

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PARÂMETROS QUALITATIVOS E MATURAÇÃO DE
GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO EM SANTA
MARIA-RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jean Cecchin Biondo

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

PARÂMETROS QUALITATIVOS E MATURAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO EM SANTA MARIA-RS

Jean Cecchin Biondo

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Sandro Luis Petter Medeiros

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biondo, Jean Cecchin

Parâmetros qualitativos e maturação de genótipos de sorgo sacarino em Santa Maria-RS / Jean Cecchin Biondo.- 2015.

35 p.; 30cm

Orientador: Sandro Luis Petter Medeiros

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2015

1. Sorgo sacarino 2. Etanol 3. Genótipos 4. Brix 5. Caldo I. Medeiros, Sandro Luis Petter II. Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Jean Cecchin Biondo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: jeanbiondo@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**PARÂMETROS QUALITATIVOS E MATURAÇÃO DE GENÓTIPOS
DE SORGO SACARINO EM SANTA MARIA-RS**

elaborada por
Jean Cecchin Biondo

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Sandro Luis Petter Medeiros, Dr.
(Presidente/Orientador)

Cleusa Adriane Menegassi Bianchi Kruger, Dra. (UNIJUI)

Angélica Durigon, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 14 de agosto de 2015.

Dedico esta dissertação a todos que me apoiaram nesta caminhada e a toda minha família, especialmente aos meus queridos pais Walmar e Cleusa.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre iluminar meus caminhos e dar força para seguir em frente.

Aos meus pais Walmar e Cleusa pelo apoio e incentivo aos estudos e pelo amor e educação que me proporcionaram ao longo da vida. Muitíssimo obrigado pai e mãe!

À minha irmã Tamara por ser esta pessoa especial, pelas brincadeiras e risadas nos finais de semana.

À minha namorada Grazi pelo companheirismo, amor, carinho e por estar sempre ao meu lado. Além da ajuda em muitas avaliações do experimento, até mesmo nos finais de semana!

Ao meu orientador professor Sandro pela amizade e orientação desde a graduação em agronomia até este momento, onde se encerra o trabalho de mestrado.

A todos os professores que participaram da minha formação, desde as séries iniciais até a Pós-graduação, pois cada um deles tem uma parcela de contribuição neste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade proporcionada.

Às colegas de pós-graduação Silvia e Andriéli pela amizade, ajuda, conversas e momentos de descontração durante a execução do experimento.

Aos estagiários e amigos do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia Pablo e Nayra, que auxiliaram durante os dois anos de execução do trabalho, muito obrigado pela parceria!

Aos estagiários e amigos Ericmar, Nader, Fagner, Jéssica e Adriano pela ajuda e pelas risadas nos momentos de convívio no Nupec.

Aos estagiários do Laboratório de Sementes que muitas vezes auxiliaram nas atividades do experimento, em especial Fernanda, Ramiro e Fábio.

Aos colegas de faculdade e amigos, em especial Alessandro, Tiago, Paulo Ricardo, Rodrigo e Fernando pela grande amizade e parceria.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pela ajuda no preparo do terreno e demais atividades durante a execução do experimento.

A toda minha família e amigos.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muitíssimo obrigado!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

PARÂMETROS QUALITATIVOS E MATURAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO EM SANTA MARIA-RS

AUTOR: JEAN CECCHIN BIONDO
ORIENTADOR: SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS
Local e Data da Defesa: Santa Maria, 14 de agosto de 2015.

A produção brasileira de etanol é baseada principalmente na cultura da cana-de-açúcar, porém, no período de entressafra as usinas cessam o processamento, diminuindo as receitas em decorrência da escassez de matéria-prima. É neste cenário que se encaixa o sorgo sacarino, capaz de fornecer material de qualidade durante o período de entressafra da cana, nos meses de verão. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar os parâmetros qualitativos e as curvas de maturação de onze genótipos de sorgo sacarino durante dois anos de cultivo, visando a produção de etanol. O experimento foi conduzido em Santa Maria-RS, nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e os tratamentos foram compostos por onze materiais genéticos, sendo sete variedades (BRS506, BRS511, Fepagro 17, Fepagro 19, Past 81-04, Past 29-51 e Past 29-49) e quatro híbridos (CV007, CV147, CV568 e CV198). Foram avaliados os parâmetros qualitativos sacarose do caldo (%), açúcares redutores do caldo (%), pureza do caldo (%), sólidos solúveis totais (°Brix), açúcar total recuperável (kg t^{-1}), fibra (%), rendimento de etanol (l ha^{-1}) e também as curvas de maturação para a obtenção do período de utilização industrial (PUI). Os genótipos BRS506, BRS511 e CV198 apresentaram PUI superior a 30 dias. Os genótipos BRS506 e BRS511 apresentaram melhores características para produção de etanol.

Palavras-chave: Etanol. Brix. Caldo. *Sorghum bicolor*.

ABSTRACT

Master Dissertation
Programa de Pós-graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

QUALITATIVE PARAMETERS AND MATURITY IN SWEET SORGHUM GENOTYPES

AUTHOR: JEAN CECCHIN BIONDO
ADVISOR: SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS
Place and Date of Defense: Santa Maria, August 14, 2015.

The Brazilian ethanol production is mainly based on the sugarcane crop, however in the off-season mills plants cease processing, decreasing revenues as a result of the shortage of raw materials. It is in this scenario that fits the sweet sorghum, being able to provide quality material during the off-season sugarcane, in the summer months. The objective of this study was to evaluate the qualitative parameters and maturation curves of eleven genotypes of sweet sorghum, aiming ethanol production. Field experiment was conducted in Santa Maria-RS, in two growing seasons (2012/13 and 2013/14). The experimental design was randomized blocks with three replications and the treatments consisted of eleven genotypes, seven varieties (BRS506, BRS511, Fepagro 17, Fepagro 19, Past 81-04, Past 29-51 and Past 29-49) and four hybrids (CV007, CV147, CV568 and CV198). The quality of sweet sorghum juice was evaluated based on parameters: sucrose content (%), reducing sugars (%), purity (%), total soluble solids (°Brix), total recoverable sugar (kg t^{-1}), fiber (%) and ethanol production (l ha^{-1}). It was determined the maturity curve to characterize the industrial use period (IUP). The genotypes BRS506, BRS511 and CV198 showed IUP over 30 days. The BRS506 and BRS511 genotypes showed better characteristics for ethanol production.

Key-words: Ethanol. Brix. Juice. *Sorghum bicolor*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
ARTIGO - PARÂMETROS QUALITATIVOS E MATURAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO SACARINO EM SANTA MARIA-RS.....	12
Resumo	12
Abstract	12
Introdução	13
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	18
Conclusões.....	25
Referências	26
CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

INTRODUÇÃO

A utilização de energia proveniente de fontes renováveis e limpas vem ganhando espaço no cenário mundial, visando a substituição gradativa de outras fontes menos sustentáveis utilizadas há várias décadas, como é o caso do petróleo. Uma alternativa seria o uso de biodiesel e etanol, combustíveis menos poluentes em relação àqueles produzidos a partir do petróleo. O Brasil destaca-se no cenário mundial na produção de etanol, sendo que este setor ganhou maior importância a partir do desenvolvimento dos veículos *flex*, que utilizam tanto gasolina quanto etanol como combustível, o que tornou ainda mais importante os investimentos em pesquisa e tecnologia nesta área.

A produção nacional de etanol é baseada quase que exclusivamente na cultura da cana-de-açúcar, porém, no período de entressafra as usinas ficam ociosas e ocorre diminuição das receitas em decorrência da escassez de matéria-prima para o processamento. Desta forma, o sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é capaz de fornecer matéria-prima de qualidade justamente no período de entressafra da cana-de-açúcar, nos meses de verão, reduzindo a instabilidade do mercado brasileiro de etanol e aproveitando o período de ociosidade das usinas (MAY; DURÃES, 2012).

De forma semelhante ao que ocorre com a cana-de-açúcar, o sorgo sacarino possui colmo rico em açúcares fermentescíveis, podendo ser processado na mesma instalação utilizada pela cana para a produção de etanol. O sorgo sacarino apresenta ciclo rápido (quatro meses), sendo totalmente mecanizável e possuindo alta produtividade de biomassa verde (60 a 80 t ha⁻¹), elevados rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l ha⁻¹), além de produzir bagaço que pode ser utilizado como fonte de energia na geração de vapor para industrialização ou cogeração de eletricidade (DURÃES, 2011).

A Embrapa Milho e Sorgo iniciou programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino na década de 70, período concomitante ao lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Após um longo período de estagnação, a retomada nas pesquisas com o sorgo sacarino ocorreu a partir de 2008, devido ao grande potencial na geração de energia renovável e à crescente demanda do setor alcooleiro por matéria-prima alternativa para a produção de etanol (PARRELA, 2011).

Existem características da matéria-prima que devem ser observadas no caso do sorgo sacarino, tais como: produtividade mínima de colmos de 60 t ha⁻¹; conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de etanol de 60 l t⁻¹; período de utilização industrial

(PUI) mínimo de 30 dias; além de apresentar resistência às principais doenças (antracnose, helmintosporiose, ferrugem, cercosporiose e míldio) e insetos-praga (lagarta-do-cartucho e broca-da-cana) (PARRELA, 2011). Dentre estas características, o conteúdo de açúcares no caldo, a produção mínima de etanol e o período de utilização industrial (PUI) representam aspectos qualitativos do sorgo sacarino, os quais são de grande importância para a indústria alcooleira. Através do conhecimento do teor de sacarose e sólidos solúveis totais (°Brix) do caldo do sorgo sacarino é possível estimar a produção de etanol, bem como de outras variáveis de interesse para a indústria, como a pureza do caldo, os açúcares redutores e o açúcar total recuperável. O período de utilização industrial reflete o tempo em que a matéria-prima pode permanecer na lavoura com qualidade suficiente para ser processada na usina, sendo útil para o planejamento da semeadura e da colheita do sorgo sacarino.

Almodares e Hadi (2009) listaram cultivares de sorgo sacarino com °Brix de até 22% e sacarose na faixa de 6 a 16% e híbridos com °Brix máximo de 21% e sacarose variando de 9 a 14%. Smith e Buxton (1993) destacam a importância da determinação do teor de sacarose e açúcares redutores presentes no caldo do sorgo sacarino para se estimar o rendimento de etanol da cultura. No trabalho de Zhao et al. (2009) o rendimento de etanol apresentou variação de 709 a 5.414 l ha⁻¹, em dois anos de cultivo. Lourenço et al. (2013) encontraram °Brix numa amplitude de 13 até 18,6%, em sorgo sacarino cultivado em Portugal.

O estado do Rio Grande do Sul possui uma usina produtora de etanol no município de Porto Xavier, que funciona no sistema de cooperativa. Além desta, existem algumas micro usinas de produção de etanol para utilização dos próprios produtores, como nos municípios de Jaguari e São Vicente do Sul. Desta forma, a produção de etanol no Rio Grande do Sul é insuficiente para o atendimento da demanda local, sendo este combustível trazido de outros estados produtores, o que torna o produto caro em virtude dos gastos com transporte. A utilização da cultura do sorgo sacarino juntamente com a cana-de-açúcar para a produção de etanol poderia alavancar um setor ainda pouco desenvolvido no estado do Rio Grande do Sul, contribuindo para o fornecimento de etanol no mercado local.

No Brasil, e principalmente no Rio Grande do Sul, ainda são escassos estudos referentes aos atributos qualitativos do caldo, tais como sacarose, açúcares redutores e produção de etanol, bem como o acompanhamento da maturação de genótipos de sorgo sacarino, sendo estas características primordiais para a escolha correta do material a ser utilizado e também no planejamento da colheita na época mais adequada.

Tendo em vista o potencial do sorgo sacarino para a produção de etanol, o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros qualitativos e as curvas de maturação de sete variedades e quatro híbridos de sorgo sacarino durante dois anos de cultivo, em Santa Maria-RS.

1 **Parâmetros qualitativos e maturação de genótipos de sorgo sacarino em Santa Maria-** 2 **RS**

3
4
5 Jean Cecchin Biondo⁽¹⁾, Sandro Luis Petter Medeiros⁽¹⁾, Silvia Cristina Paslauski Nunes⁽¹⁾,
6 Pablo Reno Sangoi⁽¹⁾, Andriéli Hedlund Bandeira⁽¹⁾ e Nayra Grazielle da Silva⁽¹⁾

7
8 ⁽¹⁾Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1.000, Cidade Universitária,
9 Bairro Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail:
10 jeanbiondo@hotmail.com, slpmedeiros@yahoo.com.br, spaslauski@yahoo.com.br,
11 prsangoi@hotmail.com, andrieli_hedlund@hotmail.com, nayra.grazielle@gmail.com

12
13
14 **Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros qualitativos do caldo e a
15 maturação de onze genótipos de sorgo sacarino, em dois anos de cultivo. O experimento foi
16 conduzido em Santa Maria-RS, nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Foi utilizado o
17 delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições e os tratamentos foram
18 compostos por onze materiais genéticos, sendo sete variedades (BRS506, BRS511, Fepagro
19 17, Fepagro 19, Past 81-04, Past 29-51 e Past 29-49) e quatro híbridos (CV007, CV147,
20 CV568 e CV198). Foram avaliados os parâmetros qualitativos sacarose do caldo (%),
21 açúcares redutores do caldo (%), pureza do caldo (%), sólidos solúveis totais (°Brix), açúcar
22 total recuperável (kg t⁻¹), fibra (%), rendimento de etanol (l ha⁻¹) e também as curvas de
23 maturação para a obtenção do período de utilização industrial (PUI). Os genótipos BRS506,
24 BRS511 e CV198 apresentaram PUI superior a 30 dias. Os genótipos BRS506 e BRS511
25 apresentaram melhores características para produção de etanol.

26 **Termos para indexação:** etanol, brix, caldo, *Sorghum bicolor*.

27 28 **Qualitative parameters and maturity in sweet sorghum genotypes in Santa Maria-RS**

29 **Abstract** – The aim of this work was to evaluate the qualitative parameters and maturation of
30 eleven genotypes of sweet sorghum. Field experiment was conducted in Santa Maria-RS, in
31 two growing seasons (2012/13 and 2013/14). The experimental design was randomized
32 blocks with three replications and the treatments consisted of eleven genotypes, seven

33 varieties (BRS506, BRS511, Fepagro 17, Fepagro 19, Past 81-04, Past 29-51 and Past 29-49)
34 and four hybrids (CV007, CV147, CV568 and CV198). The qualitative parameters were
35 evaluated: sucrose content (%), reducing sugars (%), purity (%), total soluble solids (°Brix),
36 total recoverable sugar (kg t^{-1}), fiber (%) and ethanol production (l ha^{-1}). It was determined
37 maturity curves to characterize the industrial use period (IUP). The genotypes BRS506,
38 BRS511 and CV198 showed IUP over 30 days. BRS506 and BRS511 are genotypes with
39 better features for ethanol production.

40 Index terms: ethanol, brix, juice, *Sorghum bicolor*.

41

42

Introdução

43 A crescente demanda mundial por fontes de energia renováveis tem motivado a
44 pesquisa a retomar os estudos com culturas agroenergéticas, como o sorgo sacarino. No
45 cenário mundial, o Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC (2011) afirma que a
46 elevação da temperatura do ar na superfície terrestre está relacionada à queima de
47 combustíveis fósseis, principalmente aqueles produzidos a partir do petróleo. A queima destes
48 combustíveis contribui para o aumento da concentração dos gases do efeito estufa na
49 atmosfera, como é o caso do dióxido de carbono (CO_2).

50 O etanol é um combustível menos poluente que aqueles produzidos a partir do
51 petróleo, além de ser oriundo de matérias-primas renováveis, como a cana-de-açúcar e o sorgo
52 sacarino. Conforme dados da Conab (2015), o Rio Grande do Sul produz cerca de 4,4 milhões
53 de litros de etanol hidratado, uma parcela ínfima quando comparada à produção nacional, que
54 se situa ao redor de 17 bilhões de litros. Além disso, os custos com o transporte do etanol dos
55 estados produtores até o Rio Grande do Sul torna o produto mais caro nas bombas dos postos
56 de combustível.

57 A cultura do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) apresenta ciclo curto
58 (quatro meses) e produz açúcares no colmo de forma semelhante ao que ocorre com a cana-
59 de-açúcar (*Saccharum* spp.) (Durães et al., 2012). O sorgo sacarino adapta-se perfeitamente
60 ao setor sucroalcooleiro, pois é capaz de fornecer matéria-prima de qualidade no período de
61 entressafra da cana-de-açúcar, nos meses de verão, reduzindo a instabilidade do mercado
62 brasileiro de etanol e aproveitando o período de ociosidade das usinas (May & Durães, 2012).
63 Também existe a possibilidade do uso do bagaço como bioproduto do sorgo sacarino, seja
64 através de sua queima para geração de energia, produção de papel, silagem para alimentação
65 animal ou fornecimento de fibra para produção de etanol de segunda geração (Almodares &
66 Hadi, 2009).

67 No cenário nacional, a Embrapa Milho e Sorgo iniciou seu programa de
68 desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino após a implantação do Programa Nacional
69 do Álcool, o Proálcool, sendo que as primeiras variedades brasileiras com potencial para
70 produção de etanol foram desenvolvidas em 1987, sendo BRS 506, BRS 507 e o híbrido BRS
71 601. Após longo período de estagnação, a partir de 2008 a Embrapa retomou as pesquisas
72 com a cultura do sorgo sacarino, devido ao grande potencial na geração de energia renovável
73 e à demanda crescente do setor alcooleiro por matéria-prima alternativa para a produção de
74 etanol (Parrela, 2011).

75 Quanto à qualidade do sorgo sacarino, Almodares & Hadi (2009) listaram cultivares
76 com °Brix de até 22% e sacarose na faixa de 6 a 16% e híbridos com °Brix máximo de 21% e
77 sacarose variando de 9 a 14%. De acordo com Smith & Buxton (1993) a determinação do teor
78 de sacarose e açúcares redutores presentes no caldo do sorgo sacarino é necessária para se
79 estimar o rendimento de etanol da cultura. No estudo de Zhao et al. (2009) foi determinado o
80 rendimento de etanol produzido a partir do açúcar do caldo, apresentando variação de 709 a
81 5.414 l ha⁻¹, em dois anos de cultivo.

82 No Brasil e, mais especificamente no Rio Grande do Sul, ainda são escassas as
83 pesquisas relacionadas à cultura do sorgo sacarino, principalmente no que se refere aos
84 aspectos qualitativos da matéria-prima, como sacarose, açúcares redutores e produção de
85 etanol, além do conhecimento do processo de maturação. Porém, cabe destacar o trabalho de
86 Marchesan & Silva (1984), o qual fez parte do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino no qual foi
87 avaliado o desempenho de diferentes cultivares em Santa Maria, bem como o trabalho de
88 Emygdio (2011) que avaliou a cultivar BR506 sob diferentes manejos em ambientes
89 contrastantes.

90 Em virtude do potencial da cultura do sorgo sacarino de participar da matriz energética
91 para produção de etanol, o objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros qualitativos e as
92 curvas de maturação de sete variedades e quatro híbridos de sorgo sacarino em dois anos de
93 cultivo em Santa Maria-RS.

94

95

Material e Métodos

96 Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de
97 Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, Rio Grande do Sul,
98 Brasil (29°43'28"S, 53°43'18"W, altitude 95 m), nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. O
99 clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca
100 definida, de acordo com a classificação de Köppen (Moreno, 1961). O solo é um Argissolo
101 Vermelho Distrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro (EMBRAPA,
102 1999). Os dados de temperatura do ar e precipitação foram obtidos no Banco de Dados
103 Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia
104 (INMET). Este trabalho faz parte da Rede de Avaliação de Cultivares de Sorgo Sacarino no
105 Rio Grande do Sul, organizada pela Embrapa.

106 O preparo da área foi realizado através de gradagens para homogeneizar o solo e
107 incorporar o calcário. Foi realizada aplicação de calcário PRNT 87% visando elevar o pH do
108 solo até 6,0. A amostragem do solo foi efetuada na profundidade de 0-0,2 m e o resultado da
109 análise indicou a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N (20 kg ha⁻¹ na semeadura e o restante dividido
110 em quantidades iguais em duas aplicações em cobertura), 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na semeadura e
111 80 kg ha⁻¹ de K₂O (60 kg ha⁻¹ na semeadura e o restante em uma aplicação em cobertura), de
112 acordo com as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004).
113 A semeadura foi realizada manualmente, em linhas, na profundidade de 0,02-0,03 m, em 27
114 de novembro em ambos os anos de cultivo e na mesma área. Após a emergência das plantas
115 foi realizado desbaste visando obter uma população de aproximadamente 140.000 plantas ha⁻¹
116 ¹. Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se herbicida à base de Atrazina e capinas
117 manuais. A principal praga incidente foi a lagarta do cartucho do milho (*Spodoptera*
118 *frugiperda*) e o seu controle foi realizado utilizando-se inseticidas recomendados para a
119 cultura do sorgo.

120 O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições.
121 Os tratamentos foram compostos por 11 genótipos de sorgo sacarino, sendo sete variedades,
122 duas da Embrapa (BRS506 e BRS511), cinco da Fepagro (Fepagro 17, Fepagro 19, Past 81-
123 04, Past 29-51 e Past 29-49) e quatro híbridos da CanaVialis (CV007, CV147, CV568 e
124 CV198), em dois anos agrícolas (2012/13 e 2013/14). As parcelas foram constituídas por três
125 linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,7 metros nas entrelinhas,
126 perfazendo uma área de 10,5 m².

127 Foram avaliados os parâmetros sacarose do caldo (teor de sacarose aparente ou Pol do
128 caldo, em %), açúcares redutores do caldo (teor de glicose, frutose e demais substâncias
129 redutoras, em %), pureza aparente (% de sacarose em relação ao °Brix), teor de sólidos
130 solúveis totais do caldo (%SST, em °Brix), açúcar total recuperável (ATR, expresso em kg t⁻¹

131 ¹), fibra (%) e rendimento de etanol (l ha⁻¹) de acordo com a metodologia do Manual de
132 Instruções Consecana (2006). O resultado para a variável etanol é expresso inicialmente em l
133 t⁻¹, sendo convertido posteriormente para l ha⁻¹ considerando a produção total de colmos.
134 Foram coletados aleatoriamente cinco colmos em cada parcela por ocasião da colheita, os
135 quais foram despalhados e separados das panículas e, após, o caldo foi extraído por meio de
136 um engenho elétrico. O caldo coletado foi coado e congelado em recipientes de 300 ml para
137 realização das análises. A colheita foi realizada quando cada genótipo atingiu a maturidade
138 fisiológica, correspondendo ao estágio nove da escala de Vanderlip & Reeves (1972), período
139 no qual ocorre o maior acúmulo de açúcares no colmo (Chavan et al., 2009). A leitura do
140 °Brix foi realizada com um refratômetro portátil. A fibra foi determinada pelo método de
141 Tanimoto (Consecana, 2006). A leitura sacarimétrica foi realizada através do sacarímetro
142 modelo ADS420 e o preparo das amostras seguiu a metodologia descrita no Manual de
143 Instruções do Consecana (2006).

144 Foram determinadas as curvas de maturação de cada genótipo através do °Brix do
145 caldo, sendo que as coletas de caldo iniciaram no estágio seis da escala de Vanderlip &
146 Reeves (1972), correspondendo à metade do florescimento e se estenderam até a senescência
147 da cultura. A análise do °Brix do caldo para as curvas de maturação foi efetuada conforme
148 descrito anteriormente. As curvas de maturação definem o período de utilização industrial
149 (PUI), considerado por May et al., (2012) como sendo o período no qual o °Brix mantêm-se
150 acima de 14,5%, correspondendo a uma concentração de açúcares redutores totais acima de
151 12,5% e extração de açúcar superior a 80 kg t⁻¹, estando assim apto para a colheita.

152 O acamamento foi quantificado pela contagem das plantas inclinadas a uma altura
153 inferior a 0,5 m do solo, bem como plantas com o colmo quebrado, sendo que os resultados
154 foram expressos em porcentagem. Os dados de velocidade do vento (rajada) foram obtidos na
155 Estação Meteorológica Automática de Santa Maria (8°DISME/RS).

156 Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos erros (Teste de Anderson-
157 Darling) e homogeneidade de variâncias (Teste de Bartlet) utilizando o suplemento Action.
158 Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância conjunta e as médias
159 comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. Foi utilizado o programa
160 estatístico Sisvar para a realização destas análises (Ferreira, 2008).

161

162

Resultados e Discussão

163 A interação entre genótipos e anos de cultivo foi significativa ($p < 0,05$) para todas as
164 variáveis analisadas, exceto para a fibra, demonstrando a ação do ambiente de cultivo (ano)
165 sobre os genótipos. A ação do ambiente de cultivo (ano) foi decorrente da variabilidade das
166 condições meteorológicas ocorridas, sendo que a temperatura média do ar foi superior no ano
167 agrícola de 2013/14, quando comparada com a normal e com o ano 2012/13 (Figura 1). Além
168 disso, foram observados danos ocasionados por ventos fortes ocorridos durante a fase
169 vegetativa da cultura no ano de 2012/13 e, na fase reprodutiva no ano de 2013/14 (Figura 2),
170 fator que contribuiu para a interação entre ambiente de cultivo e genótipos. Os danos mais
171 intensos ocasionados pelo vento foram observados no segundo ano de cultivo e estão
172 relacionados ao maior porte das plantas (Figura 2), com panículas em fase de enchimento de
173 grãos, associados ainda à ocorrência de chuvas acima do normal para o mês de março de
174 2014, o que incrementou o peso da parte aérea (Figura 1), além de diminuir a ancoragem das
175 plantas pelo umedecimento excessivo do solo, facilitando o acamamento. De forma
176 semelhante ao observado neste estudo, Alvim et al. (2010) verificaram associação do aumento
177 do peso da parte aérea e o umedecimento demasiado do solo ocasionados pelo excesso de
178 chuvas com o aumento do acamamento da cultura do milho.

179 Para o teor de açúcares redutores do caldo (AR caldo) foi observado que os genótipos
180 Fepagro 17, Fepagro 19, Past 81-04 e Past 29-51 apresentaram as maiores médias

181 considerando os dois anos de cultivo (Tabela 1). Os menores valores de AR caldo
182 corresponderam aos genótipos BRS506, BRS511 e CV198, em ambos os anos. Chavan et al.
183 (2009) encontraram valores semelhantes aos observados no presente trabalho, com variação
184 de 0,69 a 2,75% de açúcares redutores no caldo de sorgo sacarino colhido no estágio de
185 maturidade fisiológica. Pacheco (2012) ressalta que altas percentagens de AR caldo podem
186 aumentar a contaminação bacteriológica do caldo, porém, teores abaixo de 3% não
187 prejudicam o processamento. Entretanto, os valores de AR caldo do presente trabalho foram
188 inferiores ao valor crítico de 3%.

189 Para a variável sacarose do caldo (Pol do caldo, %), as variedades BRS506 e BRS511
190 destacaram-se nos dois anos de cultivo, sendo que em 2012/13 foram semelhantes à Past 29-
191 49 e em 2013/14 aos híbridos CV007, CV147, CV568 e CV198 (Tabela 1). Destaca-se no
192 segundo ano de cultivo o aumento da sacarose do caldo nos híbridos CV007, CV568 e CV198
193 em relação ao primeiro ano. Essa resposta pode estar relacionada à ocorrência de maiores
194 valores de temperatura do ar no período de janeiro a março de 2014 (Figura 1), mais
195 adequados aos híbridos, favorecendo a fotossíntese com aumento do teor de sacarose. De
196 acordo com Taiz & Zeiger (2013), as taxas fotossintéticas são gradativamente aumentadas
197 quando os valores de temperatura aproximam-se da temperatura ótima para determinada
198 espécie, o que resulta em maior acúmulo de carbono pela planta nessas condições. Abd El-
199 Rasek & Besheit (2009) encontraram valor máximo de sacarose de 11,3% em dois anos de
200 cultivo avaliando 14 variedades de sorgo sacarino, valor inferior aos obtidos no presente
201 trabalho com os genótipos BRS506, BRS511 e CV198, os quais foram superiores a 12%.
202 Kawahigashi et al. (2013) avaliaram o caldo de 109 variedades e linhagens de sorgo sacarino
203 e encontraram valores de sacarose variando desde 0,37 até 15,87%, enquanto no presente
204 trabalho a variação foi de 4,54 a 12,83%. Essas informações de variabilidade da sacarose

205 observada entre genótipos demonstram a importância de se conhecer os materiais mais
206 adaptados e produtivos para o cultivo em determinada região.

207 Para o açúcar total recuperável (ATR) foi verificado melhor desempenho dos
208 genótipos BRS506, BRS511 e Past 29-49 no ano de cultivo 2012/13 (Tabela 1). No segundo
209 ano (2013/14), os genótipos de maior destaque foram BRS511, CV007 e CV198. May et al.
210 (2012) avaliaram quatro variedades de sorgo sacarino em Sete Lagoas-MG, sendo que
211 BRS506 apresentou $72,13 \text{ kg t}^{-1}$, enquanto BRS511 produziu $106,45 \text{ kg t}^{-1}$ de ATR. Ambas as
212 variedades estiveram entre as mais promissoras no parâmetro ATR no presente estudo, com
213 médias nos dois anos de $103,6 \text{ kg t}^{-1}$ para BRS506 e $107,25 \text{ kg t}^{-1}$ para BRS511.

214 O teor de SST (%) é um parâmetro de fácil determinação, comumente utilizado para se
215 conhecer o conteúdo aproximado de açúcares no caldo do sorgo sacarino, sendo generalizada
216 a denominação de °Brix. De acordo com Kawahigashi et al. (2013), o °Brix está
217 correlacionado com o conteúdo total de açúcares, e desta forma, pode ser utilizado como
218 parâmetro na seleção e desenvolvimento de novos materiais ricos em açúcar.

219 Os genótipos BRS506, BRS511, Past 81-04, Past 29-49 e CV198 apresentaram
220 desempenho superior aos demais para a variável °Brix no ano de 2012/13 (Tabela 1). Destes,
221 apenas BRS511 e CV198 mantiveram superioridade no segundo ano de cultivo, juntamente
222 com CV007. Os genótipos destacados acima com elevado °Brix, exceto Past 81-04 e CV198,
223 também demonstraram as maiores médias para o atributo ATR. Tal resultado apenas confirma
224 a relação existente entre o °Brix e o teor de açúcares no colmo do sorgo sacarino,
225 corroborando com o estudo de Guigou et al. (2011), os quais encontraram relação linear
226 positiva entre o teor de açúcar total no caldo e o °Brix. Pereira Filho et al. (2013),
227 encontraram valores máximos de °Brix de 15,93 e 16,04%, para as variedades BRS505 e
228 BRS501, respectivamente, enquanto que o híbrido forrageiro BR601 apresentou o menor
229 valor (14,88%). Estes resultados são inferiores aos encontrados neste trabalho, onde a

230 variedade BRS506 e o híbrido CV007 apresentaram valores de °Brix de 17,6 e 17,4,
231 respectivamente.

232 Os genótipos que apresentaram menores valores de sacarose do caldo, ATR e °Brix no
233 segundo ano de cultivo (Tabela 1) foram aqueles que tiveram danos severos em decorrência
234 do acamamento (Figura 2). Fato que corrobora com as constatações de Pereira Filho et al.
235 (2013), os quais relatam que o acamamento pode dificultar a operação de colheita, além de
236 acarretar aumento das perdas de biomassa e de rendimento de caldo e açúcares no sorgo
237 sacarino.

238 As variedades BRS506 e Past 29-49 apresentaram as maiores médias de rendimento de
239 etanol no ano de 2012/13 (Tabela 1). No ano seguinte (2013/14), destacaram-se as variedades
240 BRS506 e BRS511 e todos os híbridos, com médias superiores a 3.300 l ha⁻¹ de etanol. Zhao
241 et al. (2009) encontraram rendimento de etanol de 4.045 a 5.400 l ha⁻¹ para o sorgo sacarino,
242 valores maiores aos encontrados nesse estudo, com a maioria do rendimento situado abaixo de
243 4.000 l ha⁻¹. Em contrapartida, Davila-Gomez et al. (2011) encontraram rendimentos de etanol
244 que variaram de 620 a 1.051 l ha⁻¹, em experimento realizado no México com cinco cultivares
245 de sorgo sacarino, valores abaixo do menor observado neste estudo de 1.827 l ha⁻¹, obtido
246 com o genótipo CV568. Alhajturki et al. (2012) observaram variação de 263 a 3.050 l ha⁻¹ de
247 rendimento de etanol em experimento conduzido na Síria. A grande variação observada no
248 rendimento de etanol em diferentes regiões e dentro de uma mesma região demonstra a
249 amplitude genética dos materiais utilizados e mesmo a interação com o ambiente, ressaltando
250 a importância de testes locais para avaliação de desempenho dos genótipos.

251 Ao analisar a interação entre ambiente de cultivo e parâmetros qualitativos (Tabela 1),
252 constata-se que os híbridos apresentaram maior interferência do ambiente, principalmente no
253 rendimento de etanol, ocorrendo aumento do mesmo no ano 2013/14. De forma semelhante,
254 Zhao et al. (2009) também verificaram interação significativa entre genótipos e anos de

255 cultivo (ambientes) para o rendimento de etanol. A maior interação verificada com o ambiente
256 no caso dos híbridos pode estar associada a menor variabilidade genética destes materiais
257 quando comparados às variedades, as quais mantiveram rendimento similar nos dois anos de
258 cultivo, excetuando-se BRS511, que apresentou aumento do primeiro para o segundo ano.
259 Acrescenta-se ainda que os maiores valores de temperatura do ar ocorridos no segundo ano de
260 cultivo (Figura 1) proporcionaram condições mais favoráveis aos híbridos, contribuindo para
261 que pudessem expressar mais intensamente seu potencial produtivo.

262 A pureza do caldo indica a porcentagem de sacarose em relação ao °Brix. Os
263 genótipos BRS506, BRS511 e CV198 apresentaram médias acima de 60% para a pureza do
264 caldo, nos dois anos de cultivo (Tabela 1). Destaca-se ainda o desempenho de Past 29-49 no
265 primeiro ano e CV007, CV147 e CV568 no segundo ano. May et al. (2012) encontraram
266 valores de pureza do caldo de 54 a 73%, com quatro variedades de sorgo sacarino, variação
267 próxima a observada nesse estudo, de 42 até 76%. Na cultura da cana-de-açúcar, os valores de
268 pureza do caldo geralmente são superiores a 80% (Carvalho et al., 2008; Santos et al., 2011).
269 Ressalta-se que os menores valores de pureza observados para o sorgo sacarino, com média
270 de 56% e 58% nos anos de 2012/13 e 2013/14, respectivamente, podem ser explicados pela
271 menor concentração de sacarose no caldo do sorgo, quando comparado com a cana-de-açúcar.

272 Não houve interação significativa entre anos de cultivo e genótipos para fibra (Tabela
273 1). Entre os genótipos, BRS506, BRS511, CV007 e CV147 apresentaram menores valores de
274 fibra, diferindo significativamente dos demais. De acordo com Dias et al. (2012), quanto
275 maior o teor de sacarose, menor é o percentual de fibra na cultura da cana-de-açúcar. Esta
276 relação inversa também pode ser observada no sorgo sacarino nos genótipos BRS506 e
277 BRS511 nos dois anos de cultivo e, CV007 e CV147 em 2013/14, os quais apresentaram
278 elevados índices de sacarose e baixo teor de fibra.

279 A evolução do SST/°Brix dos genótipos de sorgo sacarino define o período de
280 utilização industrial (PUI) de cada genótipo, parâmetro importante para a colheita e
281 programação de moagem nas usinas. Quanto ao limite do PUI para o sorgo sacarino, May et
282 al. (2012) considera um valor de °Brix de 14,25 a 14,5% no caldo, porém Prasad et al. (2007)
283 citam que a colheita pode ser iniciada quando o °Brix atingir valor superior a 12,5%. Neste
284 trabalho, considerou-se o maior valor citado – °Brix de 14,5% – para obtenção do PUI,
285 exigindo-se, portanto, matéria-prima de melhor qualidade para a colheita.

286 No primeiro ano de cultivo (Figura 3A e 3C), observou-se variação de 7 a 11% no
287 °Brix entre genótipos e no segundo ano de 10 a 14% (Figura 3B e 3D), aos 2 dias após o
288 florescimento (DAF). Davila-Gomez et al. (2011) encontraram °Brix que oscilou entre 6 e 8%
289 aos 7 DAF, sendo que os maiores valores foram obtidos a partir da terceira semana. No
290 primeiro ano, as variedades BRS506 e Past 81-04 atingiram °Brix ideal aos 34 DAF e
291 BRS511 aos 43 DAF, mantendo índices acima do limite até o final da avaliação. A variedade
292 Past 29-51 (Figura 3A), no primeiro ano alcançou °Brix limite apenas aos 90 DAF, e no ano
293 seguinte aos 43 DAF (Figura 3B), sendo que nas demais avaliações permaneceu abaixo do
294 limite estabelecido.

295 A variedade Fepagro 17 no primeiro ano (Figura 3A), apresentou °Brix ideal para
296 colheita apenas aos 76 DAF, enquanto no segundo ano manteve °Brix superior ao indicado
297 dos 17 aos 34 DAF (Figura 3B), decrescendo posteriormente. A variedade Fepagro 19
298 apresentou acréscimos mais acentuados do °Brix a partir de 55 DAF, permanecendo com
299 valor superior ao limite dos 64 a 76 DAF (Figura 3A), decaindo na última avaliação. No
300 segundo ano apresentou maior oscilação ao longo do período, mantendo-se com °Brix
301 próximo de 14,5% dos 10 aos 25 DAF (Figura 3B). Past 29-49 apresentou no primeiro ano
302 °Brix superior ao ideal dos 64 aos 90 DAF, sendo que no segundo ano seu comportamento foi
303 oposto, apresentando °Brix mais elevado nas primeiras semanas após o florescimento.

304 Para os materiais híbridos, no primeiro ano de cultivo ocorreram elevações mais
305 expressivas no °Brix a partir de 55 DAF, sendo que o CV147 somente ultrapassou o valor
306 limite aos 90 DAF (Figura 3C). Porém, no segundo ano os híbridos apresentaram
307 comportamento diferente, pois CV568 e CV198 apresentaram °Brix superior a 16% aos 10
308 DAF (Figura 3D) e mantiveram valores elevados na avaliação seguinte, decrescendo
309 posteriormente. Os híbridos CV147 e CV007 apresentaram °Brix adequado logo no início das
310 avaliações, mantendo-se acima do valor limite durante todo o período avaliativo subsequente.

311 Os materiais de sorgo sacarino devem possuir um período de utilização industrial
312 (PUI) mínimo de 30 dias, de acordo May et al. (2012). Adotando-se os critérios de limite e
313 período de utilização industrial mínimo, somente os genótipos BRS506, BRS511 e CV198
314 (Figura 3) permaneceram acima dos valores limites nos dois anos de cultivo. Os genótipos
315 Past 81-04, CV147 e CV007 somente atingiram o patamar estabelecido em um dos anos de
316 cultivo.

317 No cultivo 2012/13 foi efetuado maior número de avaliações, observando-se também
318 atraso no início da elevação do °Brix, tanto nas variedades (Figura 3A) quanto nos híbridos
319 (Figura 3C). Nesse primeiro ano de cultivo foi observado dano por acamamento em
320 decorrência de ventos fortes com rajadas de até 67 km h^{-1} no dia 24/01/2013, época na qual a
321 cultura ainda não havia iniciado o florescimento. Posteriormente, em decorrência do
322 acamamento, foi observada emissão de raízes adventícias e perfilhos nos genótipos mais
323 afetados, constituindo importantes drenos de carboidratos. Desta forma, a planta de sorgo
324 redirecionou fotoassimilados para a emissão destes novos órgãos em detrimento do acúmulo
325 de açúcares no colmo. Fato que ocasionou atraso do processo de maturação do colmo,
326 constatado pelos valores de °Brix abaixo do limite até os 55 DAF para a maioria dos
327 genótipos. Nota-se que genótipos menos afetados pelo acamamento (Figura 2), como
328 BRS506, BRS511 e Past 81-04, ultrapassaram o valor limite do °Brix em menor tempo que os

329 demais (Figura 3A), sendo que outros atingiram tal patamar em apenas uma ou duas das
330 avaliações. Outra interferência relacionada ao acamamento pode ser associada ao descrito por
331 Hills et al. (1990), os quais atribuíram o menor acúmulo de açúcar em genótipos de sorgo
332 sacarino em consequência da menor área foliar exposta à radiação solar, devido ao excessivo
333 sombreamento ocasionado pela sobreposição das plantas quando acamadas.

334 No segundo ano de cultivo, o maior dano por acamamento ocorreu em 15/03/2014,
335 com rajadas de vento atingindo 58 km h^{-1} . Nessa data, a maioria dos genótipos encontrava-se
336 no enchimento de grãos, ou seja, em processo intenso de acúmulo de açúcares no colmo,
337 confirmado pelos valores de °Brix acima do limite aos 17 DAF para a maioria dos genótipos
338 (Figura 3B e 3D). Acrescenta-se ainda a ocorrência de maiores valores de temperatura do ar
339 no período de janeiro a março de 2014 (Figura 1), fato que favoreceu o crescimento da
340 cultura, pois a temperatura esteve mais próxima da ideal para o crescimento do sorgo, que se
341 situa em torno de 33 a 34°C de acordo com Magalhães et al., (2000).

342

343 **Conclusões**

344 1. O ambiente de cultivo influencia significativamente os parâmetros qualitativos
345 do sorgo sacarino, especialmente o rendimento de etanol nos híbridos.

346 2. Os genótipos BRS506, BRS511 e CV198 apresentam período de utilização
347 industrial superior a 30 dias.

348 3. Os genótipos BRS506 e BRS511 apresentam maior potencial para produção de
349 etanol.

350

351

352

353

Referências

- 354
355 ABD EL-RAZEK, A.M.; BESHEIT, S.Y. Potential of some sweet sorghum (*Sorghum bicolor*
356 L. Moench) varieties for syrup and ethanol production in Egypt. **Sugar Tech**, v.11, n.3,
357 p.239-245, 2009.
- 358 ALHAJTURKI, D.; ALJAMALI, M.; KANBAR, A.; AZMAH, F. Potential of Some Sweet
359 Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Genotypes Under Two Water Regimes for Sugar and Bio-
360 ethanol Production. **Sugar Tech**, v.14, p.376-382, 2012. DOI: 10.1007/s12355-012-0181-x.
- 361 ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review.
362 **African Journal of Agricultural Research**, v.4, p.772-780, 2009.
- 363 ALVIM, K.R.T.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.M.; GOMES, L.S.; LOPES, M.T.G.
364 Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho.
365 **Ciência Rural**, v.40, n.5, p.1017-1022, 2010.
- 366 CARVALHO, C.M. de; AZEVEDO, H.M. de; DANTAS NETO, J.; MELO, E.P. de; SILVA,
367 C.T.S. da; GOMES FILHO, R.R. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de
368 cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Agrária (Recife)**, v.3, p.337-342,
369 2008.
- 370 CHAVAN, U.D.; PATIL, J.V.; SHINDE, M.S. An assessment of sweet sorghum cultivars for
371 ethanol production. **Sugar Tech**, v.11, n.4, p.319-323, 2009.
- 372 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (CQFS RS/SC). **Manual**
373 **de adubação e calagem para estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.**
374 SBCS/NRS. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- 375 CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**
376 **de cana-de-açúcar - Safra 2014/15.** Quarto Levantamento, v.1, n.4, Brasília, p.1-29, 2015.
- 377 Disponível em: <

378 http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_45_51_boletim_cana_p
379 [ortugues_-_4o_lev_-_14-15.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_45_51_boletim_cana_p) >. Acesso em: 31 Maio 2015.

380 CONSECANA/SP - Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado
381 de São Paulo. **Manual de Instruções**. Piracicaba: Consecana, 2006. 112p.

382 DAVILA-GOMEZ, F.J.; CHUCK-HERNANDEZ, C.; PEREZ-CARRILLO, E.; ROONEY,
383 W.L.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Evaluation of bioethanol production from five different
384 varieties of sweet and forage sorghums (*Sorghum bicolor* (L) Moench). **Industrial Crops**
385 **and Products**, v.33, p. 611-616, 2011. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.12.022.

386 DIAS, C.M.O.; CORSATO, C.E.; SANTOS, V.M.; SANTOS, A.F.S. Indicadores
387 fitotécnicos, de produção e agroindustriais em cana de açúcar cultivada sob dois regimes
388 hídricos. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.58-65, 2012.

389 DURÃES, F.O.M.; MAY, A.; PARRELA, R.A. da C. **Sistema agroindustrial do sorgo**
390 **sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e**
391 **desafios**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 76p. (Embrapa Milho e Sorgo.
392 Documentos, 138). Disponível em:
393 <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/933001>>. Acesso em: 24 Maio 2015.

394 EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa produções de
395 informações, 1999. 412p.

396 EMYGDIO, B.M. Desempenho da cultivar de sorgo sacarino BR 506 visando à produção de
397 etanol em ambientes contrastantes. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, v.17, n.1, p.45-51, 2011.

398 FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista**
399 **Symposium (Lavras)**, v.6, p.36-41, 2008.

400 GUIGOU, M.; LAREO, C.; PÉREZ, L.V.; LLUBERAS, M.E.; VÁZQUEZ, D.; FERRARI,
401 M.D. Bioethanol production from sweet sorghum: Evaluation of post-harvest treatments on
402 sugar extraction and fermentation. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.3058-3062, 2011.

- 403 HILLS, F.J.; LEWELLEN, R.T.; SKOYEN, I.O. Sweet sorghum cultivars for alcohol
404 production. **California Agriculture**, v.44, p.14-16, 1990.
- 405 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados para Ensino e**
406 **Pesquisa - BDMEP**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso
407 em: 20 Jan. 2015.
- 408 IPCC - **Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**.
409 EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; SEYBOTH, K.; MATSCHOSS,
410 P.; KADNER, S.; ZWICKEL, T.; EICKEMEIER, P.; HANSEN, G.; SCHLÖMER, S.;
411 STECHOW, C. von (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and
412 New York, NY, USA. 2011.
- 413 KAWAHIGASHI, H.; KASUGA, S.; OKUIZUMI, H.; HIRADATE, S.; YONEMARU, J.
414 Evaluation of Brix and sugar content in stem juice from sorghum varieties. **Grassland**
415 **Science**, v.59, p.11-19, 2013.
- 416 MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**.
417 Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica,
418 3). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484470>>. Acesso em:
419 20 Nov. 2014.
- 420 MARCHEZAN, E.; SILVA, M.I. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino em Santa Maria,
421 RS. **Ciência Rural**, v.14, p.161-172, 1984.
- 422 MAY, A.; DURÃES, F. Sorgo sacarino é a nova aposta para produção de álcool. **Campo &**
423 **Negócios**, v.9, n.109, p.64-65, 2012.
- 424 MAY, A.; DURÃES, F.; PEREIRA FILHO, I.A.; SCHAFFERT, R.E.; PARRELA, R.A. da
425 C. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol:**
426 **Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo,

- 427 2012. 120p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139). Disponível em:
428 <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/938275>>. Acesso em: 23 Nov. 2014.
- 429 MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura,
430 Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 43p.
- 431 PACHECO, T.F. Índices Tecnológicos Industriais para Produção de Etanol de Sorgo
432 Sacarino. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO AGROINDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE
433 SORGO SACARINO PARA BIOETANOL, 1., 2012, Ribeirão Preto. **Anais**. Sete Lagoas:
434 Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p.24-28.
- 435 PARRELA, R.A. da C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em revista**,
436 n.3, p.8-9, 2011.
- 437 PEREIRA FILHO, I.A.; PARRELA, R.A. da C.; MOREIRA, J.A.A.; MAY, A.; SOUZA,
438 V.F. de; CRUZ, J.C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.)
439 MOENCH] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na
440 produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p.118-127, 2013.
- 441 PRASAD, S.; ANOOP SINGH; JAIN, N.; JOSHI, H. C. Ethanol Production from Sweet
442 Sorghum Syrup for Utilization as Automotive Fuel in India. **Energy Fuels**, v.21, p.2415-
443 2420, 2007. DOI: 10.1021/ef060328z.
- 444 SANTOS, D.H.; SILVA, M. de A.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; ECHER, F.R.
445 Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com
446 fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.443-449,
447 2011.
- 448 SMITH, G.A.; BUXTON, D.R. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential.
449 **Bioresource Technology**, v.43, p.71-75, 1993.
- 450 VANDERLIP, R.L.; REEVES, H.E. Growth stages of sorghum. **Agronomy Journal**, v.64,
451 p.13-17, 1972.

452 ZHAO, Y.L.; DOLAT, A.; STEINBERGER, Y.; WANG, X.; OSMAN, A.; XIE, G.H.
453 Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for
454 biofuel. **Field Crops Research**, v.111, p.55-64, 2009. DOI:10.1016/j.fcr.2008.10.006.

455

456

457

458

459

460

461

462

463

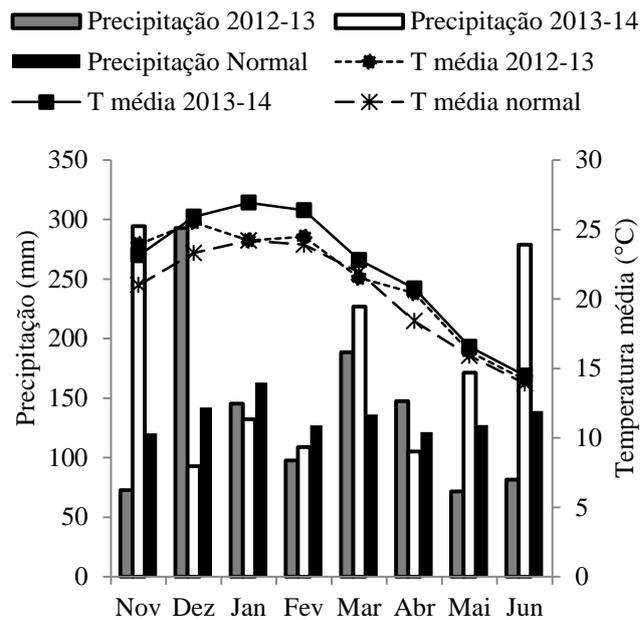
464

465

466

467

468



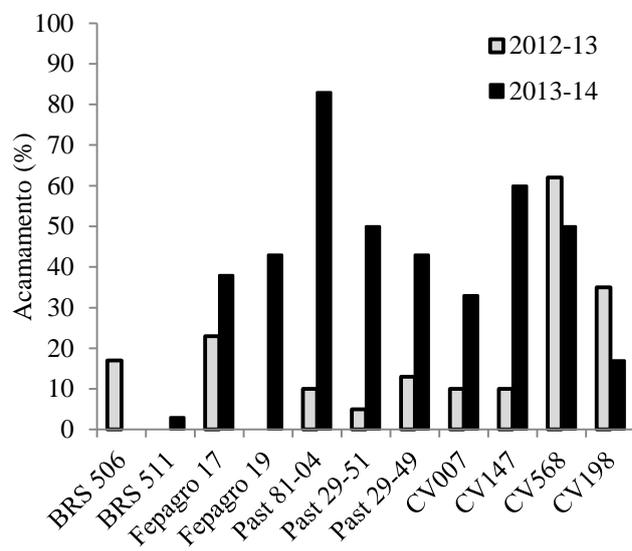
469

470 **Figura 1.** Médias mensais de temperatura do ar e precipitação pluvial, em 2012-13 e 2013-14. Santa Maria,
 471 2015.

472

473

474



475

476 **Figura 2.** Acamamento de plantas de sorgo sacarino, nos anos de 2012-13 e 2013-14. Santa Maria, 2015.

477

478 **Tabela 1.** Parâmetros qualitativos e rendimento de etanol de sorgo sacarino em Santa Maria, RS, nos anos agrícolas de 2012-13 e 2013-14. Santa Maria, 2015.

Genótipo	AR caldo (%)		Sacarose caldo (Pol %)		ATR (kg t ⁻¹)		°Brix (% SST)		Rendimento de etanol (l ha ⁻¹)		Pureza (%)		Fibra (%)
	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	-
<i>Variedades</i>													
BRS506	1,14bA*	1,41bA	12,83aA	9,47aB	113,86aA	93,34bA	17,6aA	14,5bB	3518,59aA	3680,64aA	72,79aA	65,04aA	9,63b
BRS511	1,30bA	1,02bA	10,54aA	12,74aA	95,92aB	118,58aA	15,4aA	16,7aA	2594,17bB	4181,99aA	68,13aA	76,29aA	9,57b
Fepagro 17	1,91aA	1,93aA	6,40bA	6,72bA	63,46bA	70,07cA	12,6bA	12,9cA	2017,32bA	2734,85bA	50,50bA	49,91bA	12,63a
Fepagro 19	1,77aA	1,96aA	7,04bA	6,30bA	68,06bA	66,07cA	12,8bA	12,6cA	2156,27bA	2390,80bA	54,54bA	48,86bA	12,87a
Past 81-04	1,73aB	2,19aA	8,58bA	5,30bB	82,26bA	59,36cB	15,3aA	12,3cB	2385,05bA	2028,42bA	55,83bA	42,26bB	12,10a
Past 29-51	2,10aA	2,17aA	5,58bA	4,54bA	59,95bA	53,58cA	12,2bA	10,3cA	1866,87bA	2149,34bA	44,90bA	42,89bA	12,42a
Past 29-49	1,55bA	1,81aA	10,27aA	7,42bA	96,63aA	73,23cB	16,8aA	13,7cB	2995,42aA	2761,63bA	61,01aA	53,49bA	11,57a
<i>Híbridos</i>													
CV007	2,02aA	1,46bB	6,43bB	11,06aA	67,62bB	106,68aA	13,2bA	17,4aB	2049,26bB	4049,69aA	47,38bB	63,62aA	10,20b
CV147	1,78aA	1,62bA	7,53bA	8,97aA	75,57bA	88,80bA	13,9bA	14,7bA	2242,72bB	3312,29aA	54,34bA	59,06aA	10,14b
CV568	2,01aA	1,36bB	6,28bB	9,96aA	62,57bB	89,57bA	13,1bA	14,9bA	1827,19bB	3412,27aA	47,61bB	66,61aA	14,68a
CV198	1,57bA	1,16bA	8,84bB	12,43aA	81,85bB	108,86aA	14,6aA	17,1aA	2381,92bB	3586,08aA	60,49aA	72,48aA	12,61a
Média Geral	1,72	1,64	8,21	8,63	78,88	84,38	14,3	14,3	2366,80	3117,09	56,14	58,23	11,67
CV (%)	15,60		21,68		16,08		11,60		21,71		13,37		14,80

479 *Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade de erro. Os valores de Fibra
480 correspondem à média dos dois anos de cultivo. AR caldo, açúcares redutores do caldo; ATR, açúcar total recuperável; °Brix, % de sólidos solúveis totais.

481

482

483

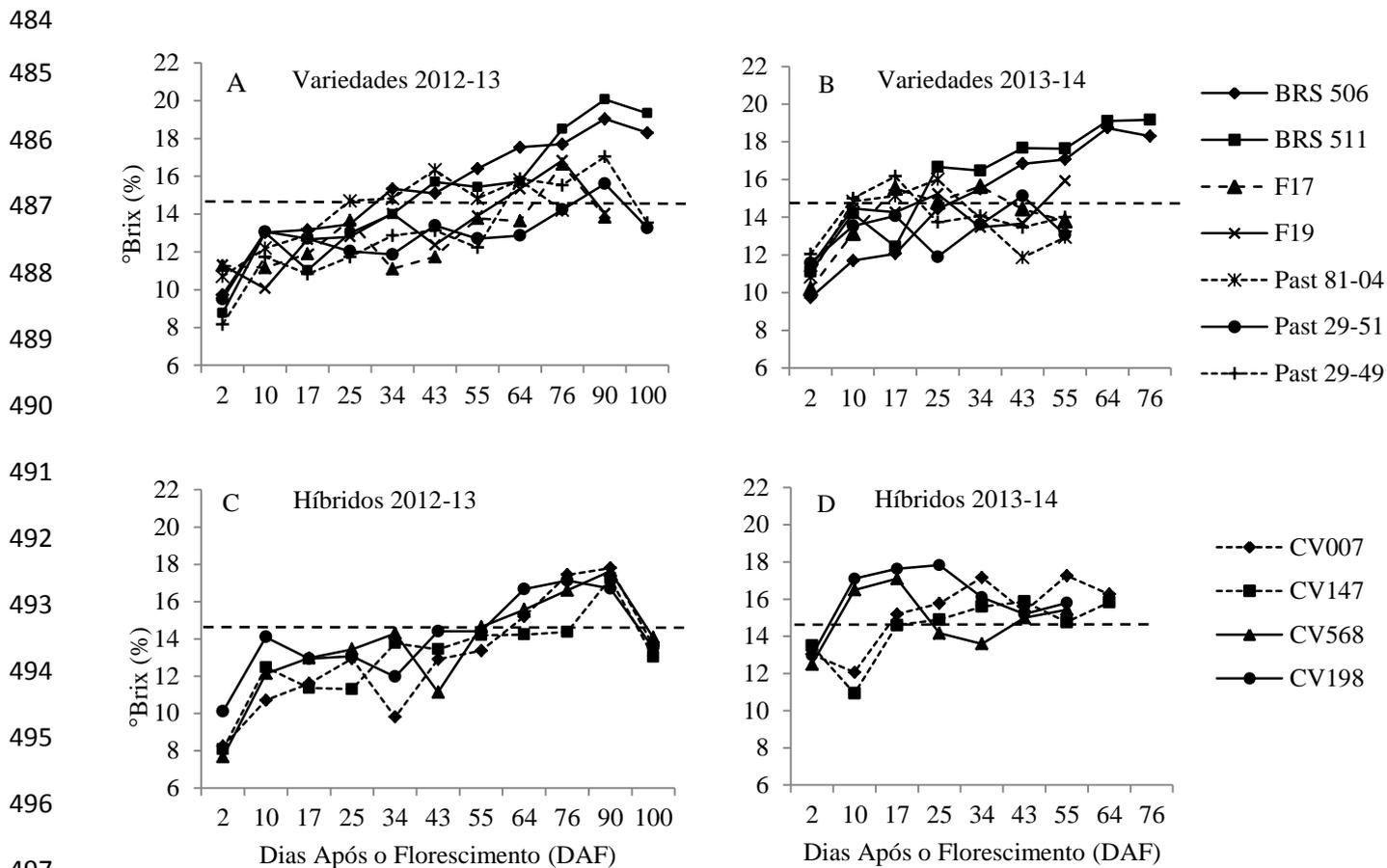


Figura 3. Evolução do acúmulo de açúcares no colmo (°Brix) no período após o florescimento de sorgo sacarino em Santa Maria, RS. F17, Fepagro 17; F19, Fepagro 19. A linha tracejada indica o °Brix mínimo (14,5%) para determinação do período de utilização industrial. Santa Maria, 2015.

CONCLUSÃO

O ambiente de cultivo influencia significativamente os parâmetros qualitativos do sorgo sacarino, especialmente o rendimento de etanol nos híbridos. Os genótipos BRS506, BRS511 e CV198 apresentam período de utilização industrial superior a 30 dias. Observou-se que a ocorrência de acamamento no período anterior ao florescimento retarda o acúmulo de açúcares no colmo. Os genótipos BRS506 e BRS511 apresentam maior potencial para produção de etanol. Sugere-se que novos trabalhos sejam realizados buscando maiores esclarecimentos principalmente no que diz respeito aos problemas de acamamento, verificando inclusive a possibilidade do uso de redutores de crescimento. Além disso, aspectos relacionados à adaptabilidade da cultura em outros tipos de solo e condições climáticas e testes com outros genótipos objetivando encontrar materiais com potencial na produção de etanol devem ser estudados.

REFERÊNCIAS

DURÃES, F. O. M. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agronômica. **Agroenergia em revista**, n.3, p.7, 2011.

LOURENÇO, M. E. V.; JANUARIO, M. I. N.; MASSA, V. M. L. Avaliação do potencial de variedades de sorgo sacarino e forrageiro para a produção de bioetanol. **Rev. de Ciências Agrárias**, n.1, p.96-103, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v36n1/v36n1a12.pdf>>. Acesso em: 4 Jul. 2015.