

Desempenho agronômico e composição de híbridos experimentais de sorgo biomassa com nervura marrom

Ruane Alice da Silva², Rafael Augusto da Costa Parrella³ Pedro César de Oliveira Ribeiro⁴

¹ Trabalho financiado pelo CNPq/Fapemig

² Estudante do Curso de Engenharia Agrônoma da Univ. Fed. de São João del-Rei, Bolsista PIBIC (ou BIC JR) do Convênio Fapemig/CNPq/Embrapa/ FAPED

³ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

⁴ Estudante de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas-UFV

Introdução

A biomassa para a produção de energia já é uma realidade no Brasil e em vários países por todo mundo. Isso porque a biomassa é uma fonte de energia renovável que utiliza o reaproveitamento de resíduos, sendo menos poluente, e de baixo custo (MAMEDES et al., 2010). Além disso, as mudanças climáticas e a escassez de combustíveis fósseis impulsionam a cada dia o aumento da demanda e busca dessas fontes. Sendo assim, e, diante dessa procura, o sorgo biomassa se apresenta como excelente alternativa com híbridos capazes de incrementar a matriz energética na produção de energia renovável.

O sorgo biomassa (*[Sorghum bicolor (L.) Moench]*) apresenta características como o rápido crescimento, com ciclo de 5 a 6 meses, porte alto, alto potencial produtivo, manejo da cultura totalmente mecanizável. Além disso, apresenta poder calorífico alto de 4.300 e 3.800 Kcal kg⁻¹ de matéria seca, semelhante ao da cana-de-açúcar, que é a principal matéria-prima utilizada neste setor atualmente, sendo cultivado durante a primavera/verão, com colheita ocorrendo nos meses de março, abril e maio, possibilitando assim a cogeração de energia na entressafra da cana-de-açúcar e, com isso, aumentando a geração de renda no setor (MAY et al., 2014). Além disso, pode ser utilizado para a produção de etanol de segunda geração, em que a matéria-prima (biomassa vegetal) passa por um processo de hidrólise, em que ocorre a conversão de longas cadeias carbônicas em açúcares fermentescíveis, com vista à produção de biocombustível (PARRELLA et al., 2010).

Sendo assim, a importância da caracterização da biomassa quanto à composição centesimal, e as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina é essencial. Visto que uma das maiores dificuldades na produção de etanol é a despolimerização da lignina da parede celular, que é um composto polifenólico cujas características podem interferir de forma negativa na produção do etanol 2G (segunda geração). O programa de melhoramento da Embrapa Milho e Sorgo trabalha no desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo, com o gene *bmr* (*browmidrib*), sendo esse uma mutação genética, que se originou de mutações recessivas espontâneas, desenvolvidos por mutagênese química em sementes tratadas com dietil sulfato (PORTER et al., 1978) em que esses mutantes podem apresentar níveis de lignina reduzidos, promovendo assim a melhoria na qualidade, tornando o processo de produção de etanol mais eficaz e viável economicamente.

Dessa forma, no presente trabalho, objetivou-se avaliar e caracterizar híbridos de sorgo biomassa com o gene mutante *bmr*, visando a produção de biocombustíveis.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra agrícola do ano de 2015/2016, em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas-MG, onde foram avaliados 25 híbridos. Destes, 18 eram híbridos experimentais de sorgo biomassa com o gene *bmr*, 4 híbridos de sorgo biomassa. Adicionalmente foram avaliados dois híbridos de sorgo forrageiro como testemunhas, o BRS655 e Volumax. O plantio foi realizado no dia 26 de novembro de 2015 e a colheita para os híbridos forrageiros foi no dia 05 de março de 2016, e os híbridos biomassa foram colhidos no dia 22 de abril de 2016. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas constituídas por 2 fileiras de 5 metros, com espaçamento de 0,7 m e compostas por 3 repetições. Utilizou-se uma população inicial de 110.000 plantas ha⁻¹. Foi realizada adubação de plantio na dose de 400 kg ha⁻¹ de 08-28-16 e adubação de cobertura com 200 kg ha⁻¹ de ureia, quando as plantas estavam com 4-6 folhas definitivas. As características avaliadas foram: altura de plantas (ALT) em metros, produção de massa verde (PMV) t.ha⁻¹, produção de matéria seca (PMS) em t.ha⁻¹, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), teores de celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) em %. As análises de composição química (FDN, FDA, LIG, CEL e HEM) das amostras da biomassa dos híbridos foram realizadas no laboratório da Embrapa Milho e Sorgo utilizando a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), de acordo com os procedimentos descritos por Guimarães et al. (2014). Os espectros NIR das amostras analisadas foram obtidos em equipamento NIRFlex 500, marca Buchi. Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Genes (CRUZ, 2013).

Resultados e Discussão

O resumo das análises de variância para altura de plantas (ALT) em metros, produção de massa verde (PMV) em t ha⁻¹, produção de matéria seca (PMS), em t ha⁻¹, matéria seca em %, os teores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), teores de lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) em %, estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Todas as características apresentaram significância ($p \leq 0,01$) para a fonte de variação genótipos, exceto FDA, em que a significância foi de $p \leq 0,05$, e hemicelulose, que não apresentou significância. Esses resultados confirmam a existência de variabilidade genética entre os genótipos, possibilitando a seleção de genótipos superiores.

Os valores médios para ALT, PMV, PMS, FDN, FDA, LIG, CEL, HEM estão nas Tabelas 3 e 4. A altura variou de 2,62 metros para o híbrido BRS 655 a 5,32 m para o híbrido CMSXS 7027, para PMV a variação foi de 106,29 BRS 716 e 25.62 t ha⁻¹ para o BRS 655. Para PMS o híbrido BRS 716 apresentou 40,82 t ha⁻¹ enquanto o BRS655 8,47 t ha⁻¹, o teor de MS variou de 38,70% híbrido B19 e 27,12% o híbrido B11. Os

teores de FDA variaram de 54,11% CMSXS 7027 a 45,81% BRS 655, para FDN a variação foi 80,83% CMSXS 7027 a 71,2% o B12. Para o teor de lignina o híbrido CMSXS 7027 apresentou 9,18% e o B12 6,49%, para celulose o CMSXS 7027 a variação foi de 43,12 a 37,26% para o BRS 655 e hemicelulose 27,23% o B7 e 24,34% o B12.

Tabela 1: Análise de variância para altura de plantas (ALT) em metros, produção de massa verde (PMV) t.ha⁻¹, produção de matéria seca (PMS) em t.ha⁻¹ avaliados em híbridos de sorgo biomassa *bmr*, safra 2015/2016, em Sete lagoas-MG.

| FV | GL | ALT | PMV | PMS | MS |
|-----------|----|--------|-------------|------------|---------|
| Blocos | 2 | 0.7846 | 117094119.7 | 32829641.7 | 71.1665 |
| Genótipos | 24 | 1.05** | 92.62** | 15.96 ** | 37.26** |
| Resíduo | 48 | 0.1687 | 119256557.7 | 17399875.6 | 3.7152 |
| Média | | 4.26 | 67.133 | 21.642 | 31.93 |
| CV(%) | | 9.64 | 16.27 | 19.27 | 6.04 |

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade; respectivamente; pelo teste F, ^{ns} não significativo; pelo teste F.

Tabela 2: Análise de variância para fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), teores de lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) em %, avaliados em híbridos de sorgo biomassa *bmr*, safra 2015/2016, em Sete lagoas-MG.

| FV | GL | FDA | FDN | LIG | CEL | HEM |
|-----------|----|---------|----------|--------|---------|---------|
| Blocos | 2 | 37.6999 | 139.9894 | 9.8736 | 24.8884 | 34.7363 |
| Genótipos | 24 | 12.31** | 15.99 * | 1.53** | 6.13 ** | 1.46 ns |
| Resíduo | 48 | 3.0934 | 8.1978 | 0.365 | 2.7148 | 1.5574 |
| Média | | 50.17 | 76.34 | 7.71 | 40.59 | 26.17 |
| CV(%) | | 3.51 | 3.75 | 7.83 | 4.06 | 4.77 |

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade; respectivamente; pelo teste F, ^{ns} não significativo; pelo teste F.

Tabela 3 – Valores médios para altura de plantas (ALT) em metros, produção de massa verde (PMV) t ha⁻¹, produção de matéria seca (PMS) em t ha⁻¹, % em híbridos de sorgo biomassa *bmr*, avaliados em híbridos de sorgo biomassa *bmr*, safra 2015/2016, em Sete Lagoas-MG.

| Genótipos | ALT | | PMV | | PMS | | MS | |
|------------|------|---|--------|---|-------|---|-------|---|
| BRS 716 | 4.67 | a | 106.29 | a | 40.82 | a | 38.32 | a |
| B019 | 5.20 | a | 91.71 | a | 35.62 | a | 38.70 | a |
| CMSXS 7016 | 4.41 | a | 89.76 | a | 34.82 | a | 38.45 | a |
| CMSXS 7027 | 5.33 | a | 74.76 | b | 27.71 | b | 36.85 | a |
| CMSXS 7031 | 4.79 | a | 69.48 | b | 25.28 | c | 36.18 | a |

| | | | | | | | | |
|---------|------|---|-------|---|-------|---|-------|---|
| B018 | 4.23 | a | 85.76 | a | 24.85 | c | 28.99 | c |
| B003 | 4.35 | a | 81.81 | a | 24.19 | c | 29.42 | c |
| B001 | 4.36 | a | 68.19 | b | 22.66 | c | 33.23 | b |
| B002 | 3.78 | b | 69.62 | b | 22.32 | c | 32.17 | b |
| B017 | 4.43 | a | 71.19 | b | 21.76 | c | 30.48 | c |
| B014 | 3.93 | b | 68.86 | b | 21.13 | c | 30.22 | c |
| B012 | 4.18 | a | 70.00 | b | 20.99 | c | 30.35 | c |
| B008 | 4.32 | a | 71.48 | b | 20.75 | c | 29.02 | c |
| B005 | 4.67 | a | 69.24 | b | 20.28 | c | 29.30 | c |
| B016 | 4.60 | a | 67.19 | b | 20.09 | c | 30.35 | c |
| B009 | 4.53 | a | 66.33 | b | 19.67 | c | 29.62 | c |
| B010 | 4.30 | a | 63.14 | b | 18.89 | c | 29.89 | c |
| B006 | 4.52 | a | 68.05 | b | 18.48 | c | 27.29 | c |
| B015 | 4.65 | a | 62.19 | b | 17.65 | c | 28.33 | c |
| B004 | 3.90 | b | 54.00 | c | 16.97 | c | 31.73 | b |
| B013 | 3.90 | b | 51.10 | c | 16.96 | c | 33.40 | b |
| B007 | 3.62 | b | 53.76 | c | 16.46 | c | 30.66 | c |
| B011 | 4.17 | a | 48.48 | c | 13.44 | d | 27.12 | c |
| Volumax | 3.02 | c | 30.33 | d | 10.81 | d | 35.56 | a |
| BRS 655 | 2.62 | c | 25.62 | d | 8.47 | d | 32.62 | b |

*^{abcd} Médias seguidas da mesma letra não diferem entres si.

Tabela 4 – Valores médios para fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), teores de lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) em % em híbridos de sorgo biomassa *bmr*, avaliados em híbridos de sorgo biomassa *bmr*, safra 2015/2016, em Sete lagoas-MG.

| Genótipos | FDA | FDN | LIG | CEL | HEM | | | | | |
|-----------|-------|-----|-------|-----|------|---|-------|---|-------|---|
| B012 | 46.95 | b | 71.29 | a | 6.49 | b | 37.75 | a | 24.34 | a |
| B017 | 47.98 | b | 73.50 | a | 6.79 | b | 39.20 | a | 25.52 | a |
| B014 | 48.54 | b | 74.39 | a | 7.04 | b | 39.40 | a | 25.86 | a |
| B015 | 50.00 | b | 75.90 | a | 7.07 | b | 40.77 | a | 25.90 | a |
| B005 | 48.22 | b | 74.16 | a | 7.10 | b | 39.49 | a | 25.94 | a |
| B018 | 49.10 | b | 74.58 | a | 7.13 | b | 39.66 | a | 25.48 | a |
| B016 | 49.30 | b | 75.39 | a | 7.24 | b | 40.16 | a | 26.08 | a |
| B004 | 49.19 | b | 75.68 | a | 7.25 | b | 40.22 | a | 26.49 | a |
| B006 | 49.81 | b | 76.34 | a | 7.25 | b | 41.01 | a | 26.52 | a |
| B003 | 48.59 | b | 75.06 | a | 7.37 | b | 39.54 | a | 26.46 | a |
| B002 | 50.74 | a | 77.06 | a | 7.41 | b | 41.24 | a | 26.33 | a |
| BRS 655 | 45.81 | b | 72.57 | a | 7.51 | b | 37.26 | a | 26.75 | a |
| B008 | 49.96 | b | 76.32 | a | 7.58 | b | 40.44 | a | 26.37 | a |
| B010 | 49.70 | b | 75.33 | a | 7.61 | b | 40.27 | a | 25.64 | a |
| B007 | 49.39 | b | 76.62 | a | 7.65 | b | 40.52 | a | 27.23 | a |
| B011 | 50.61 | a | 77.00 | a | 7.67 | b | 41.18 | a | 26.39 | a |
| Volumax | 49.96 | b | 76.31 | a | 7.95 | a | 40.22 | a | 26.35 | a |
| B013 | 51.53 | a | 78.72 | a | 8.13 | a | 41.94 | a | 27.20 | a |

| | | | | | | | | | | |
|------------|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|
| B009 | 52.45 | a | 79.66 | a | 8.22 | a | 42.68 | a | 27.21 | a |
| B001 | 52.84 | a | 79.77 | a | 8.25 | a | 42.70 | a | 26.93 | a |
| CMSXS 7031 | 51.72 | a | 76.66 | a | 8.27 | a | 41.08 | a | 24.94 | a |
| BRS 716 | 51.79 | a | 77.66 | a | 8.77 | a | 40.98 | a | 25.87 | a |
| CMSXS 7016 | 52.58 | a | 78.79 | a | 8.89 | a | 41.73 | a | 26.21 | a |
| B019 | 53.42 | a | 78.94 | a | 9.01 | a | 42.33 | a | 25.53 | a |
| CMSXS 7027 | 54.11 | a | 80.83 | a | 9.18 | a | 43.12 | a | 26.73 | a |

*abcd **Médias seguidas da mesma letra não diferem entres si.**

Os resultados de produção de matéria seca, o fator mais importante na produção de biomassa, confirmam o potencial do sorgo para tal destinação, apresentando níveis acima de 30 t ha⁻¹, comprovados pelo estudo de Castro (2015) e Oliveira (2015). Assim, é possível afirmar o sorgo biomassa como alternativa promissora no fornecimento de matéria-prima para produção de biocombustível. Além disso, pelos resultados da composição química, foi possível identificar genótipos com baixos valores de lignina, o que sustenta ainda mais essa tecnologia.

Vale destacar os genótipos BRS 716, B19 e o CMSXS 7016, que apresentaram 40,82, 35,62 e 34,82 t ha⁻¹ de matéria seca, validando o potencial energético desses materiais. Dessa forma, deve-se ressaltar os genótipos B018, B003 e B002 que estiveram entre o grupo intermediário de PMS, apresentando 24,85, 24,19, 22,32, t ha⁻¹ e também baixos teores de lignina de 7,13, 7,37 e 7,41% respectivamente, justificando a realização desse trabalho, que confirma o potencial desses genótipos como fontes promissoras para a produção de etanol 2G.

Conclusão

Foi possível identificar 14 híbridos de sorgo biomassa com nervura marrom que associam alta produção de biomassa com baixos teores de lignina, destacando-se os híbridos B018, B003 e B002.

Vale destacar os híbridos, B19, CMSXS 7016 e o BRS716, que apresentaram alta PMS e altos teores de lignina podendo ser utilizados para a cogeração de energia através da queima da biomassa em caldeiras.

Referências

- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: biometria. Viçosa, MG: UFV, 2013. 382 p.
- CASTRO, F. M. R.; BRUZI, A. T.; NUNES, J. A. R.; PARRELLA, R. A. C.; LOMBARDI, G. M. R.; ALBUQUERQUE, C. J. A.; LOPES, M. Agronomic an energetic potential of biomass sorghum genotypes. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1862-1873, July 2015.
- GUIMARÃES, C. C.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; SENA, M. M. Use of NIRS to predict composition and bioethanol yield from cell wall structural components of sweet sorghum biomass. **Microchemical Journal**, New York, v. 117, p. 194-201, 2014.
- MAMEDES, J. A.; RODRIGUES, M. P. J.; VANISSANG, C. A. Biomassa no Brasil. **Bolsista de Valor**, Campos de Goytacazes, v. 1, p. 65-73, 2010.
- MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C.; DAMASCENO, C. M. B.; SIMEONE, M. L. F. Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p. 14-20, jan./fev. 2014.
- OLIVEIRA, I. C. M. **Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos de sorgo biomassa**. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.
- PARRELLA, R. A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).
- PORTER, K. S.; AXTELL, J. D.; LECHTENBER, V. L.; COLENBRANDER, V. F. Phenotype, fiber composition, and in vitro dry matter disappearance of chemically induced brown midrib (bmr) mutants of sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 205-208, 1978.