

Distribuição e Acumulação de Açúcares nos Entrenós de Dois Genótipos de Sorgo Sacarino Sensíveis ao Fotoperiodismo

Fernando Moreira Sena¹, Samuel Moreira Moura¹, Crislene Vieira Dos Santos¹, Alice Lagoeiro de Abreu¹, Luiz Carlos de Andrade¹, Alexandre Gonçalves Ferreira¹, Vander Fillipe de Souza², Rafael Augusto da Costa Parrella³, Cícero Beserra de Menezes³, Robert Eugene Schaffert³.

Resumo

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea que produz açúcares em seu colmo suculento, e tem sido crescentemente utilizado para suprir o déficit de produção de etanol e a ociosidade das indústrias nas entressafras da cana-de-açúcar, que é tradicionalmente empregada na produção de etanol. O objetivo deste experimento foi verificar a distribuição e acumulação de açúcares nos entrenós e nas épocas de colheita de dois genótipos de sorgo sacarino (MN1500 e IS26833) relatados como sensíveis ao fotoperiodismo. Estes dois genótipos não comerciais do banco ativo de germoplasma da Embapa Milho e Sorgo foram plantados em Sete Lagoas – MG, na safra agrícola 2012/13 no dia 26/10/12. As características avaliadas foram: °Brix, Extração do Caldo, Açúcares redutores totais, Açúcar extraído e Etanol. O florescimento dos genótipos IS26833 e MN1500 ocorreu, respectivamente aos 102 e 100 dias após semeadura. Para comparação de florescimento, as cultivares comerciais BRS 509 e BRS 511 foram também plantados neste ensaio. Sendo que os mesmos floresceram aos 75 dias após semeadura, mostrando que os genótipos IS26833 e MN1500 são de ciclo mais longo, no entanto, não apresenta o comportamento padrão de materiais sensíveis ao fotoperíodo, que seria a indução floral quando o comprimento do dia é menor que 12h e 20m (21 de abril em Sete Lagoas). Com o melhoramento genético destes genótipos, as usinas terão as opções de cultivares de ciclo entre 20 e 30 dias mais longo para serem usadas, aumentando o ciclo de 120 dias para até 160 dias, isto implicará em uma maior produtividade, e também, mais opções de planejamento agroindustrial. Os dados encontrados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média de Scott-Knott (1974), utilizando-se os recursos computacionais do programa Sisvar 4.3 (Ferreira, 2003).

Introdução

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma gramínea que produz açúcares em seu colmo suculento, e tem sido crescentemente utilizado para suprir o déficit de produção de etanol e a ociosidade das indústrias nas entressafras da cana-de-açúcar, que é tradicionalmente empregada na produção de etanol. O sorgo sacarino apresenta-se como uma ótima opção sob o ponto de vista agrônomo e industrial, pois apresenta, dentre outras, as seguintes vantagens: rapidez no ciclo, fase de maturação ocorre em quatro meses; cultura totalmente mecanizável, plantio por sementes, colheita mecânica; colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis, produção de 40 a 60 t ha⁻¹ de colmos; utilização do bagaço como fonte de energia para a industrialização, para a co-geração de eletricidade ou como forragem para alimentação de animais, contribuindo para um balanço energético favorável (May et al. 2012).

O Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) coordenou o Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino nos últimos anos em todas as regiões do Brasil. As cultivares BR 501, BR 505, BR 506 e BR 507 desenvolvidas pelo programa de Melhoramento de Sorgo do CNPMS, são insensíveis ao fotoperiodismo. O período de utilização industrial (PUI) destas cultivares está acima de 21 dias, o que é considerado como satisfatório para a cultura do sorgo sacarino (Casela et al. 1986).

Na literatura há indicações de que a distribuição do açúcar no colmo de sorgo sacarino sensível ao fotoperiodismo é similar à cana-de-açúcar, sendo que, o acúmulo de açúcar nos entrenós inicia logo após alongação do entrenó (Gutjahr et al. 2013). O objetivo deste trabalho foi verificar a distribuição e acumulação de açúcares nos entrenós e nas épocas de colheita de dois genótipos de sorgo sacarino (MN1500 e IS26833) relatados como sensíveis ao fotoperiodismo.

Material e Métodos

Foram avaliadas duas cultivares de sorgo sacarino relatados como sensíveis ao fotoperiodismo (IS26833 e MN1500) não comerciais do banco ativo de germoplasma da Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas - MG, na safra agrícola 2012/2013. O delineamento experimental foi feito em blocos

casualizados, no qual cada bloco era composto por três genótipos com três repetições, sendo estas constituídas por nove fileiras de cinco metros. O plantio foi feito no dia 26/10/12 em uma área, previamente, irrigada e sob sistema de plantio convencional mecanizado, com 8 plantas m^{-1} linear e espaçamento entre linhas de 0,7 m. Ressalta-se que todos os tratamentos culturais necessários para o desenvolvimento da cultura e condução do experimento foram aplicados, como: controle de formigas, ervas daninhas e irrigação em períodos adequados, evitando assim estresse por pragas, plantas invasoras e déficit hídrico. O florescimento dos genótipos IS26833 e MN1500 ocorreram, respectivamente, aos 102 e 100 dias após semeadura. As características avaliadas foram: °Brix, Extração do Caldo (EXT), Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcar Extraído (AE) e produção de etanol (Etanol).

O método usado para obter estas características foi: peso de 20 plantas sem folhas e sem bainha (Kg), (peso de caldo (Kg), volume de caldo (L) e °Brix (sólidos solúveis totais - %), determinados por refratômetro digital de leitura automática. A colheita foi feita em épocas diferentes: 91, 97, 111, 124 e 133 dias após semeadura (DAS) e -9, -3, 11, 24, 33 dias após florescimento (DAF) para o genótipo MN1500 e -11, -5, 9, 22, 31 dias após florescimento para o genótipo IS26833. A partir do material colhido analisou o peso de massa verde e o peso da amostragem de 20 plantas com folha, e em seguida retirou-se as folhas, juntamente com a bainha, e pesou o colmo de cada amostra. As amostras de 20 colmos foram divididas de dois em dois entrenós a partir da base para o topo da planta e enumerados de 1 até 7, sendo a posição 1 (correspondente a posição dos entrenós 1-2) da base do colmo, posição 2 (correspondente aos entrenós 3-4), posição 3 (correspondente aos entrenós 5-6), posição 4 (correspondente aos entrenós 7-8), posição 5 (correspondente aos entrenós 9-10), posição 6 (correspondente aos entrenós 11-12) e posição 7 (correspondente aos entrenós 13-14) do topo do colmo da planta. Esses grupos separados foram moídos em um desfibrador e retirados 500 gramas para extração do caldo em uma prensa hidráulica. Com o líquido extraído foi obtido o peso do caldo (kg), o volume do caldo(L) e o °Brix (sólidos solúveis totais - %). Os dados encontrados foram submetidos à análise de variância e ao teste de média de Scott-Knott (1974), utilizando-se os recursos computacionais do programa Sisvar 4.3 (Ferreira, 2003). As estimativas de Extração do Caldo (EXT), Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcar Extraído (AE) e Etanol, foram realizadas conforme Manual CONSECANA (2006).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância para todas as características avaliadas encontra-se na Tabela 1. Houve diferenças significativas para as fontes de variações Época e Entrenó para todas as características. A fonte de variação genótipos foi significativa para EXT, AE e Etanol, indicando que estas características podem variar de acordo com os genótipos utilizados. Os coeficientes de variações foram baixos para °Brix, EXT e ART, e médios para AE e Etanol, mostrando que estas duas últimas características são mais influenciadas pelo ambiente.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para as características °Brix, Extração do Caldo (EXT), Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcar Extraído (AE) e Etanol, de dois genótipos de sorgo sacarino (IS26833 e MN1500) avaliados na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG, na safra agrícola 2012/13.

FV	GL	QM				
		Brix (°)	EXT (%)	ART (Kg t ⁻¹)	AE (Kg t ⁻¹)	Etanol (L t ⁻¹)
Época (DAS ¹)	4	207,54**	707,62**	207,54**	3372,56**	1145,25**
Genótipos (G)	1	2,34 ^{NS}	3718,62**	2,34 ^{NS}	5737,70**	1948,42**
Entrenó (E)	6	6,59**	551,16**	6,59**	1187,65**	403,31**
G x E	6	1,36 ^{NS}	400,13**	1,36 ^{NS}	790,93**	268,61**
Erro	52	0,87	22,03	0,87	88,55	30,07
Média		12,66	59,86	11,16	65,13	37,95
CV (%)		7,40	7,84	8,40	14,45	14,45

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F. ^{NS} não significativo

¹ DAS – Dias após semeadura.

O florescimento dos genótipos IS26833 e MN1500 ocorreu, respectivamente aos 102 e 100 dias após sementeira. As cultivares comerciais BRS 509 e BRS 511, também foram plantados neste ensaio e floresceram aos 75 dias após sementeira. Isto mostra que os genótipos IS26833 e MN1500 são de ciclo mais longo, no entanto não apresenta o comportamento padrão de materiais sensíveis ao fotoperíodo, que seria a indução floral quando o comprimento do dia é menor que 12h e 20min (21 de abril em Sete Lagoas). Na Tabela 2 encontram-se as médias das características em cada época de colheita. Pode-se observar que o rendimento de todas as características foi maior após o florescimento das plantas, que se deu 100 dias após a sementeira (DAS), exceto para EXT que reduz após o florescimento. Um ART mínimo de 12,5% é desejável porque a levedura pode converter completamente este nível de açúcar em etanol dentro de 6 a 10 horas. Concentrações de ART menores que 12,5% resultarão em uma baixa eficiência de utilização dos tanques de fermentação, aumentando assim os custos industriais. Com a experiência, verifica-se que a extração de 80 kg de açúcar por tonelada de colmos (com base em prensa hidráulica padrão) produzirá 2.200 a 2.500 litros de etanol por hectare nas usinas, com rendimentos de biomassa de 40 t há⁻¹ (Schaffert et al. 2012). Portanto, estes resultados mostram que todas as características estão dentro das normas padrões quando colhidos 124 Dias após sementeira (24/22 Dias após florescimento).

Tabela 2 – Valores médios para °Brix, Extração do Caldo (EXT), Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcar Extraído (AE) e Etanol, obtidos a partir da avaliação de dois genótipos de sorgo sacarino (IS26833 e MN1500), avaliados na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG, na safra agrícola 2012/13.

Época (DAS ¹)	Brix (°)	EXT (%)	ART (Kg t ⁻¹)	AE (Kg t ⁻¹)	Etanol (L t ⁻¹)
91 DAS (-9/-11 ²)	8,48 a**	69,22 e	6,98 a	48,82 a	28,45 a
97 DAS (-3/-5)	9,21 b	63,92 d	7,71 b	49,81 a	29,02 a
111 DAS (11/9 ³)	12,8 c	59,47 c	11,30 c	66,54 b	38,78 b
124 DAS (24/22)	17,35 e	50,82 a	15,85 e	81,69 c	47,60 c
133 DAS (33/31)	15,48 d	55,84 b	13,98 d	78,79 c	45,91 c

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 1% de probabilidade

¹ DAS – Dias após sementeira.

² Dias antes do florescimento - (MN1500/IS26833)

³ Dias após florescimento - (MN1500/IS26833)

A Tabela 3 mostra o desdobramento da interação genótipos x posições para as características EXT, AE, Etanol. Para o genótipo IS26833 os maiores valores de EXT, AE e Etanol foram nas posições de 1 a 4, caindo gradativamente nos entrenós superiores. Já para MN1500 não houve diferenças entre as posições dos entrenós. Em geral os dados mostram que o corte do sorgo deve ser efetuado o mais rente possível ao solo, pois os entrenós da base possuem uma quantidade significativa de caldo que pode ser aproveitado.

Tabela 3 – Desdobramento da interação genótipos x entrenós para Extração do Caldo (EXT), Açúcar Extraído (AE), e Etanol, de dois genótipos de sorgo sacarino (IS26833 e MN1500) avaliados na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG, na safra agrícola 2012/13.

Entrenó	EXT (%)		AE (Kg t ⁻¹)		Etanol (L t ⁻¹)	
	IS26833	MN1500	IS26833	MN1500	IS26833	MN1500
1-2	68,20 c**	67,16 a	73,30 d	68,49 a	42,71 d	39,91 a
3-4	67,40 c	68,72 a	75,53 d	75,84 a	44,01 d	44,19 a
5-6	62,44 c	68,16 a	72,15 d	77,93 a	42,04 d	45,41 a
7-8	53,00 b	68,28 a	60,93 c	80,37 a	35,52 c	46,83 a
9-10	41,84 a	67,36 a	45,43 b	78,38 a	26,47 b	45,67 a

11-12	36,72 a	65,28 a	35,37 a	73,09 a	20,61 a	42,59 a
13-14	38,40 a	65,08 a	29,84 a	65,20 a	17,39 a	37,99 a

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott, a 1% de probabilidade.

Os valores médios obtidos para °Brix e ART (Tabela 4), encontram-se abaixo da média exigida para cultivares comerciais, que segundo Pacheco, et al. (2012 pg 94), deve ser °Brix de 15-19 e ART de 12-17%, o que mostra que estes genótipos deverão ser melhorados para estas características, a partir de cruzamentos dos mesmos com linhagens elites de sorgo sacarino.

Tabela 4 – Valores médios para °Brix e Açúcares Redutores Totais (ART), de dois genótipos de sorgo sacarino (IS26833 e MN1500) avaliados na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas – MG, na safra agrícola 2012/13.

Entrenó	Média						
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14
Brix (°)	12,13 b**	12,82 c	13,27 c	13,47 c	13,30 c	12,51 c	11,18 a
ART (Kg t ⁻¹)	10,63 b	11,32 c	11,77 c	11,97 c	11,80 c	11,01 c	9,68 a

** Médias seguidas da mesma letra na coluna, são iguais entre si pelo teste Scott-Knott (1974) a 1%.

Com o melhoramento genético destes genótipos, as usinas terão as opções de cultivares de ciclo entre 20 e 30 dias mais longo para serem usadas, aumentando o ciclo de 120 dias para até 160 dias, isto implicará em uma maior produtividade, e também, mais opções de planejamento agroindustrial.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig, Faped, Embrapa Milho e Sorgo e FP7, Projeto SweetFuel e CNPq pelo suporte na realização e divulgação deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Consecana. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006.
- Casela CR, Borgonovi RA, Schaffert RE, Santos FG. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, 12 (144) dezembro de 1986.
- Ferreira, DF. **SISVAR para Windows 4.3**. Lavras, MG: UFLA/DEX, 2003. Software.
- Gutjahr Sylvain, Clément-Vidal Anne, Soutiras Armelle, Sonderegger Nicole, Braconnier Serge, Dingkuhn Michaël, Luquet Delphine (2013) Grain, sugar and biomass accumulation in photoperiod-sensitive sorghums. II. Biochemical processes at internode level and interaction with phenology. **Functional Plant Biology** **40**, 355–368.
- May A, Durães FOM, Pereira Filho IA, Schaffert RE, et al. (2012) . Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – **Tecnologia Qualidade Embrapa**, Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 120p.
- Scott AJ, Knott MA cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept. 1974.