

## Perfil de açúcares do caldo de diferentes genótipos de sorgo sacarino<sup>1</sup>

Nathally S. Garcia<sup>2</sup>, Maria Lúcia Ferreira Simeone<sup>3</sup>, Cristiane de Carvalho Guimarães<sup>4</sup>, Rafael Augusto da Costa Parrella<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo CNPq

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos da Univ. Fed. de São João del-Rei, Bolsista PIBIC do Convênio CNPq/Embrapa

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo

<sup>4</sup> Analista da Embrapa Milho e Sorgo

### Introdução

A energia renovável possui uma crescente demanda mundial. Segundo uma pesquisa realizada pela empresa British Petroleum, esta modalidade de energia cresceu cerca de 17% acima da média de 10 anos em 2018 (BP Brasil, 2019).

Visando impulsionar ainda mais a transição para uma economia de baixo carbono, as empresas vêm trabalhando para tentar diminuir a quantidade de emissões de gases que colaboram para as mudanças climáticas (Manson et al., 2015). Dentro deste contexto, algumas culturas dentre elas o sorgo sacarino (Whitfield et al., 2012), são estimuladas como alternativas ambientalmente mais sustentáveis ao uso intensivo de combustíveis de origem fóssil.

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é originário da África e é o quinto cereal mais produzido no mundo, perdendo apenas para o trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*) e cevada (*Hordeum vulgare*). Esta cultura tem inúmeras vantagens, incluindo sua notável tolerância ao estresse hídrico e a alta eficiência fotossintética, além de ser amplamente cultivada em áreas áridas e semiáridas.

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é um tipo de sorgo encontrado em diversas regiões geográficas, e é considerado uma cultura bioenergética, ideal para a produção de etanol de primeira e segunda geração. Esta variedade de sorgo tem alto potencial de rendimento de biomassa e pode ser cultivada em terras que não são adequadas para a produção de alimentos ou rações (Anami et al., 2015). Além disso, o sorgo sacarino possui colmos com grande quantidade de caldo contendo açúcares fermentescíveis, tem uma cultura mecanizada e um rápido ciclo de cultivo (120 a 150 dias, May et al., 2012), características que fazem com que ele possa ser utilizado de forma alternativa na entressafra da cana-de-açúcar (Durães, 2011).

A concentração de açúcares nos colmos de sorgo sacarino inicia-se ainda na fase reprodutiva e principalmente na maturidade fisiológica dos grãos (Souza et al., 2016). Conhecer o perfil dos açúcares presentes no sorgo, de forma a determinar qual a melhor época de colheita (Bolonhezi et al., 2012) é de grande importância para a determinação do potencial de uso de cada cultivar.

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o perfil de açúcares do caldo de 10 genótipos de sorgo sacarino ao longo de cinco épocas após o florescimento e identificar o melhor estágio de colheita.

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas-MG em condições de campo, no ano agrícola de 2018/2019 empregando-se 10 diferentes cultivares experimentais de sorgo sacarino (201838B001 a 201838B010) do Programa de Melhoramento, os quais foram identificados como genótipos de 01 a 10.

Para a condução do experimento de campo foram mantidas práticas culturais convencionais, de acordo com May et al. (2014).

O caldo de sorgo foi obtido a partir de 6 colmos de cada genótipo em diferentes épocas (níveis de maturação) após o florescimento (épocas 1 (100), 2 (110), 3 (120), 4 (130) e 5 (140) dias). Os colmos tiveram a panícula retirada e foram triturados em picador de forragem (IRBI, Araçatuba-SP, Brasil). Desse material triturado, 500 g foram levados à prensa hidráulica (Hidraseme, Ribeirão Preto-SP, Brasil) por 1 minuto com pressão mínima e constante de 250 kgf.cm<sup>2</sup>. Do caldo extraído de cada amostra, retirou-se uma alíquota para a leitura do °Brix em refratômetro digital (Atago, USA) e 50 mL, foram armazenadas em frasco de polietileno e congeladas a -4 °C para posterior análise do perfil de açúcares.

Para a realização da análise do perfil de açúcares as amostras de caldo de sorgo foram descongeladas em temperatura ambiente, sendo 1 mL de cada amostra diluídos 15 vezes com água deionizada. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas em vortex e centrifugadas a 3.500 rpm por 10 minutos. Na sequência as amostras foram filtradas em membranas PVDF de 0,22 µm e analisados em um cromatógrafo líquido de alta eficiência – CLAE (Waters 2695 Alliance, Milford MA, USA) utilizando uma coluna Phenomenex (RCM-Ca). A fase móvel utilizada foi água ultrapura com fluxo 0,6 mL.min<sup>-1</sup> e temperatura da coluna igual a 65 °C. O detector utilizado foi índice de refração (Milford MA, USA) a 45 °C. Para a construção da curva analítica foram utilizados reagentes (sacarose, glicose e frutose) da marca Sigma com grau de pureza de 99,5% (m/m), com faixas de seis pontos variando de 0,5 a 3,0 mg.mL<sup>-1</sup> para a glicose, de 0,2 a 12 mg.mL<sup>-1</sup> para a frutose e de 2 a 12 mg.mL<sup>-1</sup> para a sacarose. A detecção dos açúcares sacarose, glicose e frutose nas amostras de caldo de sorgo foram realizadas pela comparação com o tempo de retenção de cada padrão, sendo 9,71, 11,55 e 14,70 minutos, respectivamente. As características analisadas foram açúcares redutores (AR), açúcares redutores totais (ART), pureza e rendimento teórico de etanol conforme CONSECANA (Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, 2006). Na comparação entre médias de tratamento foi utilizado o teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância de erro. As análises foram realizadas utilizando software SISVAR (Ferreira, 2014).

## Resultados e Discussão

Após a realização das análises dos caldos de sorgo sacarino por HPLC, pode-se observar na Figura 1 que os genótipos avaliados apresentaram teores de açúcares redutores (AR), que representa a soma dos teores de glicose e frutose, variando entre 9,34 a 29,34 mg.mL<sup>-1</sup>. Lingle et al. (2012) encontraram resultados entre 16 a 41 mg.mL<sup>-1</sup> para AR no caldo de sorgo sacarino. Contudo, relataram que durante o processo de maturação fisiológica os açúcares redutores diminuem e o teor de sacarose aumenta nos colmos. Essa tendência também foi observada nos genótipos avaliados neste trabalho.

A Figura 1 apresenta também o perfil de açúcares redutores totais (ART) presentes no caldo de cada genótipo de sorgo sacarino avaliado em diferentes épocas e, que representa o resultado da soma de sacarose convertida em AR (sacarose/0,95), glicose e frutose. Podemos observar que os seis primeiros genótipos apresentaram os melhores resultados, uma vez que os teores de ART variaram de 118,6 a 158,2 mg.mL<sup>-1</sup>, com um destaque especial para o genótipo 02 que teve o maior valor especificado. Desta forma, é possível observar que a época 3 (120 dias) caracteriza-se como a melhor época de colheita dentre as estudadas para os genótipos 01 a 06. Os genótipos 07 a 10 foram mais tardios, visto que as condições ambientais e o material genético são fatores que influenciam diretamente no tempo de maturação ideal de cada genótipo e precisariam ser avaliados por mais algumas semanas. O teor de ART dos caldos nas épocas seguintes decaiu, dado este que se assemelha aos relatados por Fernandes et al. (2014). O caldo extraído do sorgo sacarino deve apresentar um teor de açúcares redutores totais em torno de 12,5%, para uma boa fermentação e qualidade máxima na produção de etanol (Prasad et al., 2007).

A pureza (Figura 2), por sua vez expressa a quantidade de sacarose que está contida nos teores de sólidos solúveis totais (°Brix), logo pode-se observar que os genótipos 07, 08, 09 e 10 apresentam um aumento da pureza com o passar das três primeiras semanas, ficando a partir dessa época um valor constante e próximo de 60%. Por outro lado, os outros genótipos avaliados apresentaram na época 3 uma pureza próxima de 76%, com destaque também para o genótipo 02, que obteve o maior resultado (87,47%), o que é altamente desejável, visto que quanto maior a pureza, menor é a quantidade de impurezas no caldo, e, portanto, resultará em um produto de maior valor econômico (Assis et al., 2004).

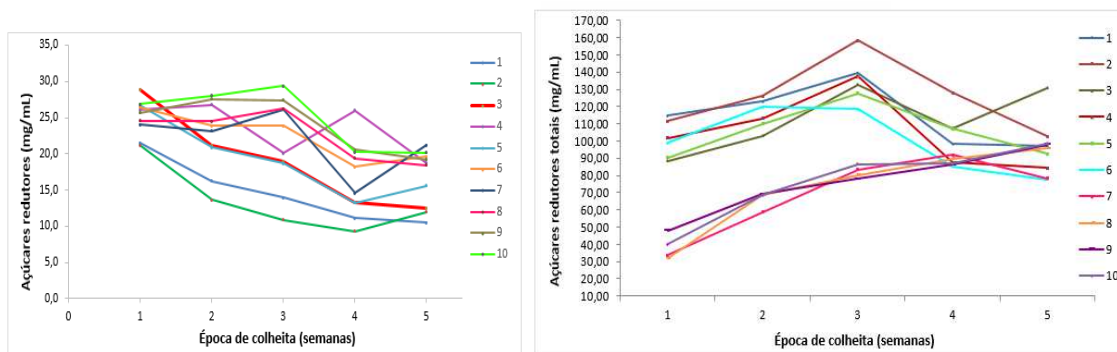


Figura 1. Perfil de açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART) presentes no caldo de sorgo sacarino em diferentes épocas.

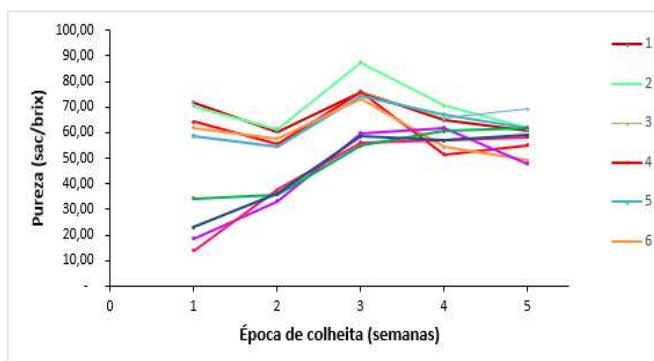


Figura 2. Perfil de pureza do caldo de sorgo em diferentes épocas.

O rendimento teórico de etanol é proporcional ao teor de açúcar no caldo e quando avaliamos o teor médio de etanol produzido por cada genótipo podemos observar na Figura 3 que os genótipos de 01 a 06 apresentaram os maiores rendimentos de etanol e não apresentaram diferença significativa entre eles. Por outro lado, os genótipos 07 a 10 apresentaram um rendimento de etanol significativamente menor quando comparados aos genótipos 01 a 06.

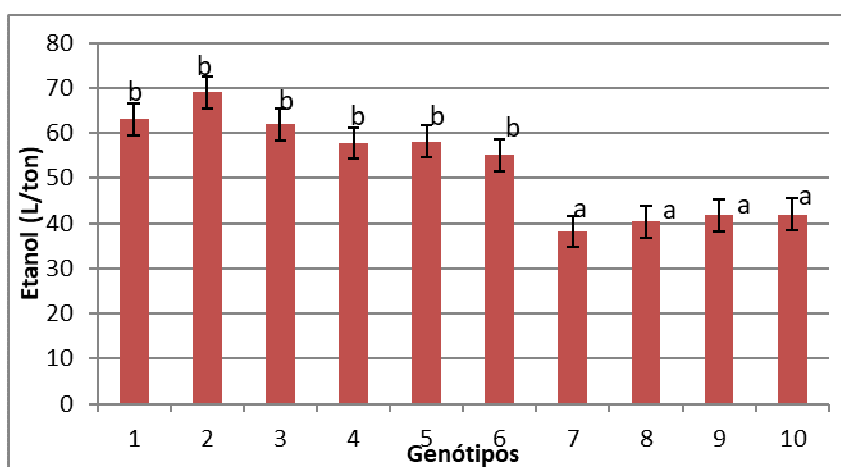


Figura 3. Valores médios do rendimento teórico de etanol para diferentes genótipos de sorgo sacarino. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste “Scott Knott”, em nível de 5% de probabilidade.

O rendimento de etanol encontrado para os genótipos avaliados no presente trabalho está de acordo com outros trabalhos descritos na literatura (Câmara et al., 2018), entretanto abre novas oportunidades para a utilização do potencial dessa cultura na obtenção de etanol, uma vez que a produtividade desses materiais pode alcançar rendimentos acima de 100 t. ha<sup>-1</sup> de matéria verde (Schaffert; Parrella, 2018), podendo, dessa forma, o genótipo 02 atingir 6.890 L.ha<sup>-1</sup>.

## Conclusão

Esses resultados demonstram o potencial de diferentes genótipos de sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de etanol e reforçam a necessidade do conhecimento do perfil de açúcares presentes no caldo de sorgo para o estabelecimento de procedimentos adequados ao processamento do sorgo sacarino.

## Referências

ANAMI, S. E.; ZHANG, L. M.; XIA, Y.; ZHANG, Y. M.; LIU, Z. Q.; JING, H. C. Sweet sorghum ideotypes: genetic improvement of the biofuel syndrome. **Food and Energy Security**, v. 4, n. 3, p. 159-177, 2015.

ASSIS, P. C. de O.; LACERDA, R. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. de A. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4. n. 2, p 1-12, 2004.

BOLONHEZI, D.; RODA JÚNIOR, G. B.; CAMILO, E. H.; GENTILIN JÚNIOR, O.; GARCIA, J. C. Análise de crescimento e curva de maturação de dois cultivares de sorgo sacarino. In: WORKSHOP AGROENERGIA, 6., 2012, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Ribeirão Preto: APTA; Campinas: IAC, 2012. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Agroenergia/CD\\_2012/resumos/ResumoAgroenergia\\_2012\\_066.pdf](http://www.infobibos.com/Agroenergia/CD_2012/resumos/ResumoAgroenergia_2012_066.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2019.

BP BRASIL. **Análise estatística da BP sobre a energia mundial 2018**: dois passos para frente, um passo para trás. Disponível em: <[https://www.bp.com/pt\\_br/brazil/home/noticias/press-releases/analise-estatistica-da-bp-sobre-a-energia-mundial-2018.html](https://www.bp.com/pt_br/brazil/home/noticias/press-releases/analise-estatistica-da-bp-sobre-a-energia-mundial-2018.html) l>. Acesso em: 12 jun. 2019.

CÂMARA, T. M. M.; PARRELLA, R. A. da C.; SILVA, H. de E. da. Qualidade industrial e rendimento de etanol de genótipos de sorgo sacarino em plant a e rebrota. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 216-228, 2018.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Açúcar e álcool do Estado de São Paulo**: manual de instruções. 5. ed. Piracicaba, 2006. 54 p.

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia - desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em Revista**, v. 2, n. 3, p. 7-51, 2011.

FERNANDES, G.; BRAGA, T. G.; FISCHER, J.; PARRELLA, R. A. C.; RESENDE, M. M. de; CARDOSO, V. L. Evaluation of potential ethanol production and nutrients for four varieties of sweet sorghum during maturation. **Renewable Energy**, v. 71, p. 518-524, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

LINGLE, S. E.; TEW, T. L.; RUKAVINA, H.; BOYKIN, D. L. Post-harvest changes in sweet sorghum I: brix and sugars. **BioEnergy Research**, v. 5, n. 1, p. 158-167, 2012.

MASSON, I. dos S.; COSTA, G. H. G.; ROVIERO, J. P.; FREITA, L. de A.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Produção de bioetanol a partir da fermentação de caldo de sorgo sacarino e cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p. 1695-1700, 2015.

MAY, A.; CAMPANHA, M. M.; SILVA, A. F. da; FREITAS, R. S. de; ALBUQUERQUE, C. J. B. Arranjo de plantas no plantio. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. p. 119-143.

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. In: SORGHUM IN THE 21st CENTURY, Cape Town, 2018. **Food, feed and fuel in a rapidly changing world: abstracts**. Cape Town: [s.n], 2018.

SOUZA, R. S. e; PARRELLA, R. A. da C.; SOUZA, V. F. de; PARRELLA, N. N. L. D. Maturation curves of sweet sorghum genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 46-56, 2016.

PRASAD, S.; SINGH, A.; JOSHI, H. C. Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. **Resources Conservation and Recycling**, v. 50, n. 1, p. 1-39, 2007.

WHITFIELD, M. B.; CHINN M. S.; VIAL, M. W. Review processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 362-375, 2012.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem à Finep (projeto n.01.13.0295-02) e ao BNDES (projeto n. 17.2.046.1).