

## POTENCIAL AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE SORGO BIOMASSA

Fernanda Maria Rodrigues Castro<sup>1</sup>, Gabrielle Maria Romeiro Lombardi<sup>2</sup>, José Airton Rodrigues Nunes<sup>3</sup>, Rafael Augusto Costa Parrella<sup>4</sup>, Adriano Teodoro Bruzi<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Agrônoma, Mestranda em Fitotecnia, e-mail: fefermandacastro@hotmail.com; <sup>2</sup>Agrônoma, Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, e-mail: gabriellelombardi@hotmail.com; <sup>3</sup>Agrônomo, Professor Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, e-mail: jamunes@dbi.ufla.br; <sup>4</sup>Pesquisador Doutor da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rafael.parrella@embrapa.br; Agrônomo, Professor Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, e-mail: adrianobruzi@dag.ufla.br.

<sup>1-5</sup>Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura DAG / UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras MG, Telefone: 35.3829.1301, home page: www.dag.ufla.br, e-mail: dag@dag.ufla.br.

<sup>2-3</sup>Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia/DBI / UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras MG, Telefone: 35.3829.1353, home page: www.dbi.ufla.br, e-mail: dbi@dbi.ufla.br.

<sup>4</sup>Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 Km 45, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG. Telefone: (31) 3027-1100, home page: www.cnpms.embrapa.br, e-mail: sac@cnpms.embrapa.br.

### RESUMO

O sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] apresenta-se como interessante matéria-prima para produção de bioenergia. Neste trabalho objetivou-se identificar genótipos que possuam maior potencial agronômico para produção de biomassa e maior chance de serem utilizados para a geração de bioenergia. Foram avaliados 16 genótipos de sorgo biomassa, sendo 14 destes híbridos sensíveis ao fotoperíodo e duas cultivares, como testemunhas, insensíveis ao fotoperíodo. O delineamento experimental utilizado foi olátice triplo 4 x 4, sendo as parcelas formadas por quatro sulcos de 5,0 m lineares. As características morfoagronômicas avaliadas foram: florescimento (FLOR), altura de planta (AP) e produção de massa verde (PMV). A precisão experimental foi alta, apresentando valores de acurácia entre 83,09% (PMV) a 97,09% (FLOR). Observou-se a existência de variação genética para todos os caracteres estudados. Os híbridos sob teste, em geral, foram mais tardios (137 dias para FLOR), com maior altura (4,29m) e com maior PMV (92 t.ha<sup>-1</sup>) quando comparados às testemunhas, que floresceram mais precocemente (99 dias para FLOR) e também apresentaram menor estatura (2,36m) e PMV (52t.ha<sup>-1</sup>). Foi possível identificar entre os genótipos de sorgo biomassa sob teste, híbridos com maior potencial agronômico para a produção de bioenergia.

**Palavras Chave:** *Sorghum bicolor*, variabilidade genética, Bioenergia.

### ABSTRACT

#### AGRONOMIC POTENTIAL OF BIOMASS SORGHUM GENOTYPES

The biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] is considered an interesting crop for bioenergy production. This study aimed to identify genotypes with agronomic potential for biomass production and higher chance of being used to generate bioenergy. It was evaluated 16 sorghum genotypes, where 14 of them were photoperiod sensitive hybrids and two check cultivars insensitive to photoperiod. The experimental design was a triple lattice 4 x 4, with plots formed by four linear grooves of 5.0 m. The agronomic traits evaluated were: flowering (FLOW), plant height (PH) and yield of green mass (YGM). The experimental precision was high. The accuracies varied from 83.09% (YGM) to 97.09% (FLOW). It was verified the existence of genetic variation for all traits. In general, the hybrids were higher and took place later (137 days to FLOW), with greater height (4.29m) and greater YGM (92 t ha<sup>-1</sup>) compared to the checks, which bloomed earlier (99 days for FLOW) and also had lower height (2.36m) and YGM (52 t ha<sup>-1</sup>). Were identified among the genotypes under test of sorghum biomass, hybrids with greater agronomic potential for bioenergy production.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*, genetic variability, Bioenergy.

## INTRODUÇÃO

O aumento da população brasileira e o crescimento econômico do país fizeram com que a demanda por energia, na última década, aumentasse com média anual de 4,5%, valor superior aos Estados Unidos e Europa que apresentaram médias entre 2% e 3% (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA, 2014).

Devido à demanda crescente por energia, houve um aumento no interesse em culturas dedicadas à produção de biocombustíveis e cogeração de energia, resultante da queima da biomassa para produção de eletricidade (DAMASCENO et al., 2013).

Biomassa, do ponto de vista de geração de energia, são os derivados recentes de organismos vivos utilizados como combustíveis ou para a sua produção, excluindo os tradicionais combustíveis fósseis (MAMEDES, 2010). A biomassa é utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico produzido e acumulado em um ecossistema. Suas vantagens são: baixo custo, é renovável, permite o reaproveitamento de resíduos e é menos poluente que outras formas de energias (MAMEDES, 2010).

O sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é considerado ideal como matéria-prima energética dada a sua versatilidade como fonte de amido, açúcar e lignocelulose, fazendo com que este ocupe uma posição única como fonte de biomassa adaptável, economicamente viável, apto à finalidade tanto para obtenção de produtos tradicionais e avançados, biocombustíveis e tecnologias, bem como para os mercados emergentes, como a energia verde e produção de químicos renováveis (CARRILLO et al., 2014).

A produção de energia a partir de toda a planta de sorgo ou de suas partes (grãos, biomassa ou seiva) resulta porque o sorgo é uma das plantas mais fotossinteticamente eficientes do mundo, além de possuir um alto potencial de rendimento, facilidade de cultivo, ampla adaptabilidade e reprodução por sementes (MILLER & MCBEE, 1993).

O sorgo biomassa possui muitas folhas, caule fibroso e grande porte, apresentando uma capacidade de fornecer energia, que é medida pelo poder calorífico superior, que chega a 4.000 kcal/kg de matéria seca, que é um valor considerado alto para os estudos energéticos (EMBRAPA, 2014).

Quando se compara com a cana-de-açúcar, o sorgo biomassa possui a vantagem de atingir 50% de umidade enquanto ainda está na lavoura. Portanto, diferentemente da cana, que demanda medidas para estocagem e tratamento do bagaço, o sorgo pode ser colhido e levado diretamente à caldeira ou também ser armazenado (UNICA, 2014).

Com isso, este trabalho objetiva identificar genótipos que possuam maior potencial agrônomo para produção de biomassa e consequentemente maior propensão a serem utilizados como matéria-prima para a geração de bioenergia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, a 956m de altitude, 21°12' latitude Sul e 44°58' de longitude Oeste. O plantio foi realizado na segunda quinzena do mês de novembro de 2013, que coincide com o período chuvoso na região.

Foram avaliados 16 genótipos de sorgo, sendo 14 destes híbridos sensíveis ao fotoperíodo e ascultivares BRS655 e VOLUMAX, como testemunhas, insensíveis ao fotoperíodo. O delineamento experimental utilizado foi o látice triplo 4 x 4, sendo as parcelas constituídas por quatro sulcos de 5,0 m lineares, espaçados em 0,60 m entre si, sendo consideradas como área útil apenas as duas linhas centrais.

As seguintes características morfoagronômicas foram avaliadas: florescimento (FLOR), mediante a contagem do número de dias da sementeira até o início da liberação de pólen em 50% das plantas da parcela; altura de plantas (AP), em metros, por meio da medição das plantas das parcelas da superfície do solo ao ápice da panícula; produção de massa verde total (PMV), determinada em kg/parcela através da pesagem de todas as plantas (completas) da área útil de cada parcela, colhidas na maturidade fisiológica do grão. Os dados de PMV posteriormente foram convertidos para  $tha^{-1}$ .

Os dados foram analisados pelo método da análise de variância considerando a recuperação da informação interblocos com o aporte do pacote estatístico SAS (SAS, 1999). A precisão experimental foi aferida pela estimação da acurácia seletiva (RESENDE & DUARTE, 2007). De posse das médias fenotípicas ajustadas dos genótipos realizou-se o agrupamento pelo teste de Scott-Knott (1974) em nível de 5% de significância no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve eficiência relativa do delineamento de blocos incompletos em relação ao delineamento de blocos casualizados completos (Tabela 1), sendo esta mais acentuada para os caracteres PMV e FLOR. Isto evidencia que a estratégia de restrição à casualização adotada permitiu um controle da variação ambiental mais efetivo. A precisão experimental aferida pela acurácia seletiva foi alta (Tabela 1). Os valores de acurácia variaram entre 83,09% (PMV) a 97,09% (FLOR). Estimativas acima de 70% são de grande magnitude e indicam que os experimentos foram bem conduzidos e reforçam que a maior parte da variação identificada é devido ao efeito de genótipos (RESENDE & DUARTE, 2007).

Foram identificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para todos os caracteres mensurados, indicando que há variabilidade entre os genótipos avaliados (Tabela 1), possibilitando a prática da seleção.

**Tabela 1:** Resumo da análise de variância dos caracteres agrônômicos florescimento (FLOR, dias), altura de planta (AP, m) e produção de massa verde (PMV, t ha<sup>-1</sup>) relativo à avaliação de genótipos de sorgo biomassa em Lavras-MG na safra 2013/2014.

**Table 1:** Analysis of variance of agronomic traits flowering (FLOW, days), plant height (PH, m), and yield of green mass (YGM, t ha<sup>-1</sup>) on the evaluation of biomass sorghum genotypes in Lavras-MG, in the harvest 2013/2014.

FV	GL	Quadrados Médios		
		FLOR (dias)	AP (m)	PMV (t.ha <sup>-1</sup> )
Genótipos	15	556,41 **	1,07 **	1403,6*
Erro efetivo	21(20)‡	31,85	0,19	433,91
Eficiência relativa		101,03	110,7	114,90
Acurácia		97,09	90,47	83,09

‡ Valor entre parênteses corresponde ao grau de liberdade (GL) para o caráter PMV.

Para o caráter florescimento foi observada a formação de quatro grupos de genótipos pelo teste de Scott-Knott, sendo que a cultivar BRS655 apresentou a menor média de dias entre a semeadura até o florescimento de 50% da parcela (83,33 dias), enquanto que os genótipos CMSXS7015, CMSXS7016, CMSXS7022 e CMSXS7024 foram os mais tardios (Tabela 2).

Rooney e Aydín (1999) destacam que a data de florescimento é dependente da data de plantio e do comprimento do dia, que varia de acordo com a latitude e com as estações do ano. Parrella et al. (2011) ressaltam que os sorgos podem ser classificados como sensíveis ou insensíveis ao fotoperíodo. O sorgo sensível é uma planta de dias curtos, portanto sua gema apical permanece vegetativa até que o comprimento do dia se torne menor que 12 horas e 20 minutos para que haja indução floral e consequentemente o florescimento. Para a produção de biomassa essa característica é uma grande vantagem, pois amplia o ciclo vegetativo da planta aumentando sua produção por hectare/ciclo em relação às plantas insensíveis ao fotoperíodo (PARRELLA et al., 2011). O plantio do experimento foi realizado no final do mês de novembro, sendo esperado que o florescimento dos genótipos sensíveis ao fotoperíodo iniciasse a partir do mês de março, fato que fora comprovado para os genótipos BRS655 e VOLUMAX.

Damasceno et al. (2013), avaliando características morfoagronômicas de híbridos com finalidade de produção de biomassa, verificaram no primeiro ano de plantio dias de florescimento variando de 61 a 88 dias entre os genótipos estudados. Parrella et al. (2011), verificaram em seu estudo que os genótipos sensíveis ao fotoperíodo, plantados também no final do mês de novembro, iniciaram florescimento 102 dias após o plantio (DAP), como era previsto. Pereira et al. (2012) relataram que os híbridos de sorgo forrageiros BRS655 e VOLUMAX apresentam ciclo curto (80 a 114 dias), corroborando a validação dos dados obtidos no presente experimento.

Para o caráter altura de planta (AP), os genótipos foram reunidos em dois grupos, sendo que os valores médios variaram de 2,08m para a cultivar VOLUMAX a 4,67m para o genótipo CMSXS7024 (Tabela 2). Segundo Wight et al. (2012), a altura das plantas pode ser utilizada como um indicador útil de produção de matéria seca em híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo, já que estes apresentam maior período vegetativo, o que contribui para maior crescimento e produção de massa verde. Damasceno et al. (2010), em trabalho de

desenvolvimento de híbridos sensíveis ao fotoperíodo, avaliaram uma variação na altura de plantas de 2,72 a 5,60m. Parrella et al. (2011) observaram plantas híbridas com alturas entre 2,77 a 5,50m, e variedades com alturas entre 2,03 a 5,12m.

Para o caráter produção de massa verde, foi evidente a formação de dois grupos de genótipos, sendo que estas variaram de 49,70 t ha<sup>-1</sup>, cultivar BRS655, a 125,89 t ha<sup>-1</sup>, genótipo CMSXS7022 (Tabela 2). Pereira et al. (2012) verificaram que a produção de massa verde (PMV) dos híbridos experimentais de sorgo avaliados variou de 54,84 t ha<sup>-1</sup> a 104,18 t ha<sup>-1</sup>, e das variedades de 66,24 t ha<sup>-1</sup> a 72,65 t ha<sup>-1</sup> e que os híbridos forrageiros comerciais BRS655 e Volumax, a PMV foi de 45,40 t ha<sup>-1</sup> e 45,92 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e como estas cultivares são insensíveis ao fotoperíodo, eles apresentaram menor ciclo e porte, o que refletiu em menores produtividades. Damasceno et al. (2010), verificou uma produção de massa verde em híbridos de sorgo biomassa que variou de 17,72 a 135,28 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Médias fenotípicas ajustadas para os caracteres agrônômicos florescimento (FLOR, dias), altura de plantas (AP, m) e peso de massa verde (PMV, t ha<sup>-1</sup>) relativo à avaliação de genótipos de sorgo em Lavras-MG, na safra 2013/2014.

**Table 2.** Phenotype averages adjusted for agronomic traits flowering (FLOW, days), plant height (PH, m) and weight of green mass (Y, t ha<sup>-1</sup>) on the evaluation of sorghum genotypes in Lavras-MG, in the harvest 2013/2014.

GENÓTIPOS	FLOR	AP	PMV
CMSXS7030	134,33 b	4,12 a	99,33 a
BRS655	83,33 d	2,63 b	49,70 b
VOLUMAX	114,67 c	2,08 b	54,56 b
CMSXS7021	138,67 b	4,22 a	88,64 a
CMSXS7026	132,00 b	4,03 a	56,19 b
CMSXS7025	133,67 b	4,37 a	90,33 a
CMSXS7024	145,67 a	4,67 a	117,92 a
CMSXS7022	150,00 a	4,50 a	125,89 a
CMSXS7029	135,67 b	3,77 a	94,45 a
CMSXS7023	128,33 b	4,07 a	72,14 b
CMSXS 7016	147,67 a	4,63 a	102,61 a
CMSXS7028	135,67 b	4,43 a	93,83 a
CMSXS7027	137,33 b	4,52 a	83,39 a
CMSXS 7015	145,00 a	4,40 a	94,31 a
CMSXS 7012	135,00 b	4,23 a	77,47 b
CMSXS7031	130,50 b	4,13 a	73,46 b
Média das testemunhas	99,00	2,36	52,13
Média dos híbridos sob teste	137,82	4,29	92,04

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

Os híbridos sob teste de sorgo biomassa, por serem sensíveis ao fotoperíodo, possuem maior porte, maior ciclo vegetativo e conseqüentemente maior produção de biomassa. Portanto, foi possível identificar genótipos que apresentaram maior potencial agrônomico para serem utilizados como matéria prima para a geração de bioenergia.

**[U1] Comentário:** Rever esta conclusão de acordo com o objetivo. Em seguida contemple o resumo.

## AGRADECIMENTOS

9º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA  
SÃO PAULO – SP – 01 A 03 DE OUTUBRO DE 2014

Agradecemos a Embrapa Milho e Sorgo pelo apoio na condução do experimento e fornecimento do germoplasma, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e a FAPEMIG pelo apoio financeiro para condução do experimento.

## REFERÊNCIAS

- CARRILLO, M. A. et al. Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion. **Fuel**, v.116, p.427–431, 2014.
- DAMASCENO, C. M. B. **Genômica do sorgo sacarino e análise de marcadores genéticos moleculares para características de interesse agrônomo e industrial**. Agroenergia em Revista, Edição 3, Ago 2011.
- DAMASCENO, C. M. B. et al. **Análise morfoagronômica e bioquímica de um painel de sorgo energia para características relacionadas à qualidade da biomassa**. Circular Técnica Embrapa Sete Lagoas/ MG, v. 190, Dez 2013.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Milho e Sorgo. **Cultivo do Sorgo**. Abr 2014.
- MAMEDES, J. A.; RODRIGUES, M. P. J.; VANISSANG; C. A. **Biomassa no Brasil. Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 1, p. 65-73, 2010.
- MILLER, F. R.; MCBEE, G. G. Genetics and management of physiologic systems of sorghum for biomass production. **Biomass and Bioenergy**, v. 5, Nº. 1. p. 41-49, 1993.
- PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. Desempenho agrônomo de híbridos de sorgo biomassa. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41), 2011.
- PEREIRA, G. de A. et al. **Desempenho Agrônomo de Híbridos de Sorgo Biomassa**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Áustria. ISBN: 3-900051-07-0, 2006.
- RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 3: 182-194, 2007.
- ROONEY, W. L.; AYDIN, S. Genetic control of a photoperiod-sensitive response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Crop Science**, Madison, v.39, p. 397-400, 1999.
- SAS INSTITUTE INC. **Statistical Analysis System**. Release 9.3. Cary , NC, 2012.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, 3: 507-512, 1974.
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Efeito da seca sobre a cana abre perspectiva para híbridos de sorgo na próxima entressafra**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/unica-na-midia/17729932920315173097/efeito-da-seca-sobre-a-cana-abre-perspectiva-para-hibridos-de-sorgo-na-proxima-entressafra/>. Acesso em: 14 de maio de 2014.
- UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. **Vento a favor para as energias limpas no Brasil**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1116205#nc>. Acesso em: 01 ago. 2014.
- WIGHT, J. P. et al. Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. **Biomass and Bioenergy**, 46: 593-604, 2012.

**9º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA  
SÃO PAULO – SP – 01 A 03 DE OUTUBRO DE 2014**

