

ISSN 1678-2518

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 156

Desempenho de Cultiva- res de Sorgo Sacarino para a Produção de Etanol sob Diferentes Densidades de Plantas

Beatriz Marti Emygdio¹

Ana Paula Schneid Afonso²

Ana Cláudia Barneche de Oliveira³

Rafael Parrella⁴

Robert Eugene Schaffert⁵

André May⁶

Pelotas, RS

2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8199
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior
Secretária-Executiva: Joseane Mary Lopes Garcia
Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio
Suíta de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro Bertoldi,
Regina das Graças Vasconcelos dos Santos.
Suplentes: Isabel Helena Verneti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio

Supervisão editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlé
Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza
Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro
Editoração eletrônica e capa: Juliane Nachtigall (estagiária)

1ª edição
1ª impressão (2011): 100 exemplares

Todos os direitos reservados
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação
dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Desempenho de cultivares de sorgo sacarino para a produção de etanol sob
diferentes densidades de plantas / Beatriz Marti Emygdio [et al.] – Pelotas:
Embrapa Clima Temperado, 2011.
p. – (Embrapa Clima Temperado. Boletim de pesquisa e desenvolvimento,).

ISSN 1678-2518

Agroenergia – Bioetanol – Solos hidromórficos. I. Emygdio, Beatriz Marti.

II. Série.

CDD 633.62

© Embrapa

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusão	20
Referências	20

Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino para a Produção de Etanol sob Diferentes Densidades de Plantas

Beatriz Marti Emygdio¹

Ana Paula Schneid Afonso²

Ana Cláudia Barneche de Oliveira³

Rafael Parrella⁴

Robert Eugene Schaffert⁵

André May⁶

RESUMO

Dentre as matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo sacarino. A rapidez do ciclo de produção, o alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo e a elevada produção de biomassa colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria-prima para produção de etanol. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de três cultivares de sorgo sacarino, visando a produção de etanol, sob diferentes densidades de plantas, em condições de solos hidromórficos, na Metade Sul do Rio Grande do Sul, na safra 2009/10. Os resultados

¹Bióloga, D.Sc., pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, beatriz.emygdio@cpact.embrapa.br;

²Eng. Agrôn., D.Sc., pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, ana.afonso@cpact.embrapa.br;

³Eng. Agrôn., D.Sc., pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, ana.barneche@cpact.embrapa.br;

⁴Eng. Agrôn., D.Sc., pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, parrella@cnmps.embrapa.br;

⁵Eng. Agrôn., D.Sc., pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, schaffert@cnmps.embrapa.br;

⁶Eng. Agrôn., D.Sc., pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, andremay@cnmps.embrapa.br;

6 Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino para a Produção de Etanol sob Diferentes Densidades de Plantas

demonstraram uma clara superioridade da cultivar BR 506 para produção de etanol.

Termos para indexação: agroenergia, bioetanol, solos hidromórficos.

Performance of Sweet Sorghum Cultivars for Ethanol Production under Different Plant Densities

Beatriz Marti Emygdio¹

Ana Paula Schneid Afonso²

Ana Cláudia Barneche de Oliveira³

Rafael Parrella⁴

Robert Eugene Schaffert⁵

André May⁶

ABSTRACT

Among the different renewable raw materials for ethanol production, sweet sorghum has been considered one of the most important. Its short life cycle, high concentration of fermentable sugars inside the stalks, and high potential for biomass production makes the species an excellent alternative for ethanol production. The objective of this work was to evaluate the ethanol production performance of three sweet sorghum cultivars under different plant densities, in hydromorphic soil conditions, at the southern part of Rio Grande do Sul State, during the 2009/10 growing season. The results demonstrated a clear superiority of the BR 506 cultivar in ethanol production.

Index terms: agroenergy, bioethanol, hydromorphic soils.

8 Desempenho de Cultivares de Sorgo Sacarino para a Produção de Etanol sob Diferentes Densidades de Plantas

Introdução

Entre as alternativas para diversificação da matriz energética, o etanol é tido como uma das mais promissoras. No entanto, para que o Brasil possa atender a demanda mundial por energia limpa e renovável, é preciso que haja crescimento na produção de biocombustíveis e, para tal, uma série de medidas precisam ser implementadas para assegurar a expansão competitiva do setor sucroalcooleiro. No Brasil, a produção de etanol está alicerçada na cultura da cana-de-açúcar, que é vista como uma das culturas capazes de suprir parte dessa demanda. No entanto, considerando sua magnitude, apostar no monocultivo da cana-de-açúcar e na centralização da produção em alguns estados, não parece uma estratégia adequada, pois a cana-de-açúcar apresenta exigências edafoclimáticas que restringem seu cultivo em diversas regiões do país e, em especial, no Rio Grande do Sul. Atualmente, o RS possui participação pouco expressiva no setor sucroalcooleiro, produzindo apenas 2% do etanol que consome, mas com potencial para incremento, tanto em área quanto em produção. O sorgo sacarino, tem sido apontado como uma das matérias-primas renováveis capaz de contribuir para o aumento da competitividade do etanol brasileiro, podendo ser usada como cultura complementar à cana-de-açúcar, para áreas de reforma de canaviais e/ou para plantio em áreas consideradas marginais para a cana ou que não tenham sido contempladas no zoneamento de riscos climáticos para a cultura.

O sorgo sacarino é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade, tolerância a estresses abióticos e pode ser cultivado em diferentes tipos de solos (DAJUI, 1995; PRASAD et al., 2007b).

A rapidez do ciclo de produção, as facilidades de mecanização da cultura, o alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo, a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita com relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria prima para produção de etanol (EMBRAPA, 1980; DAJUI, 1995). Outra vantagem do sorgo sacarino é que a matéria prima pode ser disponibilizada em apenas quatro meses, enquanto a cana-de-açúcar precisa de, no mínimo, 12 a 18 meses, especialmente no RS. A cultura do sorgo sacarino pode ser estabelecida e colhida durante a entressafra da cana-de-açúcar, entre os meses de novembro e maio, período em que não há disponibilidade de cana-de-açúcar no estado. O sorgo sacarino poderia ocupar esta janela, beneficiando a indústria alcooleira, que não ficaria sem matéria prima para a produção de álcool.

O sorgo sacarino apresenta ainda algumas vantagens em relação à cana-de-açúcar, sendo mais eficiente no uso da água, altamente eficiente no uso de insumos, especialmente fertilizantes nitrogenados e é propagado via semente. Há ainda a possibilidade de aproveitamento dos grãos para produção de ração animal e aproveitamento do bagaço para alimentação animal (RAUPP et al., 1980; SMITH E BUXTON, 1993; GUIYING et al., 2004; PRASAD et al., 2007a).

Apesar do excelente potencial da cultura do sorgo sacarino para produção de etanol, muito pouco se sabe sobre o desempenho da cultura no Rio Grande do Sul e, em especial, sob condições de solos hidromórficos, disponíveis em grandes áreas na Metade Sul do estado. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de cultivares de sorgo sacarino, sob diferentes populações de plantas, em áreas de várzea, na Metade Sul do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

Na safra 2009/10 três cultivares de sorgo sacarino, BR 506, Wray e Dale, foram avaliadas sob diferentes populações de plantas, no município de Capão do Leão, em área com solos hidromórficos. O delineamento experimental usado foi de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 5 m, espaçadas em 0,70 m. Como área útil, para as avaliações agrônômicas, foram colhidas as duas linhas centrais.

Foram avaliadas as densidades de semeadura de 120 mil, 140 mil, 160 mil plantas/ha. O experimento foi semeado em área de plantio convencional, na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado. As informações sobre adubação e datas de plantio e colheita encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Tipo de solo, adubação, datas de semeadura, colheita e avaliação de brix do ensaio de sorgo sacarino conduzido na safra 2009/10. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.

Local	Solo	Adubação (kg/ha)		Semeadura	Data	
		Base	N em cobertura		Avaliação Brix	Colheita
Capão do Leão	Planossolo Háplico	400 (10-20-20)	150	17/12/2009	07/04/2010	29/04/2010

Para avaliar o potencial do sorgo sacarino para produção de etanol, as cultivares foram avaliadas quanto aos caracteres: diâmetro do colmo (cm), altura de planta (cm), produção de biomassa total (folhas + colmo + panícula (t/ha)), sólidos solúveis totais (°brix), rendimento de caldo (L/ha), extraído a partir da massa verde (colmos + folhas), produção de bagaço (t/ha), porcentagem de extração de caldo, medido pela diferença entre a produção de caldo e a produção de bagaço.

Para a extração do caldo foram colhidas ao acaso oito plantas inteiras, sem panículas. Essas plantas foram desintegradas e homogeneizadas. Posteriormente, retirou-se uma sub-amostra de $500 \pm 0,5$ g para extração do caldo em prensa hidráulica. A amostra foi submetida a uma pressão mínima e constante de 250 kgf/cm^2 durante o tempo de 1 minuto (Figura 1). O caldo extraído da amostra de 500 g teve seu peso (g) e volume (ml) determinado. Para determinação dos sólidos solúveis totais (°brix) foram colhidas ao acaso três plantas por parcela. As plantas foram cortadas na parte média e superior e com ajuda de um alicate o caldo foi extraído para leitura direta em refratômetro digital (Figura 2). Para os valores de brix considerou-se a média entre a leitura feita na parte média e superior da planta. Para comparação dos tratamentos foi feita análise da variância e teste de comparação de médias, segundo Scott-Knott, no nível de 5% de probabilidade de erro. Para condução das análises estatísticas, usou-se o programa Genes, versão Windows (CRUZ, 2001).

Foto: Beatriz Marti Emygdio

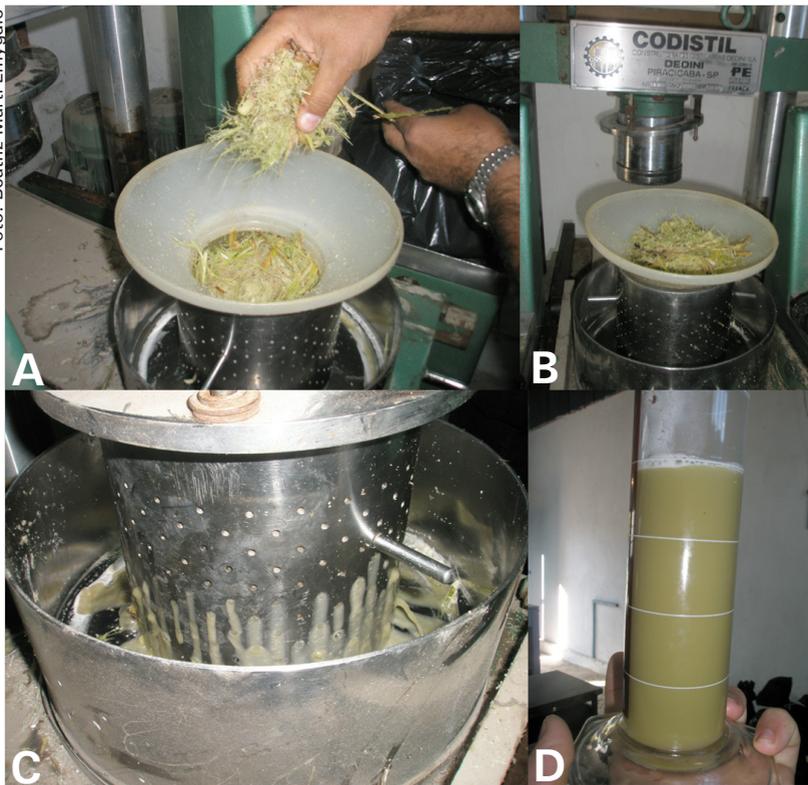


Figura 1. Processo de extração de caldo de sorgo sacarino, em prensa hidráulica, a partir de massa verde. Sorgo picado (A e B); Extração do caldo (C); Caldo de sorgo sacarino (D). Embrapa Clima Temperado, 2011.

Foto: Beatriz Marti Emygdio



Figura 2. Determinação de sólidos solúveis totais (Brix) em plantas de sorgo sacarino, com leitura direta em refratômetro. Embrapa Clima Temperado, 2011

Resultados e discussão

Os dados de precipitação pluviométrica da safra 2009/10, durante o período de condução do experimento, encontram-se na Tabela 2. Ao contrário da safra 2008/09, que foi marcada por elevadas precipitações nos meses de janeiro e fevereiro de 2009, a distribuição de chuvas na safra 2009/10 foi relativamente homogênea durante o período de cultivo, totalizando uma precipitação de 591,6 mm.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período de cultivo do sorgo sacarino em condições de solos hidromórficos no município do Capão do Leão, RS, na safra 2009/10. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.

Safra / mês	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
2009/10	93,2	101,0	205,4	71,7	120,3

As populações finais de plantas divergiram daquelas pretendidas por ocasião da semeadura. No entanto, foi possível manter um gradiente crescente de população de plantas para cada uma das cultivares. A análise estatística revelou diferenças significativas para produção de biomassa total, produção de bagaço, porcentagem de extração de caldo e teor de brix.

Para o caráter produção de biomassa, destacou-se a cultivar de sorgo sacarino BR 506, que ficou agrupada isoladamente no grupo superior. Dentre as diferentes populações de plantas da cultivar BR 506 não houve, no entanto, diferenças estatisticamente significativas, embora a produção de biomassa tenha aumentado de 30 para 39 t/ha quando a população de plantas aumentou de 128.095 para 156.667 plantas/ha. O mesmo aconteceu para as cultivares Wray e Dale, cujas produções de biomassa sofreram aumento em função do aumento do número de plantas/ha, ainda que estatisticamente não significativo (Tabela 3).

Para as três cultivares avaliadas, o aumento na produção de biomassa se traduziu em maior rendimento de caldo. Esse aumento, no entanto, foi maior para a cultivar BR 506, cujo rendimento de caldo passou

de 13.571 L/ha para 17.700 L/ha quando a produção de biomassa passou de 30 para 39 t/ha (Tabela 3). Os rendimentos médios de caldo observados para as cultivares avaliadas (entre 11.074 e 15.520 L/ha), embora estejam de acordo com aqueles observados por Audilakshmi et al. (2010), para alguns híbridos de sorgo sacarino, não parecem muito promissores.

Ratnavathi et al. (2010) e Emygdio (2011) obtiveram rendimentos de caldo muito superiores, respectivamente para as cultivares Wray (acima de 20 mil L/ha) e BR 506 (acima de 30 mil L/ha). Deve-se considerar, no entanto, que o caldo foi extraído a partir da massa verde (colmos + folhas), o que proporciona uma redução no rendimento de caldo. Segundo Ribeiro Filho et al. (2008) quando a extração do caldo é feita a partir de colmos limpos, sem folhas, o rendimento de caldo aumenta em 5%.

Para o caráter altura de plantas, a análise estatística não revelou diferenças significativas entre as cultivares e dentro as diferentes populações de plantas de uma mesma cultivar. A altura média de plantas variou de 231 cm, para a cultivar Wray, a 252 cm, para a cultivar Dale. Resultados semelhantes foram observados por Martin e Kelleher (1984), que avaliaram a influência do espaçamento entre linhas sobre o caráter altura de plantas e por Parrella et al. (2010), que avaliaram a cultivar BR 506 nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, na safra 2009/10.

Quando se avalia cultivares de sorgo sacarino visando a produção de etanol, o caráter altura de plantas passa a ter grande importância, tendo em vista que a produção de colmos, que é um dos componentes primários da produção de biomassa, está diretamente correlacionada com o caráter altura de plantas (AUDILAKSHMI et al., 2010). Da mesma forma, o caráter diâmetro do colmo, também está diretamente relacionado com a produção de biomassa. Tanto altura de plantas como diâmetro do colmo,

são caracteres altamente influenciáveis pelas condições ambientais e pelas práticas de manejo adotadas, especialmente arranjo de plantas (densidade populacional e espaçamento entre linhas), além de época de semeadura e adubação. No entanto, a análise estatística não revelou diferenças significativas para o caráter diâmetro do colmo entre e dentre as cultivares avaliadas, de modo que as diferentes populações de plantas não ocasionaram diferenças significativas no diâmetro de colmo das cultivares.

A análise estatística revelou diferenças significativas para porcentagem de extração de caldo, que variou de uma média de 50% para a cultivar Wray, para 58% para a cultivar Dale, classificada no grupo superior "a". Resultados semelhantes foram observados por Wrang e Liu (2009) e Ratnavathi et al. (2010). Por outro lado, a porcentagem de extração de caldo observada por Channappagoudar et al. (2007), foi inferior, em torno de 33%. Como o caráter porcentagem de extração de caldo é determinado pela diferença entre a produção de caldo e a produção de bagaço para uma mesma amostra de massa verde ou biomassa, era de se esperar que a cultivar Dale, que obteve a melhor porcentagem de extração de caldo, também obtivesse a pior produção de bagaço (Tabela 3).

Tabela 3. Dados médios* de altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), produção de biomassa total (BT), rendimento de caldo (PC), produção de bagaço (PB), porcentagem de extração de caldo (EC) e teor de brix (Brix) de cultivares de sorgo sacarino, sob diferentes populações de plantas (Pop), em ensaio conduzido sob condições de solos hidromórficos no município de Capão do Leão, RS, na safra 2009/10. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.

Cultivar	Pop (pl/ha)	AP (cm)	DC (cm)	BT (t/ha)	RC (L/ ha)	PB (t/ha)	EC (%)	Brix (%)
BR506	128.095	247	a 1.2	a 30	A 13.571	a 12	a 53	b 17.9
BR506	135.238	233	a 1.4	a 33	A 15.290	a 14	a 53	b 18.5
BR506	156.667	253	a 1.4	a 39	A 17.700	a 17	a 53	b 16.7
Média	140.000	244	1.3	34	15.520	14	53	17.7
WRAY	135.714	230	a 0.9	a 24	B 10.603	a 11	a 49	b 19.6
WRAY	141.905	220	a 1.3	a 26	B 11.805	a 12	a 51	b 19.2
WRAY	149.048	243	a 1.2	a 28	B 12.699	a 13	a 49	b 18.8
Média	142.222	231	1.2	26	11.702	12	50	19.2
DALE	126.667	253	a 1.0	a 21	B 10.647	a 8	b 57	a 14.5
DALE	137.143	250	a 1.1	a 20	B 10.146	a 7	b 59	a 15.2
DALE	140.476	253	a 1.1	a 24	B 12.428	a 9	b 58	a 14.4
Média	134.762	252	1.1	22	11.074	8	58	14.7
Média	138.995	243	1.2	27	12.765	12	54	17
CV(%)	7.78	7.78	14.4	19,2	23.6	18,8	7.2	5.5

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O teor de brix, que é um dos principais parâmetros usados pela indústria sucroalcooleira para estimar a concentração de açúcares presentes no caldo, sofreu variações estatisticamente significativas entre as cultivares e dentro da cultivar BR 506.

Destacaram-se as cultivares Wray e BR 506, com valores médios de brix, respectivamente de 19,2% e 17,7% (Tabela 3). Borges et al. (2010), que também avaliaram o teor de brix da cultivar BR 506, encontraram valores, um pouco superiores, entre 19,1% e 20,5%. Por outro lado, Parrella et al. (2010), ao estudarem o comportamento de 25 cultivares de sorgo sacarino nas regiões sudeste e centro-oeste, observaram valores de brix entre 13,9% e 20,0%. Em razão da complexidade deste caráter, que está diretamente relacionado com o estágio de desenvolvimento da planta, com a posição no colmo onde as amostras são coletadas e com a forma como a análise é conduzida, variações extremamente amplas são encontradas na literatura (CHANNAPPAGAUDAR et al., 2007; ALMODARES et al., 2007).

Conclusões

Considerando o conjunto de caracteres agronômicos e industriais avaliados, visando a produção de etanol em áreas de várzeas, destacou-se a cultivar de sorgo sacarino BR 506, que apresentou maior produção de biomassa, maior produção de caldo, uma boa porcentagem de extração de caldo e teor médio de brix acima de 17%. A cultivar Wray, apesar do excelente teor de brix, não teve uma produção de biomassa e de caldo significativa e a cultivar Dale, apesar da excelente porcentagem de extração de caldo, apresentou valores de brix muito baixos.

Referências

ALMODARES, A.; HADI, M. R.; RANJBAR, M.; TAHERI, R. The effects of nitrogen treatments, cultivars and harvest stages on stalk yield and sugar content in sweet sorghum. **Asian Journal of Plant Science**, v. 6, n. 2, p. 423-426, 2007.

EMYGDIO, B. M. Desempenho da cultivar de sorgo sacarino BR 506 visando a produção de etanol em dois ambientes contrastantes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.17, n. 1, p. , 2011.

AUDILAKSHMI, S.; MALL A. K.; SWARNALATHA, M.; SEETHARAMA, N. Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 34, p. 813-820, 2010.

BORGES, I. D.; MENDES, A. A.; VIANA, E. J.; GUSMÃO, C. A. G.; RODRIGUES, H. F. F.; CARLOS, L. A. Caracterização Do Caldo Extraído Dos Colmos Da Cultivar De Sorgo Sacarino BRS 506 (*Sorghum bicolor* L.).In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

p. 1010-1017. CD-ROM.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

DAJUI, L. Developing sweet sorghum to meet the challenge of food, energy and environment.1995. Disponível em: <<http://www.sustainable-agro.com>>. Acesso em: 01 abril 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Brasília DF. Programa Nacional de Pesquisa em Energia. Brasília, Assessoria de Imprensa de Relações Públicas, 1980. 42 p.

GUIYING, L; WEIBIN, G.; HICKS, A.; CHAPMAN, K. R. **A training manual for sweetsorghum**: FAO. Roma: FAO, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 13 nov. 2007.

MARTIN, P. M.; KELLEHER, F. M. Effects of row spacing and plant population on sweet sorghum yield.**Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Victoria, v. 24, n. 126, p. 386-390, 1984

PARRELLA, R. A. da C.; MENEGUCI, J. L. P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A. R.; PARRELLA, N. N. L. D.; RODRIGUES, J. A. DOS S.; TARDIN, F. D.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 2858-2866. 1 CD-ROM.

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

PRASAD, S.; SINGH, A

.; JAIN, N.; JOSHI, H.C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy Fuels**, Washington, v. 21, n. 4, p. 2415-2420, 2007b.

RATNAVATHI, C. V.; SURESH, K.; VIJAY KUMAR, B. S.; PALLAVI, M.; KOMALA, V. V.; SEETHARAMA, N. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. **Biomass and Bioenergy**, oxford, v. 34, n. 1, p. 947-952, 2010.

RAUPP, A. A. A.; CORDEIRO, D. S.; PETRINI, J.A.; PORTO, M. P.; BRANÇÃO, N.; SANTOS FILHO, B. G. **A cultura do sorgo sacarino na região sudeste do Rio Grande do Sul**. Pelotas: EMBRAPA-UEPAE de Pelotas: UFPEL, 1980. 16 p. (EMBRAPA-UEPAE de Pelotas. Circular técnica, 12).

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; ROCHA, A. S.; DANTAS, J. P. FLORENTINO, E. R.; SILVA, F. L. H. da. Viabilidade de utilização do caldo do sorgo sacarino para a produção de álcool carburante (etanol). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 9-16, 2008. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev101/Art1012.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2011.

SMITH, G. A.; BUXTON, D. R. Temperate zone sweet sorghum ethanol production potential. **Bioresource Technology**, Essex, v. 43, p. 71-75, 1993.

WANG, F.; LIU, C. Development of an economic refining strategy of sweet sorghum in the inner Mongolia region of China. **Energy Fuels**, Washington, v. 23, p. 4137-4142, 2009.