

**Sorgo sacarino na produção de agroenergia<sup>1</sup>**

Rayssa Fernanda dos Santos<sup>2</sup>, Henrique Fabricio Placido<sup>2</sup>, Emanuelli Bastos Garcia<sup>2</sup>, Carine Cantú<sup>2</sup>, Alfredo Junior Paiola Albrecht<sup>3</sup>, Leandro Paiola Albrecht<sup>3</sup>, Késia Damaris de Azevedo Frigo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Aceito para publicação no 1º Trimestre de 2015

<sup>2</sup>Acadêmicos do curso Agronomia na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, Brasil, rayssaagro@gmail.com; placido.agronomia@gmail.com; ebastosgarcia@gmail.com; carinecantu@hotmail.com.

<sup>3</sup>Professores do Departamento de Ciências Agrônômicas, na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, Palotina, Paraná, Brasil, ajpalbrecht@yahoo.com.br.

<sup>4</sup>Graduada em Tecnologia em Biotecnologia na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina-PR, Brasil, kesia.damaris@gmail.com.

**Resumo**

O gênero *Sorghum*, relevante cultura no âmbito mundial, tem instigado diversos estudos no campo alimentício e de geração de energia. Nesse contexto, o seguinte trabalho buscará, por meio de uma revisão bibliográfica, contribuir para o entendimento da cultura do sorgo sacarino, evidenciando seu potencial como cultura energética. O sorgo do tipo sacarino, em especial (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), tem sido alvo de estudos como fonte alternativa de matéria-prima para a produção de bioenergia (etanol). O favorecimento da expansão da produção dessa espécie dá-se devido às suas características fisiológicas diferenciadas, como a alta eficiência fotossintética e adaptação a condições adversas, potencializadas pela expressão do vigor híbrido. Porém ainda faltam avanços em pesquisas para maximizar a inserção do sorgo sacarino nos diferentes sistemas de produção agrícola.

**Palavras-chave:** *Sorghum bicolor*, cultura agroenergética, etanol.

## Sweet sorghum for the production of bioenergy.

### Abstract

The genus *Sorghum*, relevant crop in global context, has instigated several studies in the food field and power generation. In this context, this paper aims, through a literature review, to contribute to the understanding of the saccharine sorghum crop, demonstrating its potential as an energy crop. The kind of saccharine sorghum, in particular (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), has been investigated as an alternative source of raw material for the production of bioenergy (ethanol). The favoring of the expansion of production of this species occurs due to their different physiological characteristics, such as high photosynthetic efficiency and adaptation to adverse conditions, potentiated by the hybrid vigor expression. However there are still advances in research to maximize the inclusion of saccharine sorghum in different agricultural production systems.

**Keywords:** *Sorghum bicolor*, energy crop, ethanol.

### Introdução

O sorgo é cultivado desde os primórdios da agricultura e vem ganhando espaço no mercado mundial de grãos devido a sua ampla adaptabilidade, versatilidade e rusticidade. No Brasil, de acordo com Mariano & Sousa (2007), a cultura é largamente utilizada na alimentação animal, entretanto pesquisas apontam sobre viabilidade e o potencial fisiológico das espécies para a utilização na produção de energia.

Na busca de minimizar a utilização de combustíveis fósseis, como o petróleo, e mais recentemente com o objetivo de somar a cana-de-açúcar na função de produção de etanol, o sorgo sacarino ganha atenção, por suas inúmeras vantagens no sistema de produção, além disso, justifica-se a posição de destaque da cultura, por diminuir a ociosidade das indústrias canavieiras na produção de etanol, ocupando deste modo o espaço de entressafra da cana-de-açúcar, dando oportunidade à rotação de culturas e proporcionando um período anual completo (QUEIROZ et. al., 2013), maximizando o uso de todo o parque de equipamentos voltados a produção de etanol a partir da cana.

A cultura do sorgo sacarino também pode oferecer algumas vantagens por apresentar ciclo curto, de aproximadamente quatro meses, a instalação da cultura por meio de sementes facilita a operacionalidade e mecanização, os colmos suculentos com açúcares diretamente fermentáveis, tem alto potencial de produção de massa verde e a possível utilização do bagaço como fonte de energia para industrialização, na geração de eletricidade ou etanol de segunda geração (PARRELLA, 2010).

Todavia os principais desafios encontrados na cultura do sorgo sacarino estão ligados ao sistema de produção, que esta em constante crescimento. Uma vez que a área de produção normalmente é composta por solos com intenso cultivo de cana-de-açúcar. Enfatizando o melhor manejo deste cultivo, várias pesquisas voltadas ao melhor arranjo espacial das plantas no campo vem sendo desenvolvidas, de modo a prevenir o acamamento e diminuir o desenvolvimento de doenças, pragas e a incidência de plantas daninhas (FERNANDES, 2013), potencializando assim a produção desta cultura e tornando-a mais atrativas aos empresários rurais.

Desta forma, para que a cultura seja utilizada na obtenção de etanol alguns problemas necessitam serem melhores solucionados, como sua baixa resistência à degradação da palhada no solo após colheita, a restrição de base de germoplasma, escassa adaptabilidade ambiental de alguns cultivares, e a baixa resistência a pragas e doenças (OLIVEIRA, 2012).

A fim de auxiliar o desenvolvimento agrícola do sorgo sacarino e otimizar a produção de etanol, o melhoramento genético entra como uma ferramenta essencial na obtenção de cultivares com alta capacidade energética e viáveis sob os pontos de vista agrônomo e industrial.

De acordo com Souza (2011) a produção de genótipos que atendam às características tecnológicas demandadas pelo mercado é o principal ponto no melhoramento, além disto, as cultivares devem ser estáveis quanto às variações ambientais e responsivas às condições de ambiente favorável.

Neste sentido, o objetivo desta revisão de literatura consiste em contribuir para o entendimento da cultura do sorgo sacarino, a partir de informações atuais encontradas na bibliografia pertinente a área de estudo, e assim evidenciando seu potencial como cultura energética.

## **Cultura do sorgo sacarino**

O gênero (*Sorghum bicolor* L.) é uma gramínea cultivada em inúmeras regiões do mundo, esta espécie é de origem africana e pertence à família Poaceae. É o quinto cereal mais cultivado no planeta, ficando atrás apenas do trigo, arroz, milho e cevada (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 2009).

A planta possui metabolismo fotossintético C<sub>4</sub>, de modo que possuem uma melhor assimilação e uso do CO<sub>2</sub>, com alta produção de fotoassimilados e conseqüentemente um grande acúmulo de matéria seca. Além disto, a cultura é considerada sensível ao fotoperiodismo, sendo uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em noites longas (MAGALHÃES & DURÃES, 2003), sendo eleita uma espécie de grande importância econômica por sua versatilidade e eficiência, bem como pela sua tolerância a altas temperaturas e ao estresse hídrico (BERENQUER & FACI, 2001).

De acordo com Amaral et. al. (2003) a cultura apresenta características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento e/ou diminuir suas atividades metabólicas sob a falta de água, e após o término deste período de déficit, as plantas conseguem crescer mais rapidamente do que as que não passam por essa limitação hídrica. Demonstrando um atributo interessante quando pesamos na superação de estresses abióticos por plantas cultivadas.

Deste modo o sorgo, tem sido uma excelente opção para diferentes regiões do Brasil, tanto pela sua produtividade economicamente viável, como por ser uma alternativa técnica para o fornecimento de matéria-prima na produção de etanol (MOREIRA, 2011). Podendo se consolidar, em um curto período de tempo, como um importante fornecedor no mercado de energia renovável. (MARCOCCIA, 2007).

### **Interesse como cultura energética**

Durante os anos 90 o cultivo de culturas sacarinas no mundo foi considerado essencial para produção de energia, devido ao seu elevado percentual de açúcar e por se tratar de uma matéria-prima para a produção de bioetanol. (FERNANDEZ & CURT, 2005).

A utilização de etanol no Brasil teve início na primeira década do século XX, com as primeiras tentativas de uso de álcool em veículos pela Sociedade Nacional de Agricultura - SNA (MENEZES, 1980). Desde então, a utilização de etanol no mundo apresentou crescente volume de produção, com a possibilidade de utilização diferentes formas de matéria-prima.

Neste sentido o governo brasileiro a fim de intensificar a produção de etanol no país criou o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), oferecendo vários incentivos com juros

abaixo da taxa de mercado para os produtores de cana-de-açúcar (SEVERO, 2006). Porém apesar de substituir parcialmente o petróleo, o programa promoveu uma série de problemas no âmbito nacional o que acarretou em uma fase de estagnação durante anos (ANDRADE,2009).

Atualmente o Brasil é considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, além de ser líder na produção de açúcar e também o segundo maior produtor de etanol. Para esta última safra (2013/14), foi estimada uma área cultivada de 8,8 milhões de ha com um crescimento de cerca de 4%, em comparação à safra anterior, representando um total de 660 milhões de toneladas de cana colhida (CONAB, 2013).

De acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2014), o aumento recente na área e na produção de cana foi destinado toda à produção de etanol, devido ao aumento da demanda mundial por fontes renováveis de energia. Desta forma, fatores como estes apoiam produtores para que estes busquem alternativas agrícolas competitivas na produção de etanol. Pois com a aplicação de processos mais eficientes na melhoria da produção será possível para o setor atuação em mercados mais competitivos.

Contudo, tendo em vista a diversidade de condições ambientais, cada país tem a alternativa de adotar o sistema que lhe for mais viável, tomando como parâmetros as culturas que apresentam maior adaptação e produtividade nas condições locais (MARCOCCIA, 2007).

O Brasil, com sua enorme diversidade de clima, solo e recursos hídricos, possui condições favoráveis para a produção agrícola de diversas espécies, tanto para produção de alimentos em larga escala quanto para a produção de matéria-prima para geração de energia (MICHEL Jr. ,2010).

Estudos de Lipinski & Kresovich (1982) apontaram sobre as principais culturas com potencial energético, que podem ser utilizadas como fontes renováveis de energia, dentre elas destacam-se a cana-de-açúcar, a beterraba açucareira e o sorgo sacarino.

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), é considerado uma importante “usina energética”, por sua alta eficiência fotossintética e adaptação a condições adversas, em que outras culturas não se ajustariam (DINIZ, 2010). Também pode ser empregado em um sistema integrado de produção açucareira na entressafra da cana-de-açúcar, aumentando a quantidade de açúcar no colmo e diminuindo custos fixos na produção (QUEIROZ, 2013).

É utilizado para a produção de etanol de segunda geração, devido ao caldo retirado do caule fresco ser composto por glicose, sacarose e frutose. E deste modo, poder ser

imediatamente fermentados em álcool (SIPOS et al., 2009). Nesta tecnologia, a matéria prima utilizada para fabricação do álcool é a biomassa vegetal do sorgo sacarino (RUBIN, 2008), que possui sua composição principalmente formada por celulose, um polímero formado por cadeias de glicose. A quebra de celulose permite a fermentação desse açúcar simples por microorganismos e subsequentemente produção de etanol (EMBRAPA, 2012).

Quando comparada a cana-de-açúcar, a cultura apresenta um grande potencial de produção do etanol, principalmente em relação ao ciclo dela e o teor de açúcar diretamente fermentáveis contido na planta (EMBRAPA, 2004).

O monitoramento da qualidade do etanol produzido através do sorgo torna-se importante, visto que, o teor de água tem influência na concentração de açúcares fermentativo, que deve ser máximo para melhor qualidade do etanol produzido. As análises podem ser realizadas utilizando os mesmos métodos de análises empregados nas usinas para outras culturas como a cana (GOMES et. al., 2011). E até o presente momento o etanol produzido a partir do sorgo vem se mostrando de alta qualidade.

### **Melhoramento Genético**

Considerado geneticamente mais próximo da cana-de-açúcar e do milho e ter divergido recentemente dessas espécies, o sorgo está se tornando uma gramínea modelo para análises genômicas funcionais e estruturais. Devido ao sorgo ser uma espécie diploide, de genoma relativamente pequeno de alta endogamia e por apresentar ampla diversidade genética, ele pode ser melhorado para diferentes finalidades (DURÃES, 2011).

Essa grande variabilidade entre as cultivares de sorgo sacarino oferece enormes possibilidades aos melhoristas na obtenção de cultivares com alta capacidade energética (TEIXEIRA et. al., 1999; CREELMAN et al., 1982; LIPINSKY & KRESOVICH, 1980).

Entretanto, Durães (2014) afirma que apesar de seu alto potencial produtivo, a cultura produz menos do que o esperado, o que leva várias instituições públicas e privadas de diversos países a buscar a elevação do vigor e a máxima expressão do potencial da cultura, especialmente para a produção de etanol.

A fim de atender a crescente demanda por sementes os programas de melhoramento baseiam-se no desenvolvimento e produção de variedades (linhagens puras) (PARRELLA & PARRELLA 2011) atendendo o mercado principalmente pela hibridação destas, com foco na obtenção do vigor híbrido (heterose).

Nesse contexto, May (2012) explica alguns experimentos realizados pela Embrapa, nos quais avaliou-se que as variedades apresentam superioridade na produção de etanol quando comparadas aos híbridos do mercado e que a produtividade de etanol equivale a 75 L t<sup>-1</sup>/ha de biomassa e a produção de álcool acima de 4.325 Lha<sup>-1</sup>.

Ainda em busca do melhoramento genético para a cultura do sorgo, Durães (2011) destaca que devido ao seu alto potencial na geração de energia renovável bem como a busca por matéria-prima alternativa para a produção de etanol, a Embrapa Milho e Sorgo reiniciou, a partir de 2008, o programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino.

O autor ainda salienta que esse programa visava o desenvolvimento de variedades e/ou híbridos resistentes às principais doenças (ferrugem, míldio, antracnose, helmintosporiose e cercosporiose) e pragas (broca-da-cana e lagarta-do-cartucho). Outro objetivo foi buscar a resistência ao acamamento, tendo em vista que essa espécie apresenta porte alto (3 a 5 m de altura) e possui panícula com grãos no ápice da planta, podendo ficar propensa ao acamamento.

Visto a relevância das pesquisas em prol do melhoramento genético, destaca-se a importância da continuidade e desenvolvimento desses estudos, a fim de garantir uma produção de alta produtividade e qualidade que possa suprir a demanda de matéria-prima para a geração de bioenergia (etanol).

### **Potencialidades do sorgo sacarino para a produção de bioetanol**

Devido a grande demanda mundial por culturas energéticas e ao crescente aumento dos custos do petróleo, observa-se a busca pelo desenvolvimento de novas técnicas voltadas à geração de energia a partir de fontes renováveis, como o bioetanol (LIMA, 2011).

Atualmente no Brasil, a cana-de-açúcar destaca-se como uma das principais fontes de matéria-prima na produção sustentável de etanol (AZEVEDO et. al., 2012), porém dentro desta temática se faz necessário o desenvolvimento de uma maior variedade de fontes de etanol, para aproveitar a grande diversidade edafoclimática do país, além de descentralizar a produção por não utilizar somente um cultivo, tornado sua produção mais sustentável, em que complexa o sistema produtivo e estimula o desenvolvimento de aptidões regionais para outras culturas (EMYDIO, 2010).

Deste modo o sorgo sacarino vem se destacando em âmbito nacional e internacional pelo seu elevado potencial para produção de biocombustíveis. Além disso, a cultura pode oferecer inúmeras vantagens, como: a tolerância a seca e baixa fertilidade, rapidez no ciclo, cultura mecanizável, utilização do bagaço como fonte de energia e contribuição para um balanço energético favorável (PARRELLA, 2010).

Estudos realizados por Lorenço et. al. (2007), em Portugal, estimam qualitativamente e quantitativamente a produção de açúcar e bioetanol por hectare, em que o potencial de produção chegou a 5.000 L ha<sup>-1</sup>. Estes resultados se assemelham aos de experimentos realizados na Espanha (FERNANDEZ, 1998) e na Grécia (ALEXOPOULOU & CHATZIATHANASSIOU, 1999) que apontaram produtividades acima de 6.000 L ha<sup>-1</sup>. Já no Brasil devido a falta de manejo e planejamento, pesquisas apontam que os valores de produção não ultrapassaram a 3.500 Lha<sup>-1</sup> (ARAUJO, 2012).

Como esta cultura possui boa adaptabilidade e altos níveis de rentabilidade, de acordo com a literatura pertinente o sorgo é tecnicamente e economicamente mais viável quando comparado com outras fontes (SOUZA, 2007). Podendo ser considerada uma boa opção para produção de etanol no Brasil, juntamente com a cana.

Evidencia-se o alto potencial deste cultivo para fins de produção de energia em nosso país, porém ressalta-se a importância do desenvolvimento de mais pesquisas para conferir uma melhor adaptabilidade ao mesmo com ganho na produção, e também necessidade de fomento para inserção do sorgo sacarino nos diferentes sistemas de produção agrícola ou ainda em áreas de pastagens degradadas .

## **Conclusão**

Dentre as culturas para produção de bioenergia, o sorgo sacarino tem seu destaque em âmbito nacional logo após a cana-de-açúcar. O sorgo apresenta boa adaptabilidade, expressa uma produtividade interessante, e alta responsividade ao melhoramento genético, além de poder integrar o sistema de produção como cultivo de entressafra na cana-de-açúcar, maximizando a utilização de equipamentos e infra-estrutura. Porém, há uma maior necessidade de pesquisas que consolidem a utilização deste cultivo, além de fomento para inserção do mesmo nos diferentes sistemas de produção encontrados no Brasil.

## Referências

ALEXOPOULOU, E. & CHATZIATHANASSIOU, A. Description of growing experience on sweet *sorghum* in Greece . Greece, **European Energy Crops InterNetwork**, Biobase, 1999.

AMARAL, S. R.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. V. F. S.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, V. F. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condições controladas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.8, p. 973-979, 2003.

ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G. Programa do Proálcool e o etanol no brasil. **ENGEVISTA**, V. 11, n. 2. p. 127-136, dezembro 2009.

ARAÚJO, C. Evolução do sorgo sacarino para produção de etanol é viável. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, ed.40, 2012.

AZEVEDO, M. S.; SANTOS, R. V. O; MAGALHÃES, T. V. Produção de etanol no Brasil. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 2, p. 151-154, 2012

BERENGUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**. v. 15, p. 43-55, 2001.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2013/2014, terceiro levantamento**, dezembro de 2013. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

CREELMAN, R.A.; ROONEY, L.W.; MILLER, F.R. Sorghum. **Weslaco: Texas Agricultural Experiment Station**, 1982. 32p.

CUNHA, S. P.; FILHO, W. A. S. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Tecno-lógica - Revista do depto.de Química e Física, do depto. de Engenharia, Arquitetura, e Ciências Agrárias e do Mestrado em Tecnologia Ambiental**. Santa Cruz do Sul, v. 14, n. 2, p. 69-75, jul./dez. 2010.

DINIZ, G. M. M. Produção de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Aspectos gerais. Universidade Federal Rural de Pernambuco. **Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas**. Recife, PE. 2010.

DURÃES, N. N. L. Heterose em sorgo sacarino. **Programa de pós-graduação**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 2014.

DURÃES, F. O. M.. Agroenergia em revista Sorgo sacarino: tecnologia agrônômica e industrial para alimentos e energia. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica. **Agroenergia em revista**. Brasília: Embrapa, 3. ed. p. 7, 2011.

EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Boletim agrometeorológico** ano agrícola, 2003-2004. Sete Lagoas, MG, 2004.

EMBRAPA, CENTRO NACIONAL DE MILHO E SORGO. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, MG. Ano 06, ed. 36,2012.

EMYDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/sorgo/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm)>. Acesso em: 11/11/2014.

FERNANDES, P. G. **Avaliação agrônômica de dois cultivares de Sorgo Sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em Sete Lagoas – MG**. Tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rio de Janeiro, 2013.

FERNANDEZ J. E CURT M. D. (2005) New energy crops for bioethanol production in the Mediterranean region. **International Sugar Journal**, 107: 622-627

FERNANDEZ, J. Outlooks of sweet sorghum crop for ethanol production in Spain based on varietal results in multilocal trial . Spain, **European Energy Crops InterNetwork**, Biobase, 1998.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: Funep, 2009.

LIMA, A. M. Estudos recentes e perspectivas da viabilidade técnico – econômica da produção de etanol lignocelulósico. 1 ed. Brasília: **Embrapa Agroenergia**, 2011. 10 p.

LIPINSKI, E.S.; KRESOVICH, S. Sugar crops as a solar energy converters. **Experientia**, v.38, p.13-7, 1982.

LIPINSKY, E.S.; KRESOVICH, S. Sugar stalk crops for fuels and chemicals. In: PROGRESS in biomass conversion. **New York: Academic Press**, 1980. p.89- 125.

LOURENÇO, M.E.V.; MASSA, V.M.L.; PALMA, P.M.M. e RATO, A. E.M.. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor*(L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. **Revista de Ciências Agrárias** . 2007, vol.30, n.1, pp. 103-110.

MAGALHÃES, P. C. & DURÃES, F. O. M. Ecofisiologia da Produção de Sorgo. **Embrapa: Comunicado Técnico**. Sete Lagoas, MG, 2003.

MARCOCCIA, Renato. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. Dissertação Mestrado – Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

MARIANO, A, B. & SOUSA, E. P. Análise econômica da produção de sorgo no município de Cedro- PE. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. In: XLV CONGRESSO DA SOBER. **Resumos**, Londrina, 2007.

MAY, A. *et al.* **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de Sorgo Sacarino para Bioetanol Sistema BRS1G** – Tecnologia Qualidade Embrapa. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 2012.

MENEZES, T.J.B. **Etanol e o Combustível no Brasil**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1980.

MICHEL JUNIOR, R. J. S. **Obtenção do álcool etileno hidratado, com graduação alcoólica para uso automotivo: validação de um processo de batelada**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Processos. UFMS, Santa Maria, 2010.

MOREIRA, L. R. Caracterização morfológica de cultivares de Sorgo sacarino em estresse hídrico. **Programa de pós-graduação em fitotecnia**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2011.

OLIVEIRA, M. Opção produtiva: Sorgo é plantado para produzir etanol na entressafra de cana. **Revista Pesquisa FAPESP** - Edição 193 - Março de 2012.

PARRELLA, N. N. L.; PARRELLA, R. A. C. Sorgo sacarino: Tecnologia Agronômica e Industrial para Alimentos e Energia. Produção de sementes de sorgo sacarino. **Agroenergia em revista**. Ano II, nº 3, agosto de 2011.

PARRELLA, R. A. C. et al. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, **Resumos**, 2010, Goiânia.

PARRELLA, R. A. da C. Melhoramento genético do sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, ano 2, n. 3, p. 8-9, ago. 2011.

QUEIROZ, T. R.; BERALDO, M, A; ERNESTO, R. C.; YOSHIMURA, B. K et al. Análise da viabilidade econômica e as potencialidades de produção de biocombustível a partir do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor l. Moench*). GDS – Gestão da Sustentabilidade. XXIV ENANGRAD, **Resumos**. Florianópolis, SC. 2013.

RUBIN, E. M. Genomics of cellulosic biofuels. *Nature*, v. 454, p. 841-845, 2008.

SEVERO, J.R. O álcool, o brasil e o mundo. **CNA: Informe**. 2006. 5p.

SIPOS, B.; RÉCZEY, J.; SOMORAI, Z.; KÁDÁR, Z.; DIENES, D.; RÉCZEY, K. **Sweet sorghum as feedstock for ethanol production: enzymatic hydrolysis of steam-pretreated bagasse**. 153:151–62, 2009.

SOUZA, V. F.. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino**. Dissertação Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido. Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, 2011.

SOUZA, R. E.. **O biodiesel em um contexto histórico mundial e nacional: um estudo do processo produtivo e da viabil**. Monografia do Curso de Ciências Econômicas. Faculdade do Norte Pioneiro – FANORPI, Santo Antonio da Platina, PR, 2007.

TEIXEIRA, C. G.; JARDINE, J. G.; NICOLELLA, G.; ZARONI, M. H. Influência da época de corte sobre o teor de açúcares de colmos de sorgo sacarino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1601-1606, set. 1999.

UNICA. **Setor sucroenergético**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=85>>. Acesso em: 16 nov. 2014.