância no contexto da agropecuária brasileira, principalmente nas regiões com ocorrências frequentes de deficiência hídrica, devido às suas características de resistência a seca e produção de silagem de qualidade, podendo substituir a do milho.

A falta de alimento para o rebanho bovino no Ceará tem motivado os criadores a investirem na produção de forragem de melhor qualidade, tendo o sorgo despontado como uma alternativa desejável, porém limitado pela falta de materiais genéticos adaptados às condições do Estado.

O Ceará possui condições edafoclimáticas mais favoráveis ao cultivo do sorgo do que do milho. Entretanto, a área plantada com sorgo no Estado, em 1997, não ultrapassou 541 ha. Já a utilizada com milho atingiu 466.132 ha naquele ano (Iplance, 2000).

Dentre os impedimentos à expansão do cultivo do sorgo no Estado, cita-se a falta de genótipos adaptados, pouca familiaridade dos agricultores com a cultura e problemas com a comercialização.

No processo de identificação de genótipos é importante o conhecimento da interação do genótipo com o ambiente. Isso pode ser obtido através dos estudos de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, que baseiam-se no conhecimento do comportamento de uma espécie cultivada em vários ambientes através da interação genótipo x ambiente (GxA). Quando um genótipo não apresenta a interação GxA significativa, indica que o mesmo adaptaria-se a um grande número de ambientes de cultivo possibilitando que o resultado de um único ensaio poderia ser extrapolado para muitos ambientes.

Existem várias metodologias para avaliar a interação GxA. Vencovsky e BARRIGA (1992) afirmam que o método de Eberhart e Russell (1966) é o único viável com um número pequeno de ambientes, de três a sete, adequado a situação desse trabalho.

No presente estudo avaliou-se a adaptabilidade e estabilidade de oito genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará, através das produções de matéria verde e matéria seca, usando-se a metodologia de Eberhart e Russell (1966).

## Material e Métodos

Foram avaliados a adaptabilidade e a estabilidade, usando-se a produção de matéria verde e a produção de matéria seca, de oito genótipos de sorgo forrageiro (BR 501, BR 506, BR 507, AG 2002, BR 601, BR 700, MASSA 03 e IPA 467-4-2). Esses genótipos foram fornecidos pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

e testados em cinco ambientes do estado do Ceará, municípios de Pentecoste (1999), Baixo (1999), Euzébio (2000), Pentecoste (2000) e Pentecoste (2000) soca irrigada. Nos quatro primeiros ambientes os ensaios foram conduzidos no período de março a julho, sob condições de chuvas e no último, de julho a outubro, irrigado por sulcos. O solo em todos os ambientes era característico de aluvião textura média.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas eram formadas por quatro fileiras de cinco metros de comprimento, distanciadas de 0,80 metros. As duas linhas centrais, descartadas 0,5 metros em cada extremidade, foram usadas nas avaliações da produção de matéria verde e de matéria seca.

A colheita foi realizada entre 90 e 100 dias após o plantio, cortando-se as plantas a uma altura de 10 cm acima do nível do solo. Após a pesagem do material verde, uma amostra de 10 plantas, obtidas aleatoriamente de cada parcela, foram trituradas numa forrageira convencional e destas retiradas uma amostra de aproximadamente 500g do material triturado para a determinação da percentagem de matéria seca e posteriormente da produção de matéria seca. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, mantidos hermeticamente fechados e transferidas para o laboratório onde foram colocadas em sacos de papel, pesadas e postas a secar na estufa a 60 °C durante 72 horas. Após esse período, as amostras foram novamente pesadas para a determinação da percentagem de matéria seca.

Os dados de produção de matéria verde e matéria seca foram submetidos a uma análise de variância. Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade utilizou-se a metodologia de Eberhart e Russell (1966), que obedece ao modelo de regressão linear a seguir:  $Y_{ij} = \mu + \beta_{ij} I_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ij}$ , onde  $Y_{ij}$  é a média do genótipo (variedade)  $i$ ,  $\mu$  representa a média geral do genótipo  $i$ ;  $\beta_{ij}$  corresponde ao coeficiente de regressão linear representando a resposta do  $i$ -ésimo genótipo à variação do ambiente  $j$ ;  $I_j$  é o índice ambiental;  $\delta_{ij}$  corresponde aos desvios da regressão; e  $\epsilon_{ij}$  o erro experimental médio.

As estimativas do parâmetro de adaptabilidade são dadas pela média do genótipo ( $\mu$ ) e pelo coeficiente de regressão linear ( $\beta_{ij}$ ). No método de Eberhart e Russell a adaptabilidade é compreendida como a capacidade do genótipo responder à melhoria do ambiente. Entende-se por adaptabilidade geral os genótipos com  $\beta_{ij} = 1$ ; adaptabilidade específica a ambientes favoráveis aqueles com  $\beta_{ij} > 1$  e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis aqueles com  $\beta_{ij} < 1$ .

A estimativa dos parâmetros de estabilidade é dada por  $\sigma_{di}^2 = \sum \delta_{ij}^2 / (a-2)$ , sendo "a" o número de ambientes. A estabilidade refere-se a previsibilidade do genótipo em relação ao modelo linear da regressão. Os genótipos con-

siderados estáveis são aqueles com desvios da regressão não significativos e os instáveis os com desvios significativos. As análises estatísticas referentes a adaptabilidade e estabilidade foram feitas utilizando-se o programa computacional Genes proposto por Cruz (1997).

## Resultados e Discussão

Através dos dados de produção de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS) obtidos nos vários ambientes (Tabela 1), observa-se que houve diferenças entre os genótipos em cada ambiente estudado, exceto no município de Baixio onde não foi constatado diferença significativa na produção de MS.

Avaliando-se a produção de MV e MS dos genótipos BR 501, BR 506 e BR 601 em comparação com as produções obtidas por esses genótipos nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, conforme Santos (1997), verifica-se que nas condições do estado do Ceará, apresentaram produções inferiores de MV e MS. Igual comportamento pode ser atribuído ao híbrido AG 2002, se comparado com os resultados encontrados por Flaresco et al. (2000) e Gontijo Neto (2000).

A precisão experimental para produção de MV e MS, avaliada, através do coeficiente de variação (Tabela 1), foi considerada satisfatória para a maioria dos ambientes, com valores inferiores a 19%, excetuando-se o município de Euzébio onde os CV's atingiram 27,2 e 29,9%, respectivamente para MV e MS.

Os dados relativos a percentagem de matéria seca da parte aérea na colheita (Tabela 2), permitem constatar que a média dos genótipos em Baixio (1999) foi inferior aos níveis recomendados (30-35%) para silagem, conforme Valente (1997).

Na Tabela 3 constam os resultados da análise de variância conjunta da MV e MS. Verifica-se variabilidade

significativa para as fontes de variação relacionadas com genótipos (G), ambientes (A) e a interação (G x A). A significância verificada para ambiente linear indica a existência de variações significativas no ambiente para proporcionar alterações nas médias dos genótipos, conforme Oliveira et al. (1999).

Tomando-se as produções médias de MV e MS de todos os ambientes para avaliação do desempenho dos genótipos, verifica-se que o IPA 467-4-2 e o BR 507 foram os mais produtivos quanto a matéria verde e matéria seca e não diferiram significativamente entre si. Os genótipos Massa 03, BR 700, AG 2002, BR601 e BR507 não diferiram entre si e foram significativamente inferiores ao IPA 467-4-2 em produção de matéria seca e matéria verde (Tabela 4).

Quanto ao BR 507, nas condições do Ceará, o comportamento para produção de MV e MS foi semelhante ao observado em outras regiões do Brasil (Santos, 1997), indicando tendência a ampla adaptabilidade.

Avaliando-se a adaptabilidade dos genótipos IPA 467-4-2 e BR 507, Tabela 4, constata-se que ambos possuem ampla adaptabilidade a todos os ambientes quando utiliza-se a produção de matéria verde como elemento de avaliação. Entretanto, quando se utiliza a produção de matéria seca, constata-se que o IPA 467-4-2 possui adaptabilidade específica ( $b < 1$ ) a ambientes desfavoráveis, enquanto que, o BR 507 manteve adaptabilidade ampla. Para a estabilidade, esses genótipos são estáveis ou previsíveis quando avaliados através da produção de MV e MS (Tabela 4).

O BR 506 apresenta adaptabilidade a ambientes favoráveis ( $b > 1$ ), para a produção de MV e de MS.

Quanto à estabilidade apenas o BR 601 é instável ou seja imprevisível quanto a resposta aos ambientes.

Quando se compara a avaliação da adaptabilidade e estabilidade através da produção de MV e de MS, obser-

**Tabela 1** - Produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) de oito genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará.

Genótipos	Ambientes											
	Baixio 1999		Pentecoste 1999		Euzébio 2000		Pentecoste 2000		Pentecoste 2000 (soca)		Médias	
	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)
Massa 03	37.126bc	11.802a	28.576cd	9.463c	18.347bc	6.370bc	31.200cde	10.012bcd	23.432c	7.556abc	27.736cd	9.040c
BR 700	28.782c	9.648a	23.333d	8.472c	18.615bc	6.387bc	22.648e	8.640cd	19.865c	7.205bc	22.648d	8.070c
BR 506	46.231abc	11.352a	42.742ab	13.451ab	16.964bc	6.477bc	40.885bc	11.131abc	20.915c	5.742c	33.547bc	9.630bc
BR 507	55.111ab	13.086a	43.402ab	14.345a	25.356b	8.720ab	52.639ab	15.144a	35.004ab	10.768a	42.302ab	12412ab
AG 2002	40.965bc	10.303a	34.236bcd	10.353bc	17.588bc	6.264bc	37.214cd	11.288abc	24.196bc	7.307bc	30.839cd	9.103c
BR 601	40.519bc	10.754a	36.736bc	11.046abc	9.017c	3.216c	28.740cde	8.451cd	23.081c	6.733bc	27.618cd	8.040c
BR 501	39.136bc	9.505a	27.291cd	7.914c	19.642bc	6.826bc	25.421de	6.872d	17.963c	5.127c	25.890cd	7.248c
IPA 467-4-2	63.233a	12.909a	51.006a	13.960ab	41.071a	13.378a	58.223a	13.453ab	37.200a	10.053ab	50.146a	12.750a
Médias	43.888	11.170	35.915	11.125	20.825	7.205	37.121	10.624	25.207	7.561	32.590	9.536
CV	18.78	18.32	15.05	13.86	27.20	29.90	15.89	16.16	18.65	18.87	-	-
DMS <sub>0,05</sub> (Tukey)	18.416	4.572	12.077	3.445	12.659	4.814	13.186	3.838	10.508	3.189	9.238	2.833

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2** - Percentagem de matéria seca na colheita de oito genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará.

Genótipos	Ambientes/% matéria seca				
	Baixio 1999	Pentecoste 1999	Euzébio 2000	Pentecoste 2000	Pentecoste 2000 (soca)
Massa 03	27,19b	36,83a	34,92	31,85ab	32,33ab
BR 700	31,36a	36,10a	34,28	37,87a	36,56a
BR 506	21,48cde	34,99ab	38,37	27,35bc	27,67c
BR 507	21,33cde	36,90a	34,76	28,83bc	30,85bc
AG 2002	22,79cd	33,55ab	35,58	30,22b	30,45bc
BR 601	24,50bc	33,49ab	35,64	29,32bc	29,13bc
BR 501	20,52de	32,25ab	34,46	27,23bc	28,42bc
IPA 467-4-2	18,35e	30,63b	32,53	23,22c	26,77c
Médias	23,44	34,34	35,06	29,49	30,27
CV(%)	6,97	5,75	10,13	9,56	6,28
DMS <sub>0,05</sub> (Tukey)	3,65	4,41	ns	6,28	4,26

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
ns - não significante ao nível de 0,05.

**Tabela 3** - Análise da variância conjunta para produção de matéria verde e matéria seca de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará.

Causas de variação	DF	QM	
		Matéria verde	Matéria seca
Genótipos (G)	7	1710092302**	81907468**
Ambientes (A)	4	2817243196**	125707155**
Interação G x A	28	79626368*	7488263*
Ambiente linear	1	11268972784**	502828622**
Interação (G x A) linear	7	154130433*	11833260*
Desvio combinado	24	47942720 ns	5284939*
Desvio G-1 (Massa 3)	3	7199589 ns	3994560 ns
Desvio G-2 (BR700)	3	9048315 ns	1135172 ns
Desvio G-3 (BR506)	3	48904912 ns	4452639 ns
Desvio G-4 (BR507)	3	55271899 ns	6688557 ns
Desvio G-5 (AG2002)	3	9839055 ns	2344775 ns
Desvio G-6 (BR601)	3	111722695*	8594456 ns
Desvio G-7 (BR501)	3	66836296 ns	6134778 ns
Desvio G-8 (IPA467-4-2)	3	74718999 ns	8934578*
Resíduo	105	37216913	3238589

\*\*significante ao nível de 0,01.

ns- não significante ao nível de 0,05.

**Tabela 4** - Estimativa dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para as características matéria verde e matéria seca de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará.

Genótipos	Matéria verde				Matéria seca			
	Produção (kg/ha)	$\beta$	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>	Produção (kg/ha)	$\beta$	$\sigma^2$	R <sup>2</sup>
Massa 03	27.736cd	0,75ns	-6979356	97,4	9.040c	0,97ns	188992	83,4
BR 700	22.648d	0,39*	-7518827	89,1	8.070c	0,60ns	-525854	87,0
BR 506	33.547bc	1,40*	4297803	95,0	9.630bc	1,62*	303512	92,5
BR 507	42.302ab	1,27ns	9780884	93,2	12.412ab	1,20ns	862492	82,0
AG 2002	30.839cd	1,02ns	-6031792	98,0	9.103c	1,04ns	-223453	90,7
BR 601	27.618cd	1,23ns	21158687*	86,4	8.040c	1,49*	1338966	84,4
BR 501	25.890cd	0,80ns	3861993	82,1	7.248c	0,60ns	724047	55,5
IPA 467-4-2	50.146a	1,10ns	44896108	88,5	12.750a	0,43*	1423997*	30,5
Médias	32.590	-	-	-	9.536	-	-	-
DMS <sub>0,05</sub> (Tukey)	9.238	-	-	-	2.833	-	-	-

\*significante ao nível de 0,05.

ns - não significante ao nível de 0,05.

va-se que existem respostas diferentes entre alguns genótipos, levando-se a admitir que o uso da MS poderia ser mais indicado para o presente caso, considerando ser essa característica mais estável às interferências do ambiente e melhor indicativo do comportamento de um genótipo às variações ambientais.

## Conclusões

- Os genótipos IPA 467-4-2 e BR 507 não diferem significativamente entre si; foram os mais produtivos tanto em MV como MS; apresentaram adaptabilidade ampla ou seja capacidade de aproveitar vantajosamente as variações do ambiente e comportamento previsível em função de mudanças no ambiente, quando se utilizou a MV como elemento de avaliação.
- O genótipo BR 506 é o único com adaptabilidade a ambientes favoráveis e estabilidade previsível tanto para produção de MV como de MS.

## Referências Bibliográficas

- CRUZ, C. D. **Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Editora UFV, 1997, 442p.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, p.39-40, 1966.
- FLARESCO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. Cultivares de milho (*Zea mays* L) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) para ensilagem no Alto do Itajai, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.1608-1615, 2000.

GONTIJO NETO, M. M. **Rendimento e valor nutritivo de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) sob níveis crescentes de adubação.** 2000. 55 f. Dissertação (Mestrado Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E INFORMAÇÃO DO CEARÁ-IPLANCE (Fortaleza, CE). **Anuário Estatístico do Ceará 1998/1999.** Fortaleza, 2000. Disponível em: <<http://www.iplance.ce.gov.br/indicadores/tomo2.htm>>. Acesso em 10 out. 2001.

OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D. PEREIRA, V.; LOPES, F. C. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação a produção matéria seca degradável no rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.2, p.230-234, 1999.

SANTOS, F. G. Cultivares. In: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas. **Manejo da Cultura do Sorgo para Forragem.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. p.27-28. (Circular Técnica, 17).

VALENTE, J. O. Introdução. In: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas. **Manejo da Cultura do Sorgo para Forragem.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. p.5-7. (Circular Técnica, 17).

VENCOSVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.