

Com a utilização desta proporção e de bordaduras adequadas, consegue-se polinização suficiente.

Devem ser eliminadas todas as plantas atípicas antes do florescimento, arrancando-se inclusive o sistema radicular. Por planta atípica entende-se toda planta que apresente características distintas das linhagens em questão, em relação à altura de planta, tipo de panícula, florescimento etc. No florescimento, diariamente, no período da manhã, as fileiras da linhagem A devem ser percorridas, a fim de detectar o aparecimento de panículas com espiguetas férteis. Uma espiguetas fértil apresenta anteras com coloração amarela intensa, cheias, liberando grãos de pólen quando tocadas, ao passo que a espiguetas estéril possui anteras com coloração amarela pálida, ocasionalmente apresentando-se mais intensamente coloridas, e se distinguem por sua imobilidade quase completa.

Especial atenção deve ser dada ao clima, na escolha de áreas destinadas à produção de sementes de sorgo, uma vez que, pelas características da cultura, pode ocorrer um processo de deterioração da semente em função da elevada umidade e da incidência de doenças, após a maturação. Assim sendo, campos de produção de sementes de sorgo devem ser instalados em regiões onde não ocorram elevados níveis de umidade no período de maturação da semente.

A colheita deve ser realizada, quando o teor de umidade das sementes estiver entre 14 e 15%, uma vez que, dentro deste intervalo, as sementes estão menos sujeitas a danos. É necessário que as sementes sofram um processamento adequado, para que possam alcançar alta viabilidade.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. Rio de Janeiro, USAID, 1971, 381 p.
2. DELOUCHE, J.C. & POTTS, H.C. *Programa de sementes; planejamento e implantação*. 2. ed. Brasília, AGIPLAN, 1974. 118 p.
3. GREGG, B.R.; CAMARGO, C.P.; POPINIGIS, F.; LINGERFLET, C.W. & VECCHI, C. *Guia de inspeção de campos para produção de sementes*. 2. ed. Brasília, AGIPLAN, 1975. 100 p.
4. KING, J.B.; QUINBY, J.R.; STEPHENS, J.C.; KRAMER, N.W. & LAHR, K.A. *An evaluation of parents of grain sorghum hybrids*. s.1., Texas Agricultural Experiment Station, 1961. 15 p. (Tech Bull. 510).
5. QUIMBY, J.R. & SCHERTZ, K.F. *Genética, fitotecnia y producción de semilla de sorgo híbrido*. In: WALL, J.S. & ROSS, W.M., *comp. Producción y usos del sorgo*. Buenos Aires, Hemisfério Sur, 1975, cap. 3, p. 43-67.
6. TOLEDO, F.F. de & MARCOS FILHO, J. *Manual de sementes; tecnologia de produção*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1977. 224 p.

Sorgo sacarino para produção de álcool

F. Giacomini S.

Pesquisador/ CNPMS/EMBRAPA

1 – INTRODUÇÃO

A crise energética, desencadeada a partir de 1973 com aumento brusco do preço do petróleo, provocou conseqüências desastrosas para todos os países em desenvolvimento que importam parcial ou totalmente combustíveis fósseis. O petróleo, sendo um combustível fóssil, terá suas reservas reduzidas em futuro próximo, devido ao aumento incontrolável do consumo mundial, elevando os preços a níveis imprevisíveis. Esta política despertou a atenção dos países envolvidos, dentre eles o Brasil, a um reexame dos recursos e necessidades energéticas, procurando estudar a viabilidade do aproveitamento de fontes de energia renováveis em plano nacional.

O uso da energia solar surge como uma das alternativas sob o ponto de vista de conversão fotobiológica, tendo como princípio o mecanismo fotossintético das plantas, em que o CO₂ da atmosfera é fixado nas plantas, sob diversas formas de compostos orgânicos (FILGUEIRAS, 1979). A biomassa produzida é convertida em produtos que poderão substituir derivados de petróleo, como o álcool carburante.

O Brasil é considerado um País onde a fixação de carbono fotossintético é extremamente alta e, conseqüentemente, uma área adequada para a produção de fermentáveis (CALVIN, 1976). Estas considerações colocam o sorgo sacarino em destaque dentre as matérias-primas existentes para tal fim. Essa cultura, pertencendo ao grupo de plantas C4 apresenta uma alta eficiência fotossintética. Além disso, oferece um ciclo produtivo mais curto (de 100 a 130 dias), condições para total mecanização, colmos com açúcares diretamente fermentáveis, dispensando-se a operação de sacarificação, que é utilizada quando se industrializam os grãos e aproveitamento do bagaço na produção de energia para a industrialização.

2 – CARACTERÍSTICAS DA CULTURA

2.1 – Cultivares

A condução da cultura do sorgo sacarino é semelhante à do sorgo forrageiro, com diferenças



nos métodos de colheita e processamento. Um dos fatores de extrema importância no cultivo do sorgo para produção de álcool é a escolha de cultivares com características desejáveis tais como: a) alta capacidade de rendimento de colmos (de comprimento médio a grande) por hectare; b) resistência ao acamamento; c) alta percentagem de extração de caldo; d) caldo com alto conteúdo de sólidos solúveis totais (Brix), principalmente açúcares; e) resistência às principais doenças; f) tolerância à seca e ao encharcamento; g) resistência aos danos causados por inseticidas. Existem grandes diferenças entre cultivares, pelas variações dessas características e adaptação às condições edafoclimáticas.

Uma cultivar de sorgo sacarino deve apresentar colmos com maior diâmetro e vigorosos, o suficiente para atingir uma altura não muito excessiva e desenvolver de dois a quatro perfilhos. A baixa capacidade de perfilhamento, geralmente proporciona baixos rendimentos de colmos. O acamamento aumenta o custo da colheita e pode ser provocado pelas seguintes causas: a) fragilidade (de origem genética) dos colmos; b) infecção severa de doenças que enfraquecem os colmos pela destruição dos tecidos internos; c) tombamento da planta inteira, que pode ser provocado pela debilidade varietal do sistema radicular, práticas culturais inadequadas, danos por insetos ou ventos fortes. A percentagem de extração depende do conteúdo de cal-

do dos colmos e do equipamento de moagem, sendo que os valores acima de 55% são considerados os melhores. O conteúdo de sólidos solúveis totais no caldo, principalmente açúcares redutores totais (ART), traduzem o potencial para uma boa eficiência na fermentação alcoólica. Este conteúdo é influenciado pela idade da planta e, adversamente por incidência de doenças, práticas culturais e condições climáticas que impedem o desenvolvimento normal das plantas. A resistência varietal às principais doenças é uma característica altamente importante na escolha de cultivares, uma vez que as perdas por ataque de doenças podem variar de uma leve redução no rendimento até a perda total da cultura. Certos inseticidas, principalmente aqueles à base de parathion metílico, podem causar sérios danos à cultura. Em áreas onde é comum a pulverização aérea, devem-se escolher cultivares resistentes a esse tipo de dano.

2.2 – Rendimento Agrícola

O cultivo do sorgo sacarino para produção de álcool tem como objetivo principal a produção de colmos, que possuem açúcares diretamente fermentáveis, sendo que os grãos poderão ser aproveitados caso tenham teor elevado de amido e as condições de preço sejam favoráveis. A produtividade de colmos depende da cultivar, tipo e fertilidade do solo, disponibilidade d'água, época de plantio, práticas culturais, temperatura, radiação solar etc. Geralmente, as épocas de plantio da maioria das culturas são ajustadas para se obter o máximo de rendimento. Segundo HIPP et alii (1970), a radiação solar recebida pela planta, durante o período entre o emborrachamento e o início de formação do grão, é responsável por cerca de 75% da variação do rendimento. Desta maneira, a época de plantio deve ser ajustada para que o referido período coincida com a época de maior radiação solar.

A época de plantio é muito importante quando se utilizam cultivares sensíveis ao fotoperíodismo. À medida que se retarda o plantio ou se avança para menores latitudes ocorre uma diminuição no ciclo da planta, na altura e conseqüentemente no rendimento. Entretanto, a correlação entre florescimento e altura nem sempre é significativa, uma vez que pode haver a influência de outros fatores como disponibilidade d'água, temperatura, adubação, etc. Por outro lado, tendo-se um "stand" normal, plantas altas proporcionam maiores rendimentos ($r = 0,83^{**}$ do Ensaio Nacional do Sorgo Sacarino 77/78). Os rendimentos médios de colmos verificados em cinco locais nos EUA, com as cultivares 'Brandes' e 'Sart' alcançaram os valores de 45 e 43 t/ha respectivamente. As mesmas cultivares em cinco locais no Brasil (Sete Lagoas 1 e 2, Jaíba, Araras e Pelotas) revelaram resultados semelhantes, tendo atingido 44 e 47 t/ha, respectivamente. Quanto ao rendimento de grãos, a maioria

QUADRO 1 – Resultados de Análise do Caldo de Sorgo Sacarino (Obtidos de Bibliografia e do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino 77/78) e de Cana-de-Açúcar (Médias de S. Paulo).

Análise de Caldo	Sorgo Sacarino		Cana-de-Açúcar
	(Bibliografia)	(ENSS - 77/78)	(São Paulo)
Qtde. de caldo (kg/t de colmo)	350 - 600	500 - 700	600 - 800
Brix	16 - 20	14 - 20	18 - 21
Sacarose (%)	10 - 15	8 - 16	15 - 18
Açúcares redutores (%)	1 - 4	0,7 - 7,3	0,2 - 1,5
Açúcares totais (%)	14 - 20	14 - 18	16 - 19
Pureza (%)	60 - 80	60 - 80	80 - 90
Relação Sacarose/redutores	1,5 - 15,0	-	15 - 80

das cultivares em estudo no CNPMS/EMBRAPA apresentou uma média em torno de 2,5 t/ha, não sendo raros valores acima de 5 t/ha.

2.3 – Rendimento do Álcool

Mudanças na composição do caldo, nas condições de fitossanidade dos colmos, bem como nos estádios de maturação da cultura, influenciam no rendimento de álcool. Resultados de análises do caldo, obtidos de bibliografia (SERRA, 1977) e no Ensaio Nacional do Sorgo Sacarino, mostram que o sorgo sacarino apresenta uma composição semelhante à cana-de-açúcar. (Quadro 1).

A baixa relação sacarose/açúcares redutores verificada no sorgo sacarino, não constitui problema para a fermentação alcoólica, embora influencie negativamente na fabricação de açúcar. No entanto, essa composição, principalmente o conteúdo de açúcares totais, aumenta progressivamente do florescimento ao estágio de grão maduro (grão de consistência firme e dura que resiste ao corte com a unha). Desta maneira, torna-se necessário que se estabeleça um critério para se determinar o ponto ótimo de colheita, isto é, estágio em que as plantas (colmos) apresentam conteúdos máximos de açúcares e de caldo. Um dos métodos, seria o acompanhamento da evolução desses dois fatores em curvas de maturação, a partir do final do florescimento até à maturação. Geralmente, esses máximos ocorrem no estágio de grão maduro. As cultivares susceptíveis às doenças poderão ser colhidas em final de grão leitoso, uma vez que o retardamento da colheita pode inutilizar os colmos para industrialização.

Resultados obtidos no INT (ARAUJO, 1977), revelaram valores expressivos na fermentação do caldo, com rendimento em torno de 90 a 95% de eficiência em conversão de açúcares em álcool. Quanto aos grãos, foi verificada uma eficiência de conversão (hidrólise do amido), variando de 85 a 95%, atingindo 93% de eficiência na fermentação. O Quadro 2 mostra uma estimativa do rendimento de álcool etílico do sorgo sacarino (colmos e grãos) fornecida por SERRA (1977).

QUADRO 2 – Rendimentos de Álcool Etílico de Sorgo Sacarino.

Componentes	Rend. Agrícola	Rendimento em Álcool	
	(t/ha)	ℓ/t	ℓ/ha
Colmo	20 - 45 (32,5)	55 - 85 (70)	1100 - 3825 (2460)
Grão	2,5 - 5,0 (3,75)	310 - 370 (340)	775 - 1850 (1315)
Total	-	-	1875 - 5675 (3775)

OBS.: Os números entre parênteses representam as médias aritméticas dos dados.

Para posicionar o sorgo sacarino frente a outras matérias-primas, como a cana-de-açúcar e a mandioca, SERRA (1977) transformou dados dos rendimentos agrícola e industrial para uma base comum de t/ha/ano e ℓ/ha/ano. Este procedimento baseou-se no fato de que as três culturas apresentam ciclos diferentes. Considerou-se para a cana-de-açúcar um ciclo de 18-22 meses para a cana-planta e 12 meses para as socas, para a mandioca de 18-24 meses e para o sorgo sacarino quatro meses. Desta maneira, os resultados revelaram rendimentos médios em álcool, de 4125 ℓ/ha/ano para cana-de-açúcar, 2250 ℓ/ha/ano para mandioca e 3775 ℓ/ha/ano para o sorgo sacarino. Em termos médios, a mandioca mostrou um rendimento 45% inferior ao da cana-de-açúcar e o sorgo sacarino apenas 8%, com uma superioridade de 40% sobre a mandioca. Além disso, considerando-se o ciclo das três culturas, o sorgo sacarino é o único que permite a utilização do solo para outros fins, durante o ano, devido ao seu ciclo curto.

2.4 – Balanço Energético

O balanço energético é um fator de grande importância na eleição de uma matéria-prima para a produção de energia. Esse balanço consiste na diferença entre a energia produzida e a consumida (energia cultural) em todas as etapas do processo

produtivo, tanto na fase agrícola quanto na fase industrial. Dentre 24 culturas analisadas por HEICHEL (1976), o sorgo, a cana-de-açúcar e o milho oferecem o mais alto ganho calorífico, os quais retornam quatro a cinco calorias de alimento por unidade de energia cultural.

Procurando estudar o balanço energético SILVA et alii (1976) apresentaram resultados interessantes. Na fase agrícola o consumo de combustível representa 50% do gasto de energia nas três culturas; os fertilizantes são responsáveis por aproximadamente 30% da energia gasta na cana-de-açúcar e 24% na mandioca e no sorgo sacarino. A energia utilizada na fase industrial é aproximadamente 2,5 vezes maior que a energia consumida na fase agrícola, nas três culturas, o que corresponde a 70% da energia cultural total. Estabelecendo uma comparação entre a cana-de-açúcar, mandioca e o sorgo sacarino (Quadro 3), pode-se verificar que o sorgo sacarino apresentou um saldo no balanço energético favorável. Um outro fator a ser observado é a relação entre a energia produzida devida ao álcool e a energia cultural agrícola. Essa relação apresentou índices de 4,44 e 4,25 para cana-de-açúcar e sorgo sacarino respectivamente, indicando que para cada unidade de energia, efetivamente gasta, a cana retorna 4,44 unidades úteis e o sorgo sacarino 4,25. Assim, o sorgo sacarino apresentou um saldo energético apenas 4% inferior ao da cana-de-açúcar. A mandioca revelou o menor retorno, com índices de 3,28; 2,63 e 1,59 com aproveitamento total, de 50% e sem utilização das ramas, respectivamente.

3 – CONCLUSÕES

Analisando-se a viabilidade do sorgo sacarino para a produção de álcool, conclui-se que:

3.1 – O sorgo sacarino apresenta uma alta eficiência fotossintética com aproveitamento máximo da energia solar.

3.2 – As características agrônômicas e tecnológicas apresentadas pela cultura indicam a sua po-

tencialidade e viabilidade como matéria-prima renovável para a produção de álcool etílico.

3.3 – O Brasil, possuindo áreas com alto potencial para a produção de fermentáveis, oferece boas perspectivas para expansão dessa cultura.

BIBLIOGRAFIA

1. ARAUJO, N. de Q.; CASTRO, H.F. de; VISCONTI, A. E.S.; SALLES FILHO, M.; SILVA, H.G.B. da; SCHNEIDERMANN, V.M.S.; FERRAZ, M.H.A.; ALMEIDA, W.R. de; BAGGIO, C. de A.; ESTEVES, A.M.L. & COSTA, F. de A. Sorgo – matéria-prima renovável para produção de etanol na escalada energética nacional. *Informativo do INT*, 10 (15/16): 34-46, abr/set 1977.
2. CALVIN, M. Photosynthesis as a resource for energy and materials. *American Scientist* 64 (3): 270-8, 1976.
3. FILGUEIRAS, G. Energização no meio rural através do aproveitamento da biomassa. Rio de Janeiro, Eletrobrás, 1979. 1 v.
4. HEICHEL, G.H. Agricultural production and energy resources. *American Scientist*, 64: 64-72, 1976.
5. HIPPI, B.W.; COWLEY, W.R.; GARARD, C.J. & SMITH, B.A. Influence of solar radiation and date of planting on yield of sweet sorghum. *Crop Science*, 10 (1): 91-2, 1970.
6. SERRA, G.E. O sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de álcool etílico. In: RUAS, D.G.G.; SCHAFFERT, R.E. & GARCIA, J.C.; ed. *Anais do I Simpósio Brasileiro de Sorgo*. Brasília, EMBRAPA/CNPMS, 1979. p. 105-16.
7. SILVA, J.G. da; SERRA, G.E.; MOREIRA, J.R. & GONÇALVES, J.C. Balanço energético cultural da produção de álcool etílico de cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino – fase agrícola e industrial. *Brasil açucareiro*, 88 (6): 8-21, 1976.

QUADRO 3 – Balanço Energético Cultural da Produção de Álcool Etílico de Cana-de-Açúcar, Sorgo Sacarino e Mandioca (com aproveitamento de 100, 50 e 0% das ramas).

Cultura	Energia – Mcal/ha/ano						Saldo
	Produzida			Consumida (Energia Cultural)			
	Álcool	Resíduos	Total	Fase Agric.	Fase Ind.	Total	
Cana-de-açúcar	18.747	17.550	36.297	4.226	10.814	15.040	+ 21.257
Mandioca (100% ramas)	13.271	9.112	22.283	4.042	8.883	12.925	+ 9.358
Mandioca (50% ramas)	13.271	4.556	17.827	3.397	8.883	12.280	+ 5.547
Mandioca (sem ramas)	13.271	—	13.271	2.753	8.883	11.636	+ 1.635
Sorgo Sacarino	19.856	11.830	31.686	4.667	11.883	16.550	+ 15.136

FONTE: SILVA et alii (1976)