

## CARACTERIZAÇÃO DOS AÇÚCARES EM DIFERENTES PARTES DOS COLMOS DO SORGO SACARINO

Gislaine Fernandes<sup>1</sup>, Rafael Augusto da Costa Parrella<sup>2</sup>, Janaína Fischer<sup>3</sup> e Vicelma Luiz Cardoso<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutora em Engenharia Química, [gislaine@iftm.edu.br](mailto:gislaine@iftm.edu.br), <sup>2</sup> Pós Doutorado em Agronomia, [parrella@cnpmc.embrapa.br](mailto:parrella@cnpmc.embrapa.br),  
<sup>3</sup> Pós Doutoranda em Engenharia Química, [janaiffischer@hotmail.com](mailto:janaiffischer@hotmail.com) <sup>4</sup> Pós Doutorado em Engenharia Química,  
[vicelma@ufu.br](mailto:vicelma@ufu.br).

Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2121 - Campus Santa Mônica - CX 593 - Uberlândia - MG - CEP 38408-100,  
[www.ufu.br](http://www.ufu.br), E-mail: [gislaine@iftm.edu.br](mailto:gislaine@iftm.edu.br), 34 3239-4411 / 3218-2111

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba, Rua João Batista Ribeiro nº 400, Bairro: Distrito Industrial II, CEP: 38.064-790  
Uberaba-MG, [www.iftm.edu.br](http://www.iftm.edu.br), E-mail: [gislaine@iftm.edu.br](mailto:gislaine@iftm.edu.br), 34 3219-6000

### RESUMO

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem sido motivo de investigação como fonte complementar de matéria-prima para a produção de etanol em microdestilaria. Planta semelhante ao milho e à cana-de-açúcar, apresenta uma série de vantagens que elegem o sorgo como de grande potencial energético, a saber: os seus colmos podem ser processados na mesma instalação destinada à produção de etanol de cana-de-açúcar, apresenta um ciclo fotossintético extremamente eficiente com inúmeras vantagens com relação a outras plantas sendo capaz de produzir elevado teor de açúcares fermentáveis com alto rendimento de biomassa e um alto valor nutricional em seu bagaço para ruminantes, além de possui potencial de adaptação a regiões mais secas com capacidade de resistir a prolongados períodos de seca e se recuperar após receber umidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de glicose, frutose, sacarose no caldo do sorgo sacarino extraído da base, meio e ápice dos colmos do sorgo sacarino BRS 506, BRS 508, BRS 509, BRS 511 desenvolvidos pela Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas. Pode-se observar após as análises que em todas as cultivares a maior quantidade de açúcares está concentrada na base dos colmos. Em sequência, em ordem crescente de concentração está o meio e o ápice dos colmos.

**Palavras Chave:** Sorgo sacarino, Sacarose, Glicose, Frutose, biocombustíveis, etanol.

### ABSTRACT

The sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) has been the subject of research as a complementary source of feedstock for ethanol production in distillery. Similar to corn and cane sugar plant has a number of advantages that elect sorghum as a large energy potential, namely: its stalks can be processed in the same facility for the production of ethanol from sugar cane, presents an extremely efficient photosynthetic cycle with numerous advantages over other plants being able to produce high levels of fermentable sugars with high biomass yield and a high nutritional value in their bagasse for ruminants, in addition to having the potential to adapt to drier regions with ability to withstand prolonged periods of drought and recover after receiving moisture. The aim of this study was to evaluate the levels of glucose, fructose, sucrose in juice extracted from sweet sorghum base, middle and apex of the stems of sweet sorghum BRS 506, BRS 508, BRS 509, BRS 511 developed by Embrapa Maize and Sorghum in Sete ponds. It can be observed that after analyses in all cultivars larger amount of sugar is concentrated at the base of the stalks. In sequence, in ascending order of concentration is the middle and the apex of the stems.

**Keywords:** Sweet sorghum, Sucrose, Glucose, Fructose, biofuel, ethanol.

## INTRODUCAO

Nos últimos anos, com a aceleração da demanda por combustíveis fósseis, principalmente com relação aos surtos de crescimento da Índia e da China, incertezas a respeito da disponibilidade futura de recursos não renováveis e tensões geopolíticas em regiões produtoras de petróleo, têm despertado grande interesse no mundo pelos biocombustíveis, pois estes são os mais viáveis substitutos para o petróleo, em escala significativa.

As alterações climáticas constituem um dos maiores desafios com que a humanidade terá de se defrontar nos próximos anos, e juntamente com esta preocupação surge a necessidade de se alterar drasticamente a matriz energética mundial, reduzindo o consumo das energias fósseis, buscando a cada dia alternativas para se obter um combustível renovável, acessível, disponível, seguro e eficaz. Estes são desafios que a humanidade deve enfrentar. Entre 2013 e 2022, a oferta dos principais produtores globais de biocombustível (EUA, Brasil, União Europeia, Argentina, Canadá, China e Indonésia) deverá subir em cerca de 30% no caso do biodiesel e em 40% para o etanol. No Brasil, a projeção é de que a produção de etanol cresça 90%, especialmente para suprir à crescente demanda interna por combustíveis com maior mistura de etanol a gasolina. Enquanto isso, a União Européia continuará como a maior consumidora e importadora de biocombustíveis (FERNANDES, 2014).

Referência internacional na geração e na utilização de fontes renováveis de energia, o Brasil reencontra-se em uma grande oportunidade de desenvolvimento econômico e social, por meio dos biocombustíveis, pois possui abundante biodiversidade e grandes extensões de terras agricultáveis e com clima propício (CERQUEIRA, 2013). O Brasil é atualmente o país líder na utilização de energia renovável em sua matriz energética (44,7%), sendo 15,7% proveniente da biomassa da cana, contra 13,3% da média mundial, produzindo na safra de 2013/14, 25,04 bilhões de litros de álcool combustível, sendo o estado de São Paulo o principal produtor de etanol produzido no país, seguidos pelo estado de Goiás (UNICA, 2014).

O Brasil apresenta uma série de vantagens que o qualificam a liderar a agricultura de energia e o mercado da bioenergia – o biomercado – em escala mundial. A primeira é a possibilidade de dedicar novas terras à agricultura de energia, sem necessidade de reduzir a área utilizada na agricultura de alimentos, e com impactos ambientais circunscritos ao socialmente aceito. Além disso, em muitas áreas do País, é possível fazer múltiplos cultivos sem irrigação, em um ano. Com irrigação, essa possibilidade amplia-se muito. Por situar-se, predominantemente, nas faixas tropicais e subtropicais, o Brasil recebe durante todo o ano intensa radiação solar, que é base da produção de bioenergia. Além disso, o País tem ampla diversidade de clima e exuberância de biodiversidade, além de possuir um quarto das reservas de água doce (LORA e ANDRADE, 2009).

O Brasil reúne vantagens comparativas em relação a outros países, podendo se tornar um relevante produtor de biocombustíveis. No entanto, ainda apresenta problemas para suprimento de sua demanda interna, cuja proposta para solução desse impasse, entre outras, é a pesquisa e o desenvolvimento de novas matérias primas, para diversificação e ampliação da matriz energética renovável. O etanol da cana-de-açúcar representa um caso de sucesso tecnológico para o país, sendo a cana-de-açúcar considerada nacionalmente como a principal cultura para produção deste biocombustível. A indústria da cana mantém o maior sistema de energia comercial de biomassa no mundo, por meio da produção de etanol e do uso do bagaço e da palha para geração de eletricidade (SCHULZ, 2010; WU et al., 2011).

E entre as diversas matérias-primas renováveis que estão sendo avaliadas atualmente para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo sacarino, pois o caldo extraído de seus colmos é composto por sacarose, glicose, frutose e pode, portanto, ser facilmente fermentado para produção de etanol. Outra vantagem é o fato de que o processo agroindustrial de produção de etanol do sorgo sacarino pode estar associado ao setor sucroalcooleiro e em regiões em que a cana tem boa adaptação, seria uma cultura complementar na entressafra, estendendo o período de colheita por mais dois meses, evitando a ociosidade das destilarias, pois utiliza os mesmos equipamentos, da moagem à destilação. Essa flexibilidade é resultado, em parte, de o sorgo ser uma planta de características naturais fortes e de rápido crescimento, atingindo maturidade entre 90 e 140 dias. Além disso, pode ser também um processo empregado em micro e mini destilarias produtoras de etanol ou aguardente baseadas, por exemplo, no cooperativismo ou associativismo de agricultores (SIPOS et al., 2009).

O sorgo tem maior tolerância ao déficit de água e ao excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais, podendo assim, ser cultivado em ampla faixa de condições de solo. A resistência à seca é uma característica complexa, pois envolve simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. Existem três mecanismos relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. O sorgo apresenta duas características: escape e tolerância. O escape por meio de um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. As raízes possuem sílica na endoderme, grande quantidade de pêlos absorventes, altos índices de lignificação de periciclo (PRASAD, et al., 2007). Segundo Magalhães e Durães (2003), o crescimento das raízes de sorgo está relacionado com a temperatura e é limitado pela falta de umidade no solo e disponibilidade de fotoassimilados oriundos das folhas e podem ser encontradas na planta de sorgo raízes

primárias ou seminais, secundárias e adventícias. Essa importante parte da planta pode chegar a até 1,5 m de profundidade (sendo 80% até 30 cm de profundidade no solo), em extensão lateral alcança 2,0 m.

Já a tolerância está relacionada ao nível bioquímico, em que a planta paralisa o crescimento ou diminui as atividades metabólicas durante o estresse hídrico, (MASOJIDEK et al., 1991). Essa paralisação no crescimento faz com que as plantas acumulem fotoassimilados antes da ocorrência do estresse hídrico os quais podem induzir a um nível mais acelerado de crescimento após o término do estresse (DONATÉLLI, HAMMER e VANDERLIP, 1992). O acúmulo de água em maior quantidade nas raízes, colmos e bainhas do que nas folhas, juntamente com uma camada espessa de cera que recobre a epiderme das folhas (cutina), colaboram para uma menor taxa de transpiração e desidratação e maior tolerância ao estresse hídrico, e são estas características morfofisiológicas do sistema radicular que as tornam plantas extremamente tolerantes ao estresse hídrico e a salinidade fazendo que elas sejam mais resistentes à seca do que as demais culturas (VIEIRA, 2006).

Outras características importantes do sorgo sacarino são seus coprodutos gerados. A produção de grãos e o próprio bagaço apresentam qualidades interessantes para alimentação animal, podendo viabilizar projetos de produção diversificada. Vale salientar que seus grãos também podem ser utilizados para a produção de etanol, utilizando hidrólise enzimática, e a biomassa excedente gerada pode ser empregada tanto na cogeração de energia, como na denominada segunda geração de biocombustíveis.

Os fatores que interferem na produção e qualidade do sorgo sacarino, estão sendo constantemente estudados sob diferentes aspectos. Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e cultivar para os específicos ambientes (solo e clima). Assim é possível explorar ao máximo o local de produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade ou competitividade para as culturas do sorgo sacarino.

Desta forma o objetivo do presente ensaio foi avaliar os teores de glicose, frutose, sacarose no caldo do sorgo sacarino extraído da base, meio e ápice dos colmos do sorgo sacarino BRS 506, BRS 508, BRS 509, BRS 511 desenvolvidas pela Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Como matéria-prima para o presente trabalho, foi utilizada as cultivares de sorgo sacarino BR 506, BR 508, BR 509, BR 511 desenvolvidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, da Embrapa Milho e Sorgo, situada em Sete Lagoas - Brasil. As cultivares foram semeadas em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura arenosa, em uma área de propriedade do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais em janeiro de 2012. O plantio foi constituído por fileiras de 5m, com espaçamento de 0,70m e conservando-se após desbaste 10 plantas por metro linear de sulco. Foi aplicado 300kg.ha<sup>-1</sup> do formulado 04-14-08 no plantio e 200 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia. Os demais tratos culturais foram semelhantes aos adotados na cultura para a região.

A colheita das parcelas de sorgo sacarino foram realizadas com 120 dias após o plantio, ou seja, após os genótipos atingirem a maturidade fisiológica dos grãos. Foram removidas as panículas e folhas das plantas de sorgo sacarino de cada cultivar em estudo e em seguida foram divididas em 3 partes: base, meio e ápice (Figura 1).

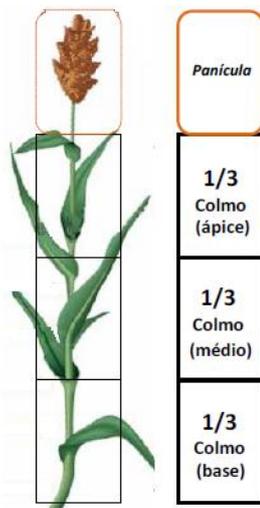


Figura 1 - Divisão da planta de sorgo sacarino em base, meio e ápice para caracterização dos açúcares

Para a obtenção do caldo para as análises, os colmos do sorgo sacarino de cada cultivar sem folha e sem panícula foram submetidos a um processo de extração utilizando um sistema de moenda simples que remove o caldo por pressão.

Foram feitas as determinações químicas de glicose, frutose e sacarose por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). A cromatografia líquida é uma técnica de separação física conduzida por uma fase líquida. A amostra é separada em seus componentes constituintes (ou analíticos), distribuindo-se entre a fase móvel (líquido que flui) e uma fase estacionária (absorventes embalados dentro de uma coluna).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição de açúcares apresentadas em cada uma das partes do colmo do sorgo sacarino de cada uma das cultivares são apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4. De acordo com os resultados, pode-se observar que em todas as cultivares a maior quantidade de açúcares está concentrada na base dos colmos. Em sequência, em ordem crescente de concentração está o meio e o ápice dos colmos. Diante dos resultados apresentados por Qudsiehet al., (2011) a cana-de-açúcar também apresenta maiores concentrações de açúcar na base de seus colmos.

Tabela 1 - Composição de açúcares nas 3 partes do colmo da cultivar BRS 506

	Base	Meio	Ápice
<b>Sacarose (g/L)</b>	56,04 ± 0,49	53,16 ± 1,13	48,81 ± 0,35
<b>Glicose (g/L)</b>	44,71 ± 1,63	34,67 ± 1,44	31,08 ± 2,10
<b>Frutose (g/L)</b>	15,62 ± 1,33	12,98 ± 0,83	11,77 ± 1,15
<b>Açúcar Total (g/L)</b>	116,37 ± 2,46	100,81 ± 1,14	91,65 ± 3,59

Tabela 2 - Composição de açúcares nas 3 partes do colmo da cultivar BRS 508

	Base	Meio	Ápice
<b>Sacarose (g/L)</b>	78,77 ± 0,41	70,86 ± 0,25	57,01 ± 0,28
<b>Glicose (g/L)</b>	48,59 ± 0,61	41,57 ± 0,55	47,71 ± 0,44
<b>Frutose (g/L)</b>	24,29 ± 0,99	17,91 ± 0,43	18,65 ± 0,13
<b>Açúcar Total (g/L)</b>	151,65 ± 0,03	130,34 ± 0,73	123,38 ± 0,59

Tabela 3 - Composição de açúcares nas 3 partes do colmo da cultivar BRS 509

	Base	Meio	Ápice
<b>Sacarose (g/L)</b>	68,14 ± 1,17	67,30 ± 1,72	54,97 ± 0,19
<b>Glicose (g/L)</b>	41,19 ± 1,31	38,81 ± 0,85	37,88 ± 0,55
<b>Frutose (g/L)</b>	20,96 ± 1,06	17,35 ± 1,87	17,82 ± 1,63
<b>Açúcar Total (g/L)</b>	130,30 ± 1,42	123,46 ± 2,74	110,67 ± 1,27

Tabela 4 - Composição de açúcares nas 3 partes do colmo da cultivar BRS 511

	Base	Meio	Ápice
<b>Sacarose (g/L)</b>	78,15 ± 0,57	56,145 ± 0,77	55,32 ± 0,53
<b>Glicose (g/L)</b>	47,335 ± 1,44	36,06 ± 1,44	36,92 ± 0,91
<b>Frutose (g/L)</b>	21,4 ± 0,07	13,955 ± 0,035	13,71 ± 1,63
<b>Açúcar Total (g/L)</b>	146,885 ± 0,94	106,16 ± 1,51	105,96 ± 0,21

Também podemos observar que a cultivar de sorgo sacarino BRS 508 apresentou maiores concentrações de açúcares totais em todas as partes dos colmos do sorgo sacarino do que as demais cultivares. Menores concentrações dos açúcares totais em todas as partes dos colmos do sorgo sacarino foi apresentada pela cultivar BRS 506. Menores concentrações de açúcares totais foram encontradas no ápice dos colmos de sorgo sacarino de todas as cultivares analisadas neste trabalho.

## CONCLUSÃO

Maiores teores de açúcares foram encontrados na base dos colmos do sorgo sacarino para todas as cultivares em relação as demais partes de seus colmos, sendo que a cultivar BRS 508 foi a que apresentou maiores teores de açúcares totais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CNPq, CAPES e IFTM - Campus Ituiutaba e Uberaba pelo apoio financeiro. A Embrapa Milho e Sorgo pela doação das sementes.

## REFERÊNCIAS

- CERQUEIRA, D. P. 2013; **Fermentação alcoólica de mosto com alta concentração de açúcar. 66 f.** Dissertação ( Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- DONATÉLLI, M.; HAMMER, G. L.; VANDERLIP, R. L. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. **Crop Science**, v.32, n.3, p.781-786, 1992.
- FERNANDES, G. **Avaliação e caracterização agroindustrial do sorgo sacarino visando a produção de etanol.** 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.
- LORA, E.S.; ANDRADE, R.V. Biomass as energy source in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, p.777-788, 2009.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Ecofisiologia da Produção de Sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 4p. (Comunicado Técnico, 87), 2003.
- MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, v.96, n.1, p.198-207, 1991.
- PRASAD, S.; SINGH, A.; JAIN N.; JOSHI, H. C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy and Fuels**, v. 21, p. 2415-2420, 2007.
- QUDSIEH, H. Y. M.; YUSOF, S.; OSMAN, A.; RAHMAN, R. A. Physico-chemical changes in sugarcane (*Saccharum officinarum* var yellow cane) and the extracted juice at different portions of the stem during development and maturation. **Food Chemistry**, v.75, p. 131-137, 2011.
- SCHULZ, M. A. **Produção de bioetanol a partir de rejeitos da bananicultura: polpa e cascas de banana.** 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Programa de Mestrado em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville, Joinville, 2010.
- SIPOS, B.; RECZEY, J.; SOMORAI, Z.; KADAR, Z.; DIENES, D.; RECZEY, K.; Sweet sorghum as feedstock for ethanol production: enzymatic hydrolysis of steam pretreated bagasse. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 153, p. 151-162, 2009.

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

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. Indústria **brasileira de cana-de-açúcar: uma trajetória de evolução**. Disponível em <<http://www.unica.com.br/linhadotempo/linhadotempo.html>>. Acesso em 01/03/2014.

VIEIRA M. R. **Produtividade, análises químico-bromatológicas e nutrição mineral de plantas de sorgo forrageiro irrigadas com águas salinas**. 97f. Dissertação (mestrado em Irrigação e Drenagem. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

WU, L.; LI, Y.; ARAKANE, M.; IKE, M.; WADA, M.; TERAJIMA, Y.; ISHIKAWA, S.; TOKUYASU, K. Efficient conversion of sugarcane stalks into ethanol employing low temperature alkali pretreatment method. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 11183–11188, 2011.