

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

VIABILIDADE DO USO DO SORGO SACARINO NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

DIEGO MÁRIO CAPPI

Orientador: Prof. Dr. Fábio Camilotti

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

Cappi, Diego Mário
C248v Viabilidade do uso do sorgo sacarino na produção de bioetanol / Diego
Mário Cappi — Jaboticabal : Fatec, 2012.
47f.

Orientador: Fábio Camilotti

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em
Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2012.

1. Energia. 2. Cana-de-Açúcar. 3. Biocombustível. I. Camilotti, F. C.
II. Título.

CDU 633.174

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: VIABILIDADE DO USO DO SORGO SACARINO NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

AUTOR: DIEGO MÁRIO CAPPI

ORIENTADOR: PROF. DR. FÁBIO CAMILOTTI

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

FÁBIO CAMILOTTI

VIVIANE CARLA FORTULAN

HÉLIO FRANCISCO DA SILVA NETO

Data da apresentação: 19 de Dezembro de 2012.

Prof. Dr. Fábio Camilotti

"Só é digno da liberdade, como da vida, aquele que se empenha em conquistá-la"

(Johann Goethe)

Dedico
Aos meus pais Ana e Amaury por todo apoio e dedicação durante
todos esses anos, pelas lições de vida e todo amor que me dão.

AGRADECIMENTOS

A **Deus** pela vida, por sempre iluminar meu caminho, guiando meus passos.

Aos meus pais Ana e Amaury, que me ofereceram todo apoio e incentivo necessário para sempre continuar.

Aos meus amigos por todo respeito, carinho e momentos de alegria vivenciados durante todo esse tempo.

A todos os membros da banca examinadora, pelo tempo cedido e considerações.

Ao Professor Fábio Camilotti pela disposição e paciência durante o desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores e funcionários do curso pelo aprendizado e momentos de descontração vividos.

A todos os meus familiares pelo apoio e conselhos sempre muito bem-vindos durante toda minha vida.

A FCAV/UNESP de Jaboticabal, pelo espaço cedido e todo suporte necessário para desenvolvimento das atividades.

Muito Obrigado!

RESUMO

UTILIZAÇÃO DO SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL

O sorgo que antes só servia para produzir grãos e forragem para alimentar os animais, hoje está sendo utilizado para produzir energia. O sorgo sacarino é a planta que vem sendo estudada atualmente para produzir etanol e abastecer a imensa frota de carros do nosso país. O sorgo é uma poaceae assim como a cana-de-açúcar e por apresentar características cultiváveis muito parecidas, trata-se de uma grande promessa na produção de etanol, justamente na entressafra da cana-de-açúcar onde o preço do biocombustível se torna mais elevado. Isso faz com que a produção de etanol seja expandida, diminuindo cada vez mais a utilização de combustíveis de fontes não renováveis, que causam poluição além de doenças respiratórias e grandes danos ao meio ambiente. Somado a isso, existe a possibilidade de utilizar o bagasso nas caldeiras, produzindo energia elétrica que pode ser utilizada dentro da própria indústria e a comercialização de seu excedente.

Palavras-chave: Biocombustível. Cana-de-Açúcar. Energia.

ABSTRACT

UTILIZATION OF SWEET SORGHUM FOR BIOETHANOL PRODUCTION

The sorghum that earlier only served to produce grain and fodder to feed animals, now is being used to produce energy. The sorghum saccharine is a plant that is currently being studied to produce ethanol fuel to supply the huge fleet of cars in our country. Sorghum is a poaceae as well as sugar cane, and because it presents very similar cultivable characteristics, it is a great promise in ethanol production, when there is offseason of sugar cane where the price of biofuel becomes very high. This makes the production of ethanol expand, diminishing increasingly the use of non-renewable fuels, which cause pollution and also respiratory diseases and serious damage to the environment. Added to this, there is the possibility of using bagasse in boilers to produce electricity that can be used in the industry itself and in the sale of its surplus.

Key words: Biofuel. Energy. Sugar Cane.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS	14
3 HISTÓRICO DO SORGO SACARINO	15
4 MORFOLOGIA, FENOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA.....	16
4.1 Morfologia	16
4.2 Fenologia	16
4.3 Classificação Botânica	16
5 PRINCIPAIS PRAGAS E DOENÇAS.....	18
Erro! Indicador não definido.	
5.1 Pragas.....	18
5.2 Doenças.....	20
6. TIPOS DE SORGO.....	22
6.1 Sorgo granífero.....	22
6.2 Sorgo Sacarino.....	22
6.3 Sorgo Vassoura.....	22
6.4 Sorgo Forrageiro.....	22
7 ESPAÇAMENTO, ADUBAÇÃO E CALAGEM.....	23
8 CICLO DA CULTURA DO SORGO SACARINO.....	25
9 PROJEÇÃO DO SORGO SACARINO	27
10 COMPARAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR X SORGO	29
11 COLHEITA	31
12 PROCESSO INDUSTRIAL	33
12.1 Adequações na mesa alimentadora	33
12.2 Desenvolvimento de nova placa desfibradora	34
12.3 Kit de Reposição para a entressafra	34
12.4 Desgaste dos rolos da moenda	36

12.5 Análises do caldo e fermentação.....	37
12.6 Tratamento do caldo	38
12.7 Fermentação de Mosto de sorgo sacarino.....	39
12.8 Destilação.....	40
13 TESTE NA USINA	42
14 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Sorgo sacarino (CORREIO DO ESTADO, 2011)	17
FIGURA 2 - Mosca-do-sorgo (DOWAGROSCIENCES, 1995).....	19
FIGURA 3 - Sorgo contaminado com antracnose (EMBRAPA, 2010).....	21
FIGURA 4 - Evolução da produtividade agrícola do sorgo sacarino na safra 2011/2012 (CANAVIALIS, 2012).....	26
FIGURA 5 - Evolução do rendimento industrial do sorgo sacarino na safra 2011/2012 (CANAVIALIS, 2012).....	26
FIGURA 6 - Comparações das qualidades do sorgo em relação a cana-de-açúcar (CERES, 2010).....	29
FIGURA 7 - Produção por hectare de bagaço e Açúcar Total Recuperado(CERES, 2010)....	30
FIGURA 8 - Colheita do sorgo sacarino (REVISTA REVIDE, 2012).....	31
FIGURA 9 - Colheita com ensiladora (JUMIL, 2010).....	32
FIGURA 10 - Mesa Alimentadora com sorgo sacarino(DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)..	33
FIGURA 11 - Bagaceira após a safra (POLIDORO e SERRA, 2009).....	35
FIGURA 12 - Moenda (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012).....	37
FIGURA 13 - Fementação alcoólica com reciclo e reutilização de fermento (ROSSEL,2011).....	40
FIGURA 14 - Proporção de cana-de-açúcar e sorgo sacarino que passaram por moagem mista (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Adubação mineral de plantio (RAIJ et al., 1997)	23
TABELA 2 – Adubação mineral de cobertura (RAIJ <i>et al.</i> , 1997).....	24
TABELA 3 - Evolução dos cultivares de sorgo sacarino da Embrapa de 1975 a 2011 (SHAFFERT, 2011)	28
TABELA 4 - Análises tecnológicas do caldo de sorgo usina noble bioenergia (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012).....	37
TABELA 5 - Análises tecnológicas da fermentação usina noble bioenergia (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012).....	38
TABELA 6 – Proporção dos compostos químicos e nutrientes presentes no caldo de cana-de-açúcar e sorgo sacarino (ROSSELL, 2011).....	39
TABELA 7 – Resultados médios da destilação feita na usina noble bioenergia (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012).....	41

1 INTRODUÇÃO

A utilização de etanol como uma fonte de energia renovável, já é realidade no Brasil há décadas, que gera quase um milhão de empregos no país e, desde 2003, quando foram lançados os carros flex, já proporcionou uma redução das emissões de 45 milhões de toneladas de carbono á atmosfera, graças ao uso crescente do etanol (UNICA, 2009).

Em 1975, o governo brasileiro criou o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que diversificou a atuação da indústria açucareira com grandes investimentos apoiados pelo Banco Mundial, possibilitando a ampliação da área plantada com cana-de-açúcar e a implantação de destilarias de etanol. A experiência serviu como alternativa para diminuir a vulnerabilidade energética do País, devido à crise mundial do petróleo (UNICA, 2008).

O volume de cana-de-açúcar processado pelas unidades produtoras da região Centro-Sul do Brasil alcançou 531,35 milhões de toneladas no acumulado desde o início da safra 2012/2013 até 31 de dezembro de 2012. A quantidade de etanol comercializado pelas unidades produtoras da região Centro-Sul de abril até 31 de dezembro somou 16,84 bilhões de litros (7,06 bilhões de litros de etanol anidro e 9,78 bilhões de litros de etanol hidratado), alta de 4,05% comparativamente a igual período do ano anterior. Deste total, 2,88 bilhões de litros destinaram-se à exportação e 13,95 bilhões de litros ao mercado interno (UNICA, 2013).

A utilização de etanol como combustível não para de crescer, atualmente em carros de competições como na fórmula Indy e Stock Car, por exemplo, eles já vem sendo abastecidos com este combustível. Em 2010 foram lançadas no Brasil as primeiras motocicletas flex, e em um futuro bem próximo o uso de etanol deve ser estendido para outros tipos de equipamentos (RAÍZEN, 2011).

O etanol pode ser produzido a partir de diferentes matérias primas, tais como milho, beterraba, mandioca, cana-de-açúcar e sorgo sacarino. Um dos mais promissores dentre estes, destaca-se o etanol produzido a partir de sorgo, que quando utilizado como complemento a cana-de-açúcar para produção de etanol, gera muitas vantagens não só para a indústria como para os cidadãos, que veem o preço do etanol diminuir principalmente na entressafra da cana.

2 OBJETIVOS

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo estudar a utilização do sorgo sacarino na entressafra da cultura da cana-de-açúcar, visando complementar a produção para atender a demanda nacional.

3 HISTÓRICO DO SORGO SACARINO

Dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol, especial destaque vem sendo dado ao sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Que já é fonte de produção de etanol em países como Índia, China, Austrália e África do Sul. Considerado a ‘‘cana-de-açúcar’’ do meio oeste americano, o sorgo sacarino é hoje uma das apostas americanas para substituir o milho na produção de etanol. No Brasil, o programa de melhoramento de sorgo sacarino da Embrapa foi reativado recentemente com foco para o desenvolvimento de cultivares insensíveis á temperatura e ao foto período, permitindo elevadas produções de biomassa e ao plantio em qualquer época do ano (EMYGDIO, 2010).

A ideia de produzir etanol a partir de sorgo não é nova, o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), lançado em 1976 já previa a produção de etanol com sorgo sacarino em microdestilarias, mas na época este projeto não deu certo devido a disponibilidade de cultivares não adaptados ao Brasil e também porque as pesquisas preferiram dar maior importância para a cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 2012).

4 MORFOLOGIA, FENOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

4.1 Morfologia

Sua estrutura radicular é composta por raízes que por possuir sílica na endoderme, grande quantidade de pelos absorventes e altos índices de lignificação de periciclo, confere a cultura maior tolerância a seca do que as demais, seu caule por sua vez é dividido em nós e entrenós e folhas ao longo de toda a planta, sua inflorescência é uma panícula e seu fruto é uma cariopse ou grão seco, compreende espécies anuais e espécies vivazes. Atinge 1 a 4 metros de altura, tendo vários caules por pé (afilhamento), em que cada um dos quais tem uma influencia terminal do tipo paniculado, uma espiga séssil, fértil, acompanhada por duas espigetas estéreis pedunculadas que caracterizam o gênero (DINIZ, 2010).

4.2 Fenologia

O sorgo é uma planta C4, de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas. Em sua grande maioria, os materiais genéticos de sorgo requerem temperaturas superiores a 21 °C para um bom crescimento e desenvolvimento. A planta de sorgo pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo desde déficit até excesso por tolerar mais, o déficit de água e o excesso de umidade no solo, do que a maioria dos outros cereais (DINIZ, 2010).

4.3 Classificação Botânica

- Reino : Vegetal
- Divisão: Magnoliophyta (Angiospermas)
- Classe: Liopsida (Monocotiledôneas)

- Subclasse: Commelinidae
- Ordem: Cyperales
- Família: Poaceae (Gramíneas)
- Género: *Sorghum*
- Espécie: *S. bicolor*

(RUGGIERI e REIS, 2006)

Poaceae é uma família de ampla distribuição geográfica, incluindo cerca de 700 gêneros e 10000 espécies em todo o mundo, dos quais aproximadamente 170 gêneros e 1500 espécies são nativos do Brasil. Diversas são as referências da utilização de espécies de Poaceae, no entanto, a mais importante utilização comercial está no fato de serem a principal fonte de alimento para o homem. As gramíneas estão entre as cinco famílias mais ricas em espécies do reino vegetal e representam na América, uma das famílias mais importantes do ponto de vista taxonômico. Apesar da significância biológica e econômica, as Poaceae ainda carecem de investigações científicas envolvendo taxonomia e filogenia (SOUZA, 2012).

FIGURA 1 – Sorgo sacarino (CORREIO DO ESTADO, 2011)



5 PRAGAS E DOENÇAS

5.1 Pragas

- Mosca-do-sorgo (*Stenodiplosis sorghicola*)
- Percevejo-castanho (*Scaptocoris castanea*)
- Pulgão (*Metopolophium dirhodum*)
- Pulga-do-arroz (*Chaetocnema sp.*)
- Lagarta-do-cartucho-do-milho (*Spodoptera frugiperda*)
- Curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*)
- Broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*)
- Lagarta-Elasmo (*Elasmopalpus lignosellus*)
- Lagarta-da-espiga-do-milho (*Helicoverpa zea*)

(GALLO *et al.*, 2002)

A principal praga da cultura do sorgo é a mosca-do-sorgo (*Stenodiplosis sorghicola*), que são moscas de asas transparentes e abdome avermelhado, as fêmeas medem cerca de dois milímetros de comprimento. Cada fêmea é responsável por colocar cerca de 30 a 100 ovos, sendo um ovo por flor. As larvas são rosadas e se alimentam do ovário floral, impedindo a formação dos grãos (DOW AGROSCIENCES, 1995).

FIGURA 2 - Mosca-do-sorgo (DOW AGROSCIENCES, 1995)



Controle: na fase de larva é praticamente impossível controlar essa praga, pois a larva fica protegida dentro da espigueta do sorgo. Portanto, o controle efetivo da mosca depende da integração de várias estratégias para reduzir a população dos adultos ovipositando na lavoura. Assim, são recomendadas várias medidas culturais tais como: a eliminação do sorgo selvagem nas áreas próximas ao plantio comercial para evitar a multiplicação do inseto antes do florescimento das plantas; o plantio cedo para que floresça antes da ocorrência do pico populacional da mosca; bom preparo do solo; plantio num curto período de tempo; uso de híbridos que permitam a floração uniforme para evitar a multiplicação da mosca nas plantas que florescerem primeiro. O controle químico deve ser o último recurso e somente quando os levantamentos realizados de 3 em 3 dias durante o florescimento indicarem em média uma fêmea/panícula. Tanto os levantamentos quanto as pulverizações devem ser realizados pela manhã quando as fêmeas estão ovopositando (EMBRAPA, 2000).

5.2 Doenças

- Mosaico do sorgo (*Sugarcane mosaic virus* – SCMV)
- Antracnose (*Glomerella graminicola*)
- Ferrugem (*Puccinia purpurea*)
- Míldio (*Peronosclerospora sorghi*)
- Doença açucarada do sorgo (*Claviceps africana*)
- Podridão seca do colmo (*Macrophomina phaseolina*)
- Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*)
- Cercosporiose (*Cercospora sorghi*)
- Mancha Zonada (*Gloeocercospora sorghi*)
- Podridão Vermelha do colmo (*Gibberella fujikuroi*)
- Podridão de escleródio (*Sclerotium rolfsii*)
- Carvão da panícula (*Sporisorium reilianum*)
- Estria da folha (*Pseudomonas andropogonis*)
- Risca da folha (*Xanthomonas campestris*)
- Mancha da folha (*Pseudomonas syringae*)
- “Damping-off”
- Mofo da panícula e grãos
- “Sooty stripe” (*Ramulispora sorghi*)

(PANIZZI e FERNANDES, 1997)

A antracnose, causada pelo patógeno *Colletotrichum graminicola*, é uma das mais importantes doenças da cultura do sorgo, pela sua ampla disseminação, estando presente em

todas as áreas de plantio de sorgo no Brasil, com sua capacidade de causar danos a cultura. Os danos são maiores quando há alternância de condições ambientais favoráveis, pela agressividade das raças do patógeno predominantes em uma determinada área e pelo estágio fisiológico da planta. Os sintomas da antracnose podem expressar-se em 3 fases na planta: a antracnose foliar, a antracnose da panícula e do grão e a fase de podridão do colmo. Controle: Químico (GRUPO CULTIVAR, 2011).

FIGURA 3 - Sorgo contaminado com antracnose (EMBRAPA, 2010)



6 TIPOS DE SORGOS

Existem basicamente quatro tipos de sorgo: granífero, sacarino, vassoura e forrageiro.

6.1 Sorgo granífero

É um tipo de sorgo de porte baixo, altura de planta até 170cm, que produz na extremidade superior, uma panícula (cacho) compacta de grãos. Nesse tipo de sorgo o produto principal é o grão. Todavia, após a colheita, como o resto da planta ainda se encontra verde, pode ser usada também como feno ou pastejo (IPA, 2008).

6.2 Sorgo sacarino

É um tipo de sorgo de porte alto, altura de planta superior a dois metros, caracterizado, principalmente, por apresentar colmo doce e succulento como o da cana-de-açúcar. A panícula (cacho) é aberta e produz poucos grãos (sementes). Na nossa região pode ser utilizado como sorgo forrageiro, na forma de silagem e de corte. Todo sorgo sacarino pode ser forrageiro (IPA, 2008).

6.3 Sorgo Vassoura

É um tipo de sorgo que apresenta como característica principal a panícula (cacho) na forma de vassoura. Não é plantado na nossa região. Tem importância regionalizada, principalmente no Rio Grande do Sul, onde é usado na fabricação de vassouras (IPA, 2008).

6.4 Sorgo Forrageiro

É um tipo de sorgo de porte alto, altura de planta superior a dois metros, muitas folhas, panículas (cachos) abertas, com poucas sementes, elevada produção de forragem e adaptado ao Agreste e Sertão de Pernambuco. Existe sorgo forrageiro que possui colmo doce. Nesse caso, pode ser chamado também de sorgo sacarino (IPA, 2008).

7 ESPAÇAMENTO, ADUBAÇÃO E CALAGEM

Espaçamento – granífero: 50 a 70 cm entre linhas, com 10 plantas por metro linear; forrageiro: 70 a 90 cm entre linhas, com 12 a 15 plantas por metro (150 a 200 plantas por hectare); vassoura: 0,9 a 1,0 m entre linhas, com 10 plantas por metro. Calagem: Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de $5\text{mmol}/\text{dm}^3$. Em solos com teores de matéria orgânica acima de $50\text{g}/\text{dm}^3$, basta elevar a saturação por bases a 50%. Se o sorgo for plantado em fevereiro-março, aplicar o calcário antes da cultura de primavera-verão (RAIJ *et al.*, 1997).

Adubação mineral de plantio: Aplicar de acordo com a análise de solo e conforme a tabela abaixo:

TABELA 1 – Adubação mineral de plantio (RAIJ *et al.*, 1997)

Meta de produtividade				P resina, mg/dm^3			
Grãos	Matéria verde	Vassoura	Nitrogênio	0-6	7-15	15-40	>40
	t/ha		N, Kg/ha		P_2O_5 , kg/ha		
2-4	20-30	1-2	10	60	40	30	20
4-6	30-40	2-4	20	80	60	40	20
6-8	40-60	-	30	90	80	50	30

Meta de produtividade			K^+ trocável, mmol/dm^3			
Grãos	Matéria verde	Vassoura	0-0,7	0,8-1,5	1,5-3,0	>3,0
	t/ha		K_2O , kg/ha ⁽¹⁾			
2-4	20-30	1-2	50	40	20	0
4-6	30-40	2-4	50	50	40	20
6-8	40-60	-	50	50	50	30

⁽¹⁾ Para evitar excesso de sais no sulco de plantio, a adubação potássica para doses maiores que $50\text{Kg}/\text{ha}$ de K_2O , está parcelada, prevendo-se a aplicação em cobertura.

Aplicar $20\text{Kg}/\text{ha}^{-1}$ de S para produtividade esperada até $6\text{t}/\text{ha}$ de grãos ou $40\text{t}/\text{ha}^{-1}$ de matéria verde e $40\text{Kg}/\text{ha}^{-1}$ de S para produtividade maior, empregar $4\text{Kg}/\text{ha}^{-1}$ de Zn em solos com teores de Zn (DTPA) inferiores a $0,6\text{mg}/\text{dm}^3$ e $2\text{Kg}/\text{ha}^{-1}$ de Zn quando os teores estiverem de $0,6$ a $1,2\text{mg}/\text{dm}^3$. Os adubos devem ser aplicados no sulco de plantio, 5 cm ao lado e abaixo das sementes (RAIJ *et al.*, 1997).

Adubação mineral de cobertura: aplicar nitrogênio e o potássio em cobertura de acordo com a meta de produtividade e a tabela abaixo:

TABELA 2 – Adubação mineral de cobertura (RAIJ *et al.*, 1997)

Produtividade esperada			Classe de resposta a N			K ⁺ trocável, mmol/dm ³		
Grãos	Matéria verde	Vassoura	1.Alta	2.Média	3.Baixa	0-0,7	0,8-1,5	>1,5
	t/ha			N, kg/ha		K ₂ O, kg/ha		
2-4	20-30	1-2	40	20	10	0	0	0
4-6	30-40	2-4	60	40	20	20	0	0
6-8	40-60	-	90	70	40	40	20	0

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

1. Alta resposta esperada: solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de gramíneas ou outras culturas não leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação. 2. Média resposta esperada: solos muito ácidos, que serão corrigidos; ou com plantio anterior esporádico de leguminosas; solo em pousio por um ano; ou uso de quantidade moderada de adubos orgânicos. 3. Baixa resposta esperada: solo em pousio por dois ou mais anos, ou cultivo de sorgo após pastagem (exceto em solos arenosos); cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do sorgo; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos (RAIJ *et al.*, 1997).

Aplicar o nitrogênio ao lado das plantas 30 dias após a germinação, doses acima de 60 Kg/há de N podem ser parceladas em duas vezes, especialmente em solos arenosos e plantios precoces, aplicando metade cerca de 30 dias após a germinação e metade, 20 dias depois, em plantios tardios de sorgo para grãos ou forragem (fevereiro-março), o potencial de produção é reduzido. É conveniente, neste caso, fazer o plantio após soja ou outra leguminosa, aumentar a dose de N no plantio para 20Kg/há e, em condições de seca, dispensar a adubação de cobertura, aplicar o potássio em cobertura até 30 dias após a germinação, juntamente com a primeira cobertura de nitrogênio, em plantios tardios, sem irrigação, a aplicação de potássio em cobertura só será eficiente se houver ocorrência de chuvas (RAIJ *et al.*, 1997).

8 Ciclo da cultura do Sorgo Sacarino

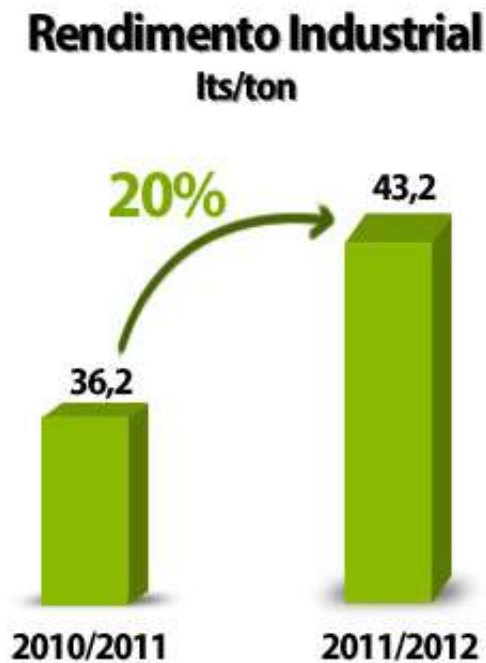
O sorgo sacarino tem um ciclo de produção variável entre 100 e 130 dias, de acordo com os diferentes híbridos disponíveis. As primeiras variedades do vegetal começaram a ser produzidas no país, na década de 1970, por iniciativa dos pesquisadores da Embrapa que, hoje, estimam que o sorgo pode ter a área de plantio quintuplicada nesta safra para até 100 mil hectares plantados. A cultura foi incluída no Plano Agrícola e Pecuário 2012/13 do Governo Federal, para o custeio de até 100 mil hectares, com a aplicação de R\$ 270 milhões (AGROVIP, 2012).

A Monsanto vem pesquisando o sorgo sacarino desde 2004, e em 2010/11 os primeiros campos comerciais de sorgo sacarino foram plantados pelas usinas. A área total plantada no Brasil em 2010/11 foi de aproximadamente 3.000 hectares. E neste ano, chegou a 12 mil hectares, um crescimento de 400%. Com o mesmo grupo de híbridos da Monsanto utilizados pelas usinas, os CV007 e CV147, a produtividade agrícola cresceu 55% (figura 4) em relação ao ano anterior e o rendimento industrial cresceu 20% (figura 5) no mesmo período de comparação. Este resultado é fruto de uma adequação do manejo agrônômico aliado à uma recomendação e a um acompanhamento técnicos (CANAVIALIS, 2012).

FIGURA 4 – Evolução da produtividade agrícola do sorgo sacarino na safra 2011/2012
(CANAVIALIS, 2012)



FIGURA 5 – Evolução do rendimento industrial do sorgo sacarino na safra 2011/2012
(CANAVIALIS, 2012)



9 PROJEÇÃO DO SORGO SACARINO

O alto preço que o etanol atinge na entressafra da cana-de-açúcar não é o único motivo para preocupação nas usinas, outro problema são os prejuízos ocasionados pela ociosidade dos equipamentos e maquinários e também a mão de obra durante os meses em que não se produz a matéria-prima do biocombustível. Por isso o sorgo sacarino é apresentado como uma forma de resolver esses problemas, sendo utilizado na entressafra da cana-de-açúcar (CAMARGO, 2011).

O sorgo pode ser colhido de 3 a 4 meses após o plantio, sendo colhido exatamente com o mesmo maquinário utilizado na colheita da cana. A retomada das pesquisas na Embrapa aconteceu em 2008, quando muitas usinas compradas por grandes nacionais, começaram a perceber que o investimento ficava parado em alguns meses do ano e encontraram no sorgo uma possível saída para aumentar a safra em 15 ou até 60 dias (OLIVEIRA, 2012).

Juntou-se á inatividade de alguns meses a necessidade de produzir mais etanol porque a frota de carros flex crescia acelerada e o combustível passou a faltar na entressafra. Algumas empresas internacionais como Monsanto, Ceres e Advanta perceberam a possibilidade de entrar no mercado e passaram a selecionar e produzir sementes comerciais para essas nova fase da produção de etanol (OLIVEIRA, 2012).

Atualmente a Monsanto desenvolveu um híbrido de sorgo sacarino como alternativa para produção de etanol, a usina Cerradinho localizada em Catanduva no interior de São Paulo acabou de produzir 1,4 milhão de litros de etanol utilizando como matéria-prima a planta desenvolvida pela multinacional. As atividades de pesquisa e desenvolvimento para chegar a esse híbrido começaram em 2004, este novo híbrido está sendo cultivado em dez usinas e totaliza 12 mil hectares de área plantada (SIMÕES, 2011).

Outra multinacional com sede nos Estados Unidos, a Ceres, que está se tornando especializada em culturas energéticas, também lançou dois híbridos em 2011. Embora exista certo entusiasmo pela introdução do sorgo na indústria de etanol, se tudo der certo será um novo marco na já exemplar história do biocombustível no país. A diferença de produção entre a cana-de-açúcar e o sorgo ainda é alta, a cana produz cerca de 7 mil litros de etanol por hectare ao ano, já o sorgo atinge 2,5 mil litros anuais por hectare, exatamente por esses números que o sorgo tende a ser utilizado como uma cultura complementar. O custo da

plantação é atrativo para o sorgo, R\$ 2 mil o hectare, ante R\$ 5 mil da cana e o cultivo dura apenas quatro meses (OLIVEIRA, 2012).

A Embrapa Milho e Sorgo, de Minas Gerais, trabalham com variedades do grão desde a década de 1980. Atualmente, mantém no mercado dois cultivares de sorgo sacarino, cujos testes em laboratório mostraram que é possível chegar a aproximadamente 4 mil litros de etanol por hectare. A entidade está em busca de melhores híbridos, a expectativa é que num prazo de dois ou três anos, novos materiais estejam disponíveis no mercado (CAMARGO, 2011).

TABELA 3 – Evolução dos cultivares de sorgo sacarino da Embrapa de 1975 a 2011 (SHAFFERT, 2011)

Cultivar	Florescimento (Dias)	Altura (m)	Produção Massa Verde (t/há)	de Produção de Grão (t/há)	de Brix (°B)
BR501	86	3,2	48,0	4,1	16,7
BR503	81	3,6	53,0	4,7	16,6
BR505	76	3,1	56,3	2,3	17,3
BR507	81	3,2	48,2	1,9	19,7
BRS506	80	3,1	49,0	2,4	20,4
CMSXS643	82	3,1	65,1	2,2	18,7
CMSXS644	83	3,8	63,9	1,8	16,8
CMSXS646	78	3,5	60,2	1,5	19,9
BRS601	78	2,8	49,7	5,5	13,7

10 COMPARAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR X SORGO

Sorgo sacarino tem produtividade esperada de 60 t a 80 t/ha⁻¹, 12% de teor de açúcar e entre 11% e 15% de fibra. Já a cana-de-açúcar tem produtividade média de 120 t/ha⁻¹, entre 13% e 14% de açúcar e até 12% de fibras. Além de ser uma cultura perene, a cana tem como vantagem a produção média de 145 quilos de açúcar por tonelada processada, contra 110 a 125 kg de açúcar do sorgo (BRASILAGRO, 2011).

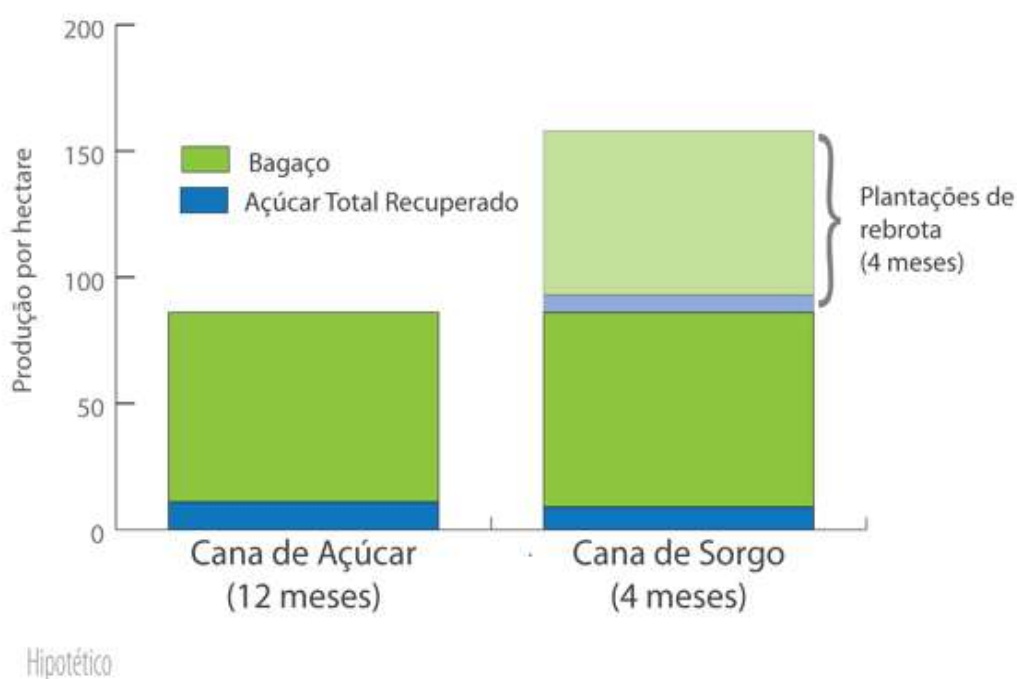
Através da figura 6, pode-se notar diferenças significativas entre o sorgo sacarino e a cana-de-açúcar, o sorgo leva algumas vantagens por apresentar plantio por sementes, requerimento de matéria prima, tempo de ampliação em escala, cultivo em áreas marginais, rápido crescimento, maior produção de biomassa favorecendo a cogeração, quando colhido manualmente não necessita ser queimado, baixa absorção de minerais e não há problemas com deterioração por colheita mecanizada. Já a cana apresenta vantagens por ter uma melhor qualidade do açúcar, maior produção e rebrotamento.

FIGURA 6 – Comparações das qualidades do sorgo em relação a cana-de-açúcar (CERES, 2010)

	Sorgo Sacarino	Cana de Açúcar
Qualidade do Açúcar	Açúcares misturados	✓ Sacarose
Tipo de plantio	✓ Propagação por sementes	Propagação vegetativa
Produção de Açúcar (% fw)	8 - 13	✓ 13 - 15
Requerimento de matéria-prima	✓ 50% água, 60% nitrogênio	Limitada pela água, nitrogênio
Tempo de ampliação de escala	✓ Propagação por semente - menor	Propagação vegetativa - maior
Áreas marginais	✓ Cultivo em áreas marginais	Limitada nas áreas marginais
Rebrota/flexibilidade	? 2-3 cortes por ano	✓ 12-18 meses
Extensão da estação >>	✓ Ciclo rápido de crescimento, 90 - 140 dias	12-18 meses
Produção de biomassa - co-geração (tons/ha)	✓ 25 - 100 tons/ha*	50 - 90 tons/ha
Colheita manual - sem queimada	✓ Campos mais limpos/sujeira reduzida	Queimada necessária
Absorção de minerais	✓ Baixo	Alto
Deterioração por colheita mecanizada	✓ Não há problemas	Sim

A figura 7, indica as quantidades de bagaço e Açúcares totais recuperados tanto da cana em um período de 12 meses, quanto do sorgo em um período de 4 meses. As quantidades são expressas a seguir:

FIGURA 7 – Produção por hectare de bagaço e Açúcar Total Recuperado (CERES, 2010)



O sorgo sacarino, além de potencializar a produção de bioetanol na entressafra da cana-de-açúcar, pode gerar maiores quantidades de biomassa, fazendo com que a usina aumente sua capacidade de cogeração e consequentemente aumente sua lucratividade.

O sorgo sacarino na entressafra é uma estratégia indicada para elevar a produção de etanol sem concorrência com a cultura de cana. A sua colheita utiliza os mesmos equipamentos da cana, reduzindo o período de ociosidade da indústria. Mesmo com produtividade menor em relação à cana-de-açúcar, a alternativa é viável considerando o ciclo completo de produção das duas culturas. Essa decisão estratégica poderá mitigar os riscos de falta de etanol, ajudar na estabilização dos preços desse produto e reduzir a importação de etanol e gasolina. Do ponto de vista da análise da concorrência ampliada é uma estratégia perfeitamente viável e cuja implantação deve ser conduzida o mais rapidamente possível (SANTOS, 2011).

11 COLHEITA

A cultura do sorgo pode ser conduzida basicamente com o mesmo maquinário utilizado para a cana-de-açúcar. A grande diferença está no plantio: ele é feito com plantadoras de sementes parecidas às utilizadas para plantios de milho, usando-se o sistema de plantio convencional ou direto com equipamentos iguais aos da cana (CANAVIALIS, 2011).

Após o plantio, as operações de aplicações de defensivos agrícolas e as atividades de colheita, carregamento e transporte podem ser conduzidas com os mesmos utilizados para cana, com pequenas alterações.

FIGURA 8 – Colheita do sorgo sacarino (REVISTA REVIDE, 2012)



A colheita pode ser realizada também por pequenas máquinas, como um trator equipado com uma ensiladeira por exemplo, o que torna viável para pequenos produtores quando a intenção é produzir etanol em micro-destilarias.

FIGURA 9 – Colheita com ensiladora (JUMIL, 2010)



12 PROCESSO INDUSTRIAL

O processo de recepção, preparo e extração do sorgo sacarino é basicamente o mesmo da cana, com algumas pequenas alterações, tais como: Adequações na mesa alimentadora, desenvolvimento de uma nova placa desfibradora e a necessidade de um kit de reposição para a entressafra (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012).

12.1 Adequações na mesa alimentadora

As alterações feitas na mesa garantem a uniformidade da matéria prima antes de passar pela moenda, facilitando o processo de extração.

FIGURA 10 – Mesa Alimentadora com sorgo sacarino (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)



12.2 Desenvolvimento de nova placa desfibradora

A modificação da placa desfibradora é necessária para melhorar o índice de preparo do sorgo sacarino e evitar problemas no processo. As fibras do sorgo sacarino são menores quando comparadas as fibras da cana-de-açúcar, assim quando o sorgo passa pela placa desfibradora modificada, evita-se o esmagamento da matéria-prima.

12.3 Kit de Reposição para a entressafra

- Conjunto de rolos da moenda: entrada , superior e saída, sem os rodetes.
- Conjunto de mancais inferiores
- Conjunto de mancais superiores
- Bagaceira
- Pentes inferior e superior
- Serviço de regulagem da moenda
- Supervisão e acompanhamento

(DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)

Cada conjunto de rolos de moenda, montados numa estrutura denominada castelo, constitui um terno da moenda. O número de ternos utilizados no processo de moagem varia de quatro a sete e cada um deles é formado por três rolos principais denominados: rolo de entrada, rolo superior e rolo de saída. Normalmente as moendas contam com um quarto rolo, denominado rolo de pressão, que melhora a eficiência de alimentação. A carga que atua na camada de bagaço é transmitida por um sistema hidráulico que atua no rolo superior (AMÉRICO *et al.*, 2010).

Os mancais inferiores são caixas construídas em aço fundido, em forma de cantoneira, fechado superiormente por uma tampa em aço inoxidável. Os mancais superiores são caixas

construídas em aço fundido, com guias alongadas, permitindo uma melhor oscilação do rolo superior (SIMISA, 2012).

A bagaceira expressa na figura 9, é construída em aço fundido e localiza-se entre os rolos inferiores e sob o rolo superior da moenda, mantêm-se presa sobre um componente chamado balança por meio de parafusos, cuja posição pode ser regulada por dispositivos especiais. A bagaceira é responsável pela limpeza dos frisos dos rolos, a melhor drenagem do caldo e menor queda de bagaço, o melhor ajuste da posição da bagaceira garante melhor desempenho e rendimento na extração (SORRILA *et al.*, 2008).

Cuidados: quando instalada muito alta, a carga sobre o rolo superior é muito elevada, ocorrendo desgaste da bagaceira, aumentando a potência absorvida, sufocando a passagem de bagaço, resultando em alimentação deficiente do terno. Quando for instalada muito baixa, o bagaço ao passar sobre ela não é comprimido suficientemente para impedir que o rolo superior deslize sobre a camada de bagaço, resultando em embuchamento (POLIDORO e SERRA, 2011).

FIGURA 11 – Bagaceira após a safra (POLIDORO *et al.*, 2011).



Os pentes podem ser construídos em ferro fundido, chapa de aço ou mesmo aço fundido. Podem ser divididos em superiores e inferiores e tem por finalidade a limpeza dos frisos das camisas por onde rola o bagaço. Os pentes superiores podem ser do tipo fixo ou oscilante e tem por função essencial a vedação do caldo que transpassa o rolo superior, podem

ser usados em conjunto com pente auxiliar de chapas, borrach ou madeira (SORRILA *et al.*, 2008).

A regulagem da moenda requer três medidas: a abertura entre o rolo superior e o de entrada, a abertura entre o rolo superior e o de saída, e a abertura entre o rolo superior e a bagaceira. O peso da fibra que passa pela moenda na unidade de tempo constitui a base do cálculo para a regulagem apropriada (LEMOS e TANCREDO, 2010).

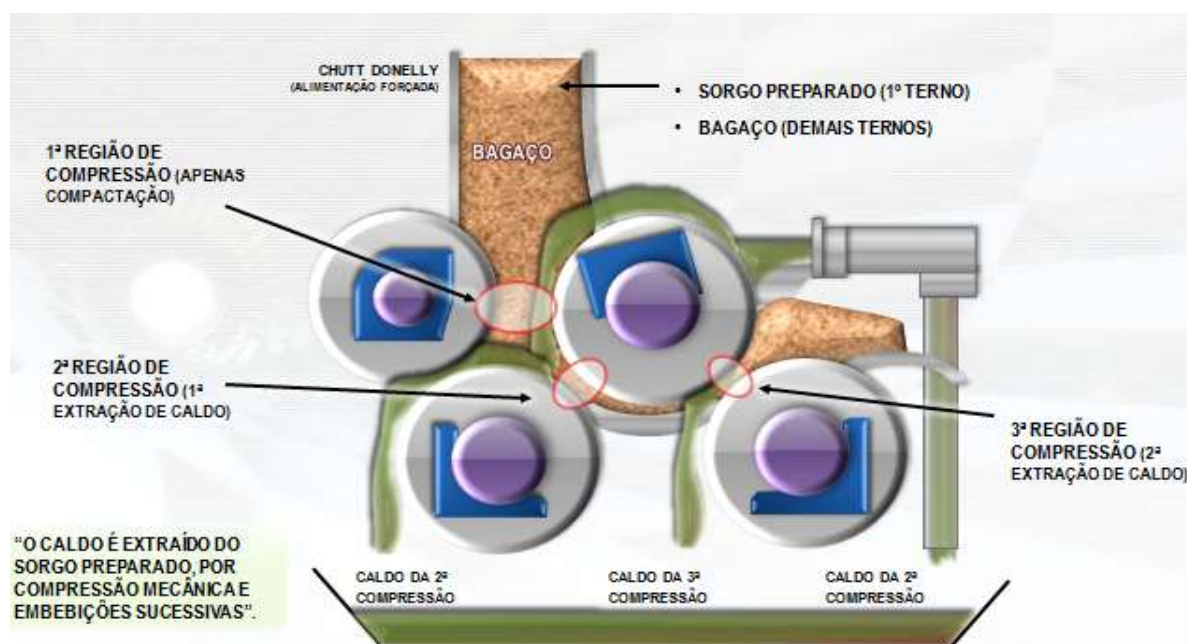
12.4 Desgaste dos rolos da moenda

O desgaste dos rolos é ocasionado por 5 causas:

- Desgaste do metal devido à acidez do caldo;
- Fricção das raspadeiras e bagaceira;
- Fricção da cana e do bagaço, que sempre desliza um pouco;
- Passagem de pedaços de ferro, esmagando o metal e quebrando os dentes;
- Necessidade de tornear o rolo na entressafra, depois de 2 ou 3 safras, para restabelecer a forma cilíndrica (ZOCCA, 2009).

Nas moendas de construção clássica, figura 10, o desgaste máximo tolerável para um rolo é cerca de 4 a 5%. Isto é, para um rolo novo com 1m de diâmetro, o mesmo deverá ser retirado de uso quando o diâmetro chegar 650 ou 960 mm. Nas moendas mais modernas, o desgaste pode ultrapassar os 5% (ZOCCA, 2009).

FIGURA 12 – Moenda (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)



12.5 Análises do caldo e fermentação

A tabela 4 a seguir, apresenta os resultados das análises do caldo de sorgo feitas no laboratório da Usina Noble Bioenergia.

TABELA 4 - Análises tecnológicas do caldo de sorgo Usina Noble Bioenergia (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)

Análises	Resultados
°Brix	13,07
Pol (%)	6,09
Umidade	52,83
AR (%)	1,45
Fibra (%)	29,12

A tabela 5 apresenta as principais características da fermentação do caldo de sorgo:

TABELA 5 - Análises tecnológicas da fermentação Usina Noble Bioenergia
(DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)

Análises	Resultados
Viabilidade	96,0%
Brotamento	5,81%
% Fermento	48,3
Teor alcoólico no vinho	4,58 °GL
Teor de levedo nos fermentadores	8,25%
Mosto	12,09°Brix
ART	10,49%

12.6 Tratamento do caldo

Provável necessidade de adicionar etapa de sacarificação do amido (0,5%) para afinamento do caldo e remoção de particulados, presença de ácido aconítico no caldo de sorgo sacarino (~ 0,25%), aumento de produtos químicos (PO_4 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$) na dosagem. Ajuste na remoção de bagacilho no caldo (ROSSEL, 2011).

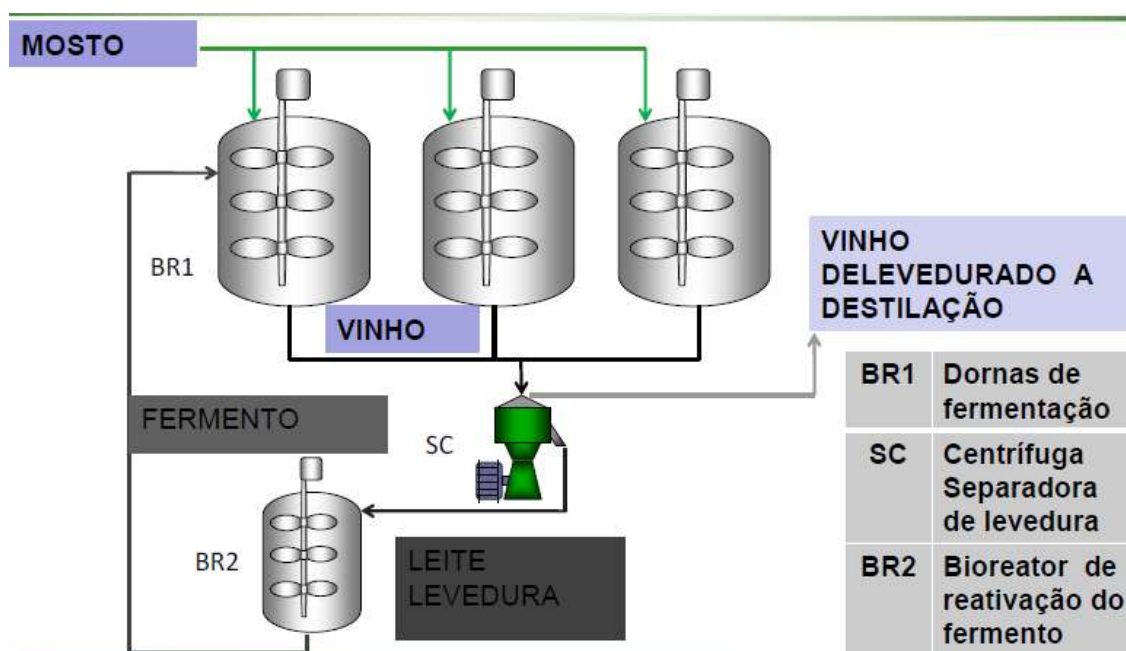
TABELA 6 - Proporção dos compostos químicos e nutrientes presentes no caldo de cana-de-açúcar e sorgo sacarino (ROSSELL, 2011)

Parâmetro	Cana-de-Açúcar	Sorgo Sacarino
Sólidos Solúveis (%)	16-19	18
Pureza (%)	80-90	60-75
Sacarose (Kg/m ³)	125-150	85-124,05
Frutose (Kg/m ³)	1	16,8
Glicose (Kg/m ³)	3	20,85
pH	5,5-5,6	4,9-5,1
Ácido aconítico (% no caldo misto)	Desprezível	~0,25%
Amido	Desprezível	~0,5%
P (ppm)	436	50-100
Ca (ppm)	80-90	40-60
Mg (ppm)	125-150	30
K (ppm)	620	1900-5000

12.7 Fermentação de Mosto de sorgo sacarino

Foram desenvolvidos testes de fermentação no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol pela Embrapa Milho e Sorgo em 2011, por batelada ou batelada com reutilização de pé por vários ciclos, mostrando que a fermentação transcorre mesmo até teores altos de etanol (acima de 10°GL) sem presença de inibidores, conversão eficiente do ART e tempos da mesma ordem que para mosto de cana-de-açúcar. Testes em larga escala (piloto e pequenas unidades industriais) mostraram resultados positivos.

FIGURA 13 - Fermentação alcoólica com reciclo e reutilização de fermento
(ROSSELL, 2011)



A próxima etapa é a otimização das condições de fermentação para atingir rendimentos (89-91%) e produtividades (4-7 Kg/m³h etanol) como a dos mostos de cana, empregando o processo de batelada alimentada com reativação e reciclo do fermento (ROSSELL, 2011).

Pontos críticos a serem abordados: Verificação da necessidade nutricional, N (como uréia ou sais de amônia) e P (como DAP). Presença de bagacilhos ou grânulos de amido pode dificultar o desempenho das centrífugas, acúmulo de matéria inerte com o fermento poderá aumentar sangramento de eficiência de conversão de ART em etanol (ROSSELL, 2011).

12.8 Destilação

O mosto fermentado (vinho) que vem da fermentação possui, em sua concentração 7 a 10% em volume de álcool, além de outros componentes de natureza líquida, sólida e gasosa. O álcool presente neste vinho é recuperado pela destilação, processo de separação de componentes de uma mistura baseado nas suas capacidades de evaporação em uma dada

temperatura e pressão. Na destilação a mistura é aquecida até a fervura, sendo que os vapores são resfriados até se torarem líquido novamente (DORADO, 2009).

Assim, o efeito final é o aumento da concentração do componente mais volátil (álcool) no vapor e do componente menos volátil (caldo fermentado) no líquido. Por este processo obtêm-se, a partir de um vinho de 7 a 9% de teor alcoólico, um teor próximo a 96% em etanol. A partir deste ponto ocorre um fenômeno físico denominado "azeotropia" e a destilação fracionada não funciona mais. A mistura nesta composição é chamada "mistura azeotrópica", a formação desta mistura na destilação determina a existência de duas classes de álcool: álcool hidratado e álcool anidro ou absoluto (DORADO, 2009).

TABELA 7 - Resultados médios da destilação feita na usina noble bioenergia
(DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)

Análises	Resultados
Produção de álcool hidratado	1.500.000L
Eficiência da destilação	99,77%
Vinhaça	0,061°GL
pH	6,4
Condutividade	21µS/m
Acidez	0,86mg/L

13 TESTE NA USINA

O experimento conduzido pela Dedini em conjunto com o Grupo Noble em Catanduva-SP, contou com um plantio de sorgo em 796,11 hectares e o período de acompanhamento foi de 04/04/2012 a 14/04/2012. O sorgo colhido apresentou grande quantidade de impurezas minerais e vegetais e baixa densidade, as impurezas minerais compreenderam em parte de 9,8% e as impurezas vegetais de 22%, o brix médio estava em torno de 13° e a pol média de 6,09%.

A moagem foi feita de forma mista de sorgo e cana e a proporção de cada matéria prima está expressa na figura a seguir:

FIGURA 14 - Proporção de cana-de-açúcar e sorgo sacarino que passaram por moagem mista (DEDINI e NOBLE GROUP, 2012)



O eixo x representado indica os dias, já o y é dado em toneladas.

14 CONCLUSÃO

O sorgo sacarino apresenta-se como uma cultura promissora para a produção de etanol na entressafra da cana-de-açúcar por apresentar rápido crescimento e toda sua facilidade de produção.

Possui muitas vantagens como plantio por sementes, colheita mecanizada, podendo utilizar os mesmos equipamentos da cana, colmos com boas concentrações de açúcares, e aproveitamento do bagaço que pode ser queimado gerando energia elétrica ou usado para produzir etanol de segunda geração, as sementes também podem ser utilizadas como alimentos destinados a animais nas propriedades rurais.

O sorgo possui muitas semelhanças com a cana-de-açúcar, mas não apresenta as mesmas condições de produção de etanol. Em muitas regiões do país a cana não atende a toda demanda de etanol e seu cultivo apresenta exigências climáticas que acaba restringindo o cultivo em algumas regiões do país.

Falta maior incentivo a pesquisas e desenvolvimento de novos trabalhos, visando melhorar as sementes existentes por variedades cada vez mais produtivas.

REFERÊNCIAS

AGROVIP. **Sorgo sacarino**. 2012. Disponível em: <<http://www.revide.com.br/agrovip/sorgo-sacarino/>>. Acesso em: 21 jan. 2012.

AMERICO, I.; AZEVEDO, J. G.; OLIVEIRA, R.; SOUZA, A. **Moenda x Difusor**. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABeHAAE/moenda-x-difusor>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

BRASILAGRO. **Cerradinho antecipa safra em 45 dias com uso de sorgo**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasilagro.com.br/index.php?noticias/detalhes/12/35058>>. Acesso em: 21 nov. 2012.

CANAVIALIS. **Cultura de sorgo sacarino: uma nova alternativa para otimização da indústria sucroalcooleira**. 15. ed. Campinas, 2011.

CANAVIALIS. **Produtividade do sorgo sacarino nas usinas aumentou em 55% na safra 2011/12**. 2012. Disponível em: <<http://www.canavialis.com.br/artigos/produtividade-do-sorgo-sacarino-nas-usinas-aumentou-em-55-na-safra-2011-12.aspx>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

CAMARGO, H. **Sorgo sacarino é alternativa para a produção de etanol**. 2011. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI231692-18281,00SORGO+SACARINO+E+ALTERNATIVA+PARA+A+PRODUCAO+DE+ETANOL.html>>. Acesso em: 08 nov. 2012.

CERES. **Etanol**. 2010. Disponível em: <<http://www.ceres.net>>. Acesso em: 19 nov. 2010.

CORREIO DO ESTADO - **Sorgo Sacarino**. Disponível em: <http://www.correiodoestado.com.br/noticias/cresce-cultivo-de-sorgo-para-etanol-no-pais_120315/>. Acesso em: 20 nov. 2011.

DEDINI E NOBLE GROUP - **Análise do processamento industrial do sorgo sacarino para a produção de etanol**. Catanduva, 2012.

DINIZ, G. M. M. **Produção de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) aspectos gerais**. 2010. 22f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

DORADO, R. **Obtensão de bioetanol através de milho, sorgo, e batata-doce em escala laboratorial**. 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAaz54AF/obtencao-bioetanol-atraves-milho-sorgo-batata-doce-escala-laboratorial>>. Acesso em: 16 nov. 2012.

DOW AGROSCIENCE – **Mosca-do-sorgo**. Disponível em: <<http://www.dowagro.com/br/lorsban/pragas/moscasorgo.htm>>. Acesso em : 18 jan. 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. **Pragas na panícula do sorgo**. 2000. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/ppanicula.htm>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

EMYGDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**. 2010. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm>. Acesso em: 04 nov. 2012.

GALLO, D. *et al.* **Manual de Entomologia**. v. 10. Piracicaba-SP: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz FEALQ, 2002. p. 508-512.

JUMIL. **Colheita**. Disponível em: <<http://www.jumil.com.br/produtos/colheita>>. Acesso em: 05 mai. 2010.

GRUPO CULTIVAR – **Ataque ao sorgo**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=617>>. 2011. Acesso em: 18 jan. 2013.

IPA – INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Cultura do sorgo**. 2008. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp3.php>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

LEMO, J. C.; TANCREDO, M.O. C. **Uma análise comparativa entre o difusor e a moenda na extração da sacarose**. 2010. 67f. Dissertação (Graduação) - Universidade de Franca, Franca, 2010.

OLIVEIRA, M. **Opção produtiva**. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/03/23/op%C3%A7%C3%A3o-produtiva/>>. Acesso em: 21 nov. 2012.

PANIZZI, R. C. *et al.* **Manual de Fitopatologia Volume 2: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1997. p. 628-640.

POLIDORO, A.; SERRA, A.; TOITO, A. Bagaceira: **Revestimento na medida certa**. 2011. Disponível em: <http://www.bohlersoldabrasil.com.br/janeiro_2011/fev1.html>. Acesso em: 18 jan. 2013.

POLIDORO, A.; SERRA, A. **Garantindo a vida útil da bagaceira**. 2011. Disponível em: <http://www.bohlersoldabrasil.com.br/julho_2011/garantindo.html>. Acesso em: 14 nov. 2012.

RAÍZEN. **Tecnologia na produção de etanol**. 2011. Disponível em: <<http://www.raizen.com/pt/segmento-de-negocios/etanol.aspx>>. Acesso em: 02 nov. 2012.

REVISTA REVIDE - **Sorgo sacarino**. Disponível em: <<http://www.revide.com.br/agrovip/sorgo-sacarino/>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

ROSSELL, C. E. V. **Tecnologia Agroindustrial de sorgo sacarino**. 2011. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/sorgosacarino/CTBE.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. **Noções de taxonomia e morfologia de plantas forrageiras (gramíneas e leguminosas)**. 2006. 22f. Dissertação (Graduação) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SANTOS, G. **Concorrência dos produtos do sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar no Brasil**, São Paulo, v.5, 2011.

SIMISA. **Moendas**. 2012. Disponível em:
<<http://www.simisa.com.br/home/produtos.php?id=61>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

SIMOES, J. **Monsanto desenvolve híbrido de sorgo sacarino como alternativa para produção de etanol**. 2011. Disponível em:
<<http://www.inovacao.unicamp.br/destaques/monsanto-desenvolve-hibrido-de-sorgo-sacarino-como-alternativa-para-producao-de-etanol>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

SHAFFERT, R. E. **Estratégias para o melhoramento de sorgo sacarino e desafios futuros**. 2011. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/sorgosacarino/Robert_Schaffert.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2012.

SORRILA, F. V. *et al.* **Estudo econômico-financeiro de sistemas de extração de caldo: moenda e difusor**. 2008. 59f. Dissertação (Especialista) - Universidade de São Paulo escola superior de agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, 2008.

SOUZA, V. C. **Filogenia de Axonopus p. Beauv. (Poaceae, Panicoideae, Paniceae) e revisão taxonômica de espécies ocorrentes no bioma cerrado**. 2012. Disponível em:
<<http://www.bv.fapesp.br/pt/bolsas/134131/filogenia-axonopus-p-beauv-poaceae/>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J.L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETO, R. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p.237-239. (Boletim Técnico, 100).

UNICA-UNIÃO CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **O etanol: combustível limpo e renovável**. 2008. Disponível em:
<<http://www.unica.com.br/content/show.asp?cntCode=11891360-41CC-459C-9A22-191506941834>>. Acesso em: 31 out. 2012.

UNICA-UNIÃO CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Uso de etanol combustível favorece combate ao aquecimento global**. 2009. Disponível em:
<<http://www.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7BA2A5CCE1-D805-48EB-8CA6-A4B1FC8256DE%7D>>. Acesso em: 31 out. 2012.

UNICA-UNIÃO CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Safra praticamente encerrada no Centro-Sul totaliza 531,35 milhões de toneladas**. 2013. Disponível em :
<<http://www.unica.com.br/noticia/18631428920340519885/safra-praticamente-encerrada-no-centro-sul-totaliza-531-por-cento2C35-milhoes-de-toneladas/>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

ZOCCA, M. **Moendas**. 2009. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/05__Moendas_000fxourdm402wyiv8018wi9tas2husf.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2012.