

211

Circular
TécnicaSete Lagoas, MG
Dezembro, 2015**Autores****André May**

Eng.-Agrôn., DSc. Produção Vegetal, Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, andre.may@embrapa.br

Rafael A. da Costa Parrella

Eng.-Agrôn., DSc. Melhoramento Genético, Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, rafael.parrella@embrapa.br

Nádia N.L. Durães Parrella

Eng.-Agrôn., DSc. Melhoramento Genético, Professora, Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, MG, nadianldp@gmail.com

Robert Eugene Schaffert

Eng.-Agrôn., DSc. Melhoramento Genético, Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, robert.schaffert@embrapa.br

Leonardo H. Silva e Castro

Eng.-Agrôn., Ms., Melhoramento Genético, Pós-graduando, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, leonardohumbertoagro@hotmail.com

Rafael Tadeu de Assis

Eng.-Agrôn., DSc. Melhoramento Genético, Professor, Uniaraxá, Araxá, MG, rafaellassis@uniaraxa.edu.br



Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia

Introdução

O sorgo é originado da África e pertencente à família Poaceae (CABRAL et al., 2013). Existem diversos tipos de sorgo cultivados no Brasil, sendo os mais importantes: sorgo granífero, sorgo forrageiro, sorgo sacarino e sorgo biomassa ou lignocelulósico. O sorgo granífero é utilizado para a produção de grãos, caracterizado por plantas de porte baixo, com potencial para a produção de grãos. O sorgo forrageiro é utilizado para a produção de ensilagem. O sorgo sacarino tem potencial para a produção de etanol em função dos açúcares fermentáveis presentes no colmo das plantas. E, por fim, o sorgo biomassa, caracterizado por ser uma planta de ciclo longo (até 180 dias), com elevada produção de massa vegetal, com potencial para queima em caldeiras de usinas de grande porte ou termelétricas, visando a produção de energia.

A demanda por produção de energia limpa em todo o mundo requer possibilidades diversificadas para a produção de energia renovável e, assim, diminuir a emissão de gases do efeito estufa (CARVALHO et al., 2013). Segundo a United Nations Foundation (2012), um importante compartimento do setor sucroenergético é a energia gerada a partir da biomassa vegetal. O Programa *Energia Sustentável para Todos* determinou que até 2030 as usinas devem duplicar o volume atual de 18% de emprego de fontes renováveis na carteira global de energia.

Dessa forma, a procura por biomassa para utilização direta na queima de caldeiras é crescente e muitas usinas vêm redesenhando-se para esta oportunidade de negócio, empregando-se, assim, resíduos de origem vegetal ou de biomassa de locais intensivos dimensionados para atender as demandas de energia (DAMASCENO et al., 2013).

Associado a esse cenário internacional, no que tange à utilização de energias renováveis, o Brasil passa por momento de forte demanda energética advinda de outras fontes que não as tradicionais hidrelétricas, em função de severa crise hídrica no país. Assim, o sorgo biomassa passou a se mostrar como uma importante estratégia para fornecer matéria-prima aos processos de cogeração de energia, em função da sua elevada produtividade, ciclo de 150 a 180 dias, potencialização do cultivo em área de reforma de canaviais, propagação por sementes e possibilidade de mecanização de todos os seus processos agrícolas.

Assim, desde 2012, algumas usinas de grande porte ou termelétricas geradoras de energia pela queima de biomassas iniciaram testes de cultivo em larga escala e avaliação do processo de queima,

principalmente usinas sucroenergéticas presentes nos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais ou termelétricas instaladas na Bahia, associando mistura da biomassa produzida do sorgo com outras matérias-primas como o bagaço de cana-de-açúcar, quando a queima ocorre em caldeiras associadas a usinas de grande porte, ou eucalipto, quando a queima ocorre em termelétricas.

Dessa forma, houve uma expansão da cultura do sorgo biomassa nos últimos anos, sendo importante a aferição da produtividade de biomassa em diferentes condições climáticas e a capacidade de geração de energia por sua queima, gerando uma curva de aprendizado muito significativa para o setor interessado na tecnologia, principalmente sobre os principais pontos de estrangulamento da cultura, referentes à definição da época de semeio mais adequada e ao momento de colheita ideal.

Manejo Cultural do Sorgo Biomassa para a Produção de Energia

O sorgo biomassa é sensível ao fotoperíodo, e floresce apenas quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos (Rooney; Aydın, 1999), período entre 21 de março e 22 de setembro, na maior parte do Brasil. No entanto, quando o sorgo biomassa é semeado nos meses de outubro a dezembro, quando o fotoperíodo é maior que 12 horas e 20 minutos, ele apenas iniciará o desenvolvimento da gema floral a partir de 21 de março do ano seguinte, ampliando o ciclo vegetativo, porte e, concomitantemente, possibilitando maior produção de biomassa por hectare/ciclo em comparação a cultivares insensíveis ao fotoperíodo, que florescem em qualquer época do ano e com ciclo curto (PARRELLA et al., 2010). Estes híbridos apresentam potencial para produção superior a 30 t ha⁻¹ de biomassa seca (MOURA et al., 2015; CASTRO, 2014; PARRELLA et al., 2010).

O controle da sensibilidade ao fotoperiodismo e de maturação (indução de floração) em sorgo está associado ao efeito de dois alelos em seis loci: *Ma1,ma1*; *Ma2,ma2*; *Ma3,ma3*; *Ma4,ma4*; *Ma5,ma5*; e *Ma6,ma6* (Rooney; Aydın, 1999). Os loci *Ma1* a *MA4* controlam o ciclo, enquanto os loci *Ma5* e *Ma6* são responsáveis pela sensibilidade ao fotoperiodismo. Os genótipos *Ma5Ma5ma6ma6*; *ma5ma5Ma6Ma6* são insensíveis a fotoperíodo e florescem entre 60 e 70 dias após germinação, independentemente do comprimento do dia. Os híbridos derivados de cruzamentos entre linhagens com estes genótipos são sensíveis (*Ma5ma5Ma6ma6*) ao fotoperíodo e têm indução floral somente em períodos em que os dias apresentam menos de 12 horas e 20 minutos de luz. Tal mecanismo permite a confecção de híbridos sensíveis ao fotoperíodo, com alta produtividade de biomassa e com ciclos mais variáveis. Contudo, Quinby e Schertz (1970) relatam que genótipos com constituição genética *Ma1__* são sensíveis ao fotoperíodo, independentemente dos demais loci, e que genótipos com constituição genética *ma1ma1* são insensíveis ao fotoperíodo.

Com isso, o ciclo do sorgo biomassa sensível ao fotoperíodo é maior que o dos sorgos insensíveis, podendo chegar a 160 dias para iniciar o florescimento com semeadura realizada em novembro (PARRELLA et al., 2010). Castro (2014) avaliou híbridos de sorgo biomassa e o número médio de dias para florescimento variou de 108 a 123 dias para semeadura no final de novembro. Isto demonstra a existência de variabilidade genética para este caráter e possibilita a seleção de cultivares mais precoces para atender o mercado. A grande estratégia destes híbridos é aumentar o período vegetativo, consequentemente o ciclo, que reflete em maior crescimento e produção de biomassa. Na avaliação de híbridos de sorgo biomassa em Lavras-MG, observou-se uma variação na

produção de 24 a 47 t ha⁻¹ de matéria seca, confirmando o grande potencial produtivo destes tipos de híbridos (CASTRO, 2014).

Quando há a emissão da panícula, a planta cessa o seu desenvolvimento, definindo a produtividade da lavoura. Mas, nesse momento, a umidade da massa do sorgo é elevada, acima de 75%, o que inviabiliza a sua colheita, já que a umidade elevada reduz muito o poder calorífico da matéria-prima no processo de queima em sequência. Assim, a estratégia hoje utilizada para que a massa de sorgo biomassa atinja valores próximos a 60% é aguardar a secagem natural das plantas no campo, embora isso ocasione uma perda significativa de massa seca acumulada pelas plantas. Dependendo das condições climáticas e da cultivar escolhida, essa queda de umidade pode demorar mais de 40 dias após o pleno florescimento, ocorrendo, em linhas gerais no final de maio.

A cor da nervura central da folha em sorgo está associada com a presença de caldo no colmo, pois os genótipos com nervura branca são de colmo seco e os genótipos com nervura esverdeada apresentam caldo no colmo. O gene "D" controla essa característica e o alelo dominante (*D*₋) condiciona colmo seco, enquanto o alelo recessivo, o colmo com caldo (ROONEY, 2000). Desta forma, híbridos de sorgo biomassa com nervura branca são de colmos seco (*D*₋) e apresentam menor umidade, sendo uma característica desejável. Castro (2014) observou uma variação de 30 a 42% no teor de matéria seca de diferentes híbridos de sorgo biomassa avaliados em Minas Gerais. Moura et al. (2015) observaram variação de 27 a 44%, mostrando que existem híbridos com teor de umidade na biomassa próximo ao demandado para queima no momento da colheita, que gira em torno de 50%.

Esse tipo de sorgo também apresenta biomassa com alto teor de fibra, superior

a 20%. Castro (2014) observou teor de fibra média de 36% para os híbridos de sorgo biomassa avaliados. Moura et al. (2015) observaram variação de 21 a 37% de fibra na avaliação de híbridos de sorgo biomassa. Esses valores elevados são de grande interesse da indústria, que já ela utiliza a cana-de-açúcar que apresenta fibra em torno de 13%.

Assim, a produtividade do sorgo biomassa está muito atrelada à época de semeio escolhida, sendo que o mais recomendável é que seja feita no início do mês de novembro (Figura 1), já que semeaduras tardias (janeiro, Figura 2) reduzem drasticamente a produtividade da lavoura, em razão do menor período de desenvolvimento vegetativo em relação ao estímulo ao florescimento, que, invariavelmente, ocorre, conforme explicado acima, a partir de abril.



Figura 1. Vista geral de experimento de sorgo biomassa, semeado em novembro, em início de florescimento, Sete Lagoas - MG (Foto: André May, 2013).



Figura 2. Vista geral de experimento de sorgo biomassa semeado em janeiro, Sete Lagoas - MG (Foto: André May, 2013).

No Estado da Bahia (região de Barreiras - BA), onde as condições edafoclimáticas para a cultura do sorgo biomassa são restritivas ao seu desenvolvimento, em razão do período seco bem definido após o mês de março e veranico intenso no mês de janeiro, para áreas extensas de cultivo da espécie, atenção especial deve ser dada na operação agrícola de semeio, visando finalizar a etapa de implantação da cultura dentro do mês de novembro para que se tenha a média produtiva dos talhões em patamares acima de 40 t ha^{-1} de massa colhida com umidade em torno de 60%.

Mas, em linhas gerais, as produtividades do sorgo biomassa observadas em diferentes ensaios realizados, visando a avaliação de desempenho produtivo em larga escala, através da implantação de áreas piloto em diferentes localidades, principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia, nas safras 2013/2014 e 2014/2015, apresentaram valores bastante variáveis, entre

15 e 100 t ha^{-1} de massa colhida com umidade em torno de 60%, com sementeiras em área de reforma de canaviais ou áreas comumente ocupadas pelo cultivo de grãos (soja). Por fim, relata-se que a maioria dos empreendimentos bem conduzidos atingiram valores de produtividade ao redor de 40 t ha^{-1} de massa colhida com umidade em torno de 60%, com semeio realizado em novembro (Figuras 3 a 5).



Figura 3. Vista geral de uma lavoura comercial de sorgo biomassa em pleno florescimento, São Desidério - BA (Foto: Sérgio Teixeira Guimarães, 2015).



Figura 4. Vista geral de uma lavoura comercial de sorgo biomassa em pleno florescimento, Barretos - SP (Foto: André May, 2015).

Os tratos culturais do sorgo biomassa podem ser considerados relativamente comuns às culturas anuais, mas atenção deve ser dada para:

Escolha do arranjo de plantas ideal: a maioria das pesquisas realizadas evidenciam espaçamentos entrelinhas próximos a 60 cm e população de plantas ao redor de 140.000 plantas por hectare;

Fertilização da cultura: o sorgo biomassa é uma cultura muito produtiva, por essa razão a sua fertilização deve ser realizada com muita cautela, visando não prejudicar a cultura em sucessão, em razão da extração de nutrientes do solo sem a devida reposição pelo esquema de fertilização. As pesquisas revelam que a demanda por NPK do sorgo biomassa gira em torno de 80, 100 e 80 kg de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente;

Controle de plantas daninhas: o sorgo biomassa é considerado uma cultura com suporte fitossanitário insuficiente; por essa razão, a disponibilidade de ingredientes ativos para o manejo de plantas daninhas ainda não é elevada. Assim, em áreas muito infestadas, deve ser feita dessecação em área total antes do semeio, sem novo revolvimento do solo, visando dar uma vantagem competitiva para o sorgo biomassa, que pode emergir pouco antes das plantas daninhas. Mas a aplicação de atrazina em pré-emergência é fundamental, visando retardar a emergência das plantas daninhas, conforme as doses previstas nos produtos registrados para a cultura no Ministério da Agricultura;

Controle de pragas: deve-se ficar atento para as pragas da cultura, principalmente no que tange às pragas iniciais (lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus*, e cupins), que podem ser controladas com o tratamento de sementes ou aplicação de inseticidas no sulco de semeio, conforme o registro de produtos no Ministério da Agricultura. Após

a fase inicial, o sorgo biomassa demonstra necessidade de atenção à **lagarta-do-cartucho-do-milho** (*Spodoptera frugiperda*), que podem causar atrasos no desenvolvimento das plantas quando em infestação elevada. Assim, o controle deve ser iniciado logo que a infestação passar de 5%, verificada através de levantamentos semanais na lavoura (retirada dos cartuchos de plantas na linha de cultivo e contagem de lagartas por planta). Por fim, a broca da cana-de-açúcar ou brocas do colmo (*Diatrea saccharalis*) costumam causar sérios danos à lavoura, além de possibilitar aumento da infestação da cultura em sucessão (cana-de-açúcar, quando o cultivo do sorgo é realizado em área de reforma de canaviais), quando seu controle não é adequado. Como não há produtos recomendados para o sorgo biomassa para controle dessa praga, algumas usinas têm buscado o uso de técnicas de controle biológico comuns para a cana-de-açúcar, com adaptações para o sorgo biomassa;

Controle de doenças: a severidade das doenças fúngicas sobre o sorgo biomassa ainda é baixa ou tardia, infestando a planta após florescimento, quando elas já atingiram o pico de produção de massa fresca. Assim, embora essa situação possa ser alterada com o crescimento da cultura em área plantada, o controle de doenças, normalmente, não é realizado por essas razões;

Sistema de colheita: a colheita do sorgo biomassa é realizada com o auxílio de uma colhedora de biomassa autopropelida (Figura 6), muito utilizada para colheita mecanizada de milho silageiro. A colheita por esse sistema permite elevados rendimentos operacionais (140 t h⁻¹), associada ao tamanho de partícula adequado para queima em caldeiras.



Figura 5. Vista geral de uma lavoura comercial de sorgo biomassa antes do florescimento, Jaguariúna - SP (Foto: André May).



Figura 6. Vista geral da operação de colheita mecanizada de sorgo biomassa, Jaguariúna - SP (Foto: André May).

Os valores do poder calorífico superior e inferior da biomassa deste sorgo, em base seca, estão em torno de 4.300 Kcal/kg de massa seca e 3.800 Kcal/kg de massa seca, respectivamente (PARRELLA et., 2014). Com 50% de umidade na biomassa o poder calorífico inferior apresentado está em torno de 1.800 Kcal/kg de massa seca.

Assim, com o cenário energético atual ou projeção para cinco anos de manutenção dos valores elevados do MWh, a tecnologia de cultivo de sorgo biomassa para a produção de energia é viável, mesmo considerando os elevados custos da cultura, em função dos gastos com insumos, colheita e transportes, que giram em torno de R\$ 3.900,00.

Como a produção de energia pelo sorgo biomassa está muito atrelada à umidade da massa colhida, normalmente os valores giram de 1.300 a 1.800 kcal/kg de massa seca de sorgo, considerando umidade da massa colhida de 60 e 50%, respectivamente, resultando em uma rentabilidade da cultura bastante elevada, frente aos valores atualmente pagos pelo MWh.

Assim, a tecnologia de cultivo de sorgo biomassa, seja em área de reforma de canaviais, ou em áreas comumente utilizadas para o cultivo de grãos, é uma tecnologia viável e importante para elevar a capacidade de geração de energia do país, a partir da queima de biomassas.

Referências

- CABRAL, P. H. R.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S.; ARAÚJO, V.T. de; PEDRINI, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 3, p. 308-314, 2013.
- CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O de F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Cana-de-açúcar e álcool combustível: histórico, sustentabilidade e segurança energética. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 530-543, 2013.
- CASTRO, F. M. R. **Potencial agrônomo e energético de híbridos de sorgo biomassa**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- DAMASCENO, C. M. B.; PARRELLA, R. A. da C.; SOUZA, V. F. de; SIMEONE, M. L. F.; SCHAFFERT, R. E. **Análise morfoagronômica e bioquímica de um painel de sorgo energia para características relacionadas à qualidade da biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 190).

MOURA, L. M.; OLIVEIRA, L. C. M.; SILVA, K. J. da; DUARTE, D. D.; SILVA, R. A. da; PARRELLA, R. A. da C.; OLIVEIRA, N. A. de; DURÃES, N. N. L. Caracterização de híbridos de sorgo biomassa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8., 2015, Goiânia. **O melhoramento de plantas, o futuro da agricultura e a soberania nacional: anais**. Goiânia: UFG: SBMP, 2015.

PARRELLA, R. A. da 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).

PARRELLA, R. A. da C.; MENEZES, C. B. de; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Cultivares. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014. cap. 7, p. 169-187.

QUINBY, J. R.; SCHERTZ, K. F. Sorghum genetics, breeding, and hybrid seed production. In: WALL, J. S.; ROSS, W. M. (Ed.). **Sorghum production and utilization**. Westport: AVI Publishing Company, 1970. p. 73-117.

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.

ROONEY, W. L. Genetics and cytogenetics. In: SMITH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. **Sorghum: origin, history, technology, and production**. New York: John Wiley, 2000. p. 261-307.

UNITED NATIONS FOUNDATION. **Energy access practitioner network: towards achieving universal energy access by 2030**. Washington, 2012. 60 p. Disponível em: <<http://www.se4all.org/wp-content/uploads/2013/09/FINAL-ESG-ALL.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2015.

Circular Técnica, 211

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
www.embrapa.br/fale-conosco
1ª edição
Versão Eletrônica (2015)

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau.
Membros: Antonio Cláudio da Silva Barros,
Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia
Ferreira Simeone, Monica Matoso Campanha,
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda
de Castro.

Expediente

Revisão de texto: Antonio Cláudio da Silva Barros.
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de
Castro.
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa.
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa.