

# "PERSPECTIVAS DO SORGO SACARINO PARA PRODUÇÃO DE ETANOL"

ROBERT E. SCHAFFERT

Assessor do Programa Sorgo — Centro Nacional de  
Pesquisa de Milho e Sorgo  
(IICA/EMBRAPA/Banco Mundial)

RENATO A. BORGONOVÍ

Coordenador do Programa Sorgo — Centro Nacional de  
Pesquisa de Milho e Sorgo/EMBRAPA — Sete Lagoas/MG

## INTRODUÇÃO

Com a criação do PROÁLCOOL em 1975, considerável progresso foi alcançado na produção de etanol a partir de cana-de-açúcar. Por outro lado, cresceu o interesse e a pesquisa com matérias-primas alternativas face à crescente demanda por este combustível. Uma das alternativas mais promissoras é o sorgo sacarino que ainda não recebeu a atenção compatível com o potencial que representa no Brasil. Neste trabalho são apresentadas as perspectivas do sorgo sacarino como uma fonte renovável de energia, justificando-se a necessidade de canalização de recursos adicionais para a pesquisa e desenvolvimento dessa cultura.

O sorgo sacarino é um dos vários tipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), e difere do sorgo granífero, forrageiro, vassoura e outros, por poucos pares de genes que controlam a altura de planta, o teor de caldo e de açúcares no colmo e a maturação. Em relação ao sorgo forrageiro a única diferença pode consistir na sua utilização. No Brasil, Sart, uma das variedades forrageiras mais utilizadas é também sacarina, produzindo freqüentemente 50 toneladas de massa verde por hectare, com um teor de açúcares totais em torno de 14%. Esta variedade tem sido utilizada na "Zona da Mata", uma bacia leiteira no Estado de Minas Gerais, há quase 30 anos.

## ORIGEM E SITUAÇÃO MUNDIAL

O sorgo tem como centro de origem a África, e apesar de ser uma cultura muito antiga, somente a partir do fim do século passado é que teve um grande desenvolvimento em muitas regiões agrícolas do mundo. Em 1977, foi o quinto cereal mais importante em termos de quantidade produzida no mundo, sendo precedido apenas pelo trigo, arroz, milho e cevada, com uma produção superior a 54 milhões de toneladas (Tabela I).

Os Estados Unidos, México e Argentina são os países que apresentaram, em 1977, as maiores produções por hectare, em função do melhor nível tecnológico e da existência de cultivares adaptadas (Tabelas II e III). Nesses três países, o sorgo granífero contribuiu para significativas mudanças no tipo de agricultura e na situação agrícola de modo geral. Assim, por exemplo, nos Estados Unidos, o centro de produção de carne bovina foi transferido do "corn belt" para o Estado do Texas com a introdução de híbridos em meados da década de 1950. Em 1977, a produção americana de sorgo atingiu 20 milhões de toneladas de grãos, sendo que aproximadamente 40% desse total foi produzido no Texas.

Num período de 15 anos (1963 e 1977) a produção Argentina de grãos de sorgo cresceu de 500 mil a aproximadamente 7 milhões de toneladas, o que significa um crescimento médio de cerca de 500 mil toneladas ao ano. Esta cultura exerceu um importante papel no desenvolvimento agrícola da Argentina. No México onde a

expansão da área cultivada com sorgo é mais recente (Tabela III), a produção alcançou 3,2 milhões de toneladas em 1977, chegando a substituir o milho como cultura principal em áreas onde este possuía grande tradição de cultivo. Nesses países, o grande impacto exercido pelo sorgo sobre a produção agrícola, em um período relativamente curto, foi devido a um volume adequado de recursos destinados à pesquisa, extensão e crédito.

Devido à importância mundial da cultura, o ICRISAT (International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics), considerado o centro internacional de pesquisa de sorgo, tem conduzido pesquisas envolvendo praticamente todos os seus aspectos, com ênfase aos trópicos semi-áridos. É importante realçar que os resultados destas pesquisas podem ser aproveitados direta ou indiretamente num programa de pesquisa com sorgo sacarino.

As pesquisas visando a utilização do sorgo sacarino como uma opção para a produção de açúcar foram incentivadas no início deste século, face a instabilidade da oferta deste produto no mercado internacional. Posteriormente, na Itália, o sorgo sacarino foi utilizado como matéria-prima na produção de álcool combustível, e nos Estados Unidos, o Departamento de Agricultura criou uma Estação Experimental de pesquisa de fontes alternativas para a produção de açúcar, que atualmente é dedicada à pesquisa de sorgo sacarino.

## SITUAÇÃO BRASILEIRA

A cultura do sorgo granífero no Brasil desenvolveu-se em anos recentes, porém tende agora a um decréscimo na produção e na área colhida (Tabela IV). O decréscimo em 1979, entretanto, deveu-se em grande parte à falta de sementes, provocada pela proibição de importação decretada para evitar problemas de introdução de doenças e para incentivar a produção interna de sementes.

A produção brasileira está concentrada principalmente no Rio Grande do Sul e em São Paulo. No Rio Grande do Sul é um produto com relativa tradição e substitui a soja no binômio soja-trigo, quando o agricultor faz rotação de culturas. Em São Paulo a produção é incentivada principalmente por indústrias de rações que adquirem o produto.

A cultura do sorgo tem demonstrado excelentes resultados em sucessão à soja nos Estados de São Paulo, Goiás e no Triângulo Mineiro. Estas regiões podem tornar-se importantes produtoras deste cereal, com acréscimos na produção, similares aos observados na Argentina e México.

O sorgo forrageiro já é uma cultura tradicional nas regiões onde predomina a exploração da pecuária leiteira, em função de sua elevada produtividade e ciclo relativamente curto, permitindo a obtenção de grandes produções de matéria seca utilizadas na alimentação animal.

A experiência com o sorgo sacarino no Brasil ainda é pequena, porém, nos testes realizados em escala piloto-industrial nos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e no Distrito Federal, os resultados foram altamente satisfatórios sob o ponto de vista agrônomo e industrial.

## TIPOS DE SORGO

O sorgo granífero é um sorgo de porte baixo, com alto nível de produtividade sob condições favoráveis, sendo superior em produtividade, a outros cereais, sob condições adversas. Em diversas áreas do mundo onde são utilizadas modernas tecnologias de produção, o sorgo granífero freqüentemente produz por hectare mais de 10 toneladas de grãos de alta qualidade.

O sorgo forrageiro caracteriza-se por apresentar alta produção de massa, altura superior a 2,5 metros e elevada proporção de grãos, podendo ou não apresentar características similares às do sorgo sacarino.

O sorgo sacarino é similar à cana-de-açúcar no tocante ao processamento e utilização dos colmos, que são moídos para a produção de caldo com um teor de açúcares totais variando entre 14 e 19%, podendo ser fermentado diretamente para produção de etanol ou sofrer um processamento adequado à produção de açúcar. Ele difere da cana-de-açúcar pelo fato de produzir grãos que podem ser utilizados na alimentação animal, ou ser hidrolisados e sacarificados para produção de etanol. É inte-

ressante notar que entre sorgo sacarino e cana-de-açúcar é possível realizar cruzamentos inter específicos, demonstrando certa similaridade de origem.

O sorgo vassoura, como sugere seu nome, é utilizado na fabricação de vassouras, e é provavelmente o tipo de sorgo cultivado há mais tempo no Brasil. Ele é geralmente produzido em pequenas lavouras, ou em terraços entre outras culturas, ou ainda em áreas adjacentes a rodovias, em praticamente todos os Estados brasileiros. No Rio Grande do Sul, a principal atividade econômica do município de Santo Antonio da Patrulha é a produção e industrialização do sorgo vassoura.

O capim "Sudan" (*Sorghum sudanense*) é um tipo de sorgo com elevada produção de folhas, bastante utilizado em regiões caracterizadas por climas quentes onde é utilizado como pastagem ou forragem. Este tipo de sorgo é mais comum no Sul do país.

## EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA

O sorgo sacarino e a cana-de-açúcar, espécies com ciclo  $C_4$ , são consideradas como as mais eficientes na interceptação e utilização da energia solar na fotossíntese (LOOMIS & WILLIAMS, 1963). Outras espécies com capacidade fotossintética similar, e com potencial para serem utilizadas na produção de bioenergia, são o "Napier" (*Pennisetum purpureum*, Shum) e possivelmente o milho (*Zea mays*) (Tabela V). HEICHEL (1976) relatou que, entre 24 culturas estudadas, o sorgo, a cana-de-açúcar e o milho exibem o maior ganho calórico, produzindo de quatro a cinco calorias de alimentos por unidade de energia cultural consumida (Figura 1). Em termos de produção de energia, espera-se que o ganho calórico destas culturas seja similar ou até superior ao apresentado na produção de alimentos. Deve-se notar que nestes artigos clássicos, os valores da taxa média de crescimento de cultura e ganho calórico do sorgo são ligeiramente superiores aos da cana-de-açúcar.

Acredita-se que o principal fator que determina a alocação de um grande volume de recursos na pesquisa e na utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima destinada à produção de energia renovável, sobrepondo-a a uma distribuição mais racional entre a própria cana-de-açúcar e outras matérias-primas, como o sorgo, seja a tradição daquela cultura.

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar remonta há mais de 400 anos, aliada a cerca de 100 anos de pesquisa, ao passo que o sorgo é uma cultura relativamente nova, que iniciou seu processo de expansão há menos de dez anos, com pesquisa efetiva realizada há aproximadamente cinco anos. Porém, considerando-se o potencial fotossintético do sorgo, é lógico e necessário que sejam alocados mais recursos para a pesquisa e o desenvolvimento desta alternativa.

## BALANÇO ENERGÉTICO

Na Tabela VI são apresentados os dados referentes ao balanço energético cultural da produção de etanol a partir do sorgo sacarino, cana-de-açúcar e mandioca. Para a cultura da mandioca, foram consideradas três opções: a) com aproveitamento de 100% das ramas; b) com aproveitamento de 50% das ramas; c) sem a utilização das ramas. Na análise dos dados, considerando os ciclos das três culturas, o sorgo sacarino, com um ciclo de aproximadamente quatro meses, apresenta um saldo comparável ao da cana-de-açúcar, e exibe considerável vantagem em relação à mandioca. Estes dados obtidos por SILVA et alii (1976), confirmam as observações de LOOMIS & WILLIAMS (1963) e HEICHEL (1976) sobre a eficiência da cultura do sorgo.

Deve-se ressaltar que a produtividade do sorgo pode ser superior à apresentada, melhorando o balanço energético da cultura. Além disso, com a utilização de cultivares insensíveis ao fotoperiodismo, existe a possibilidade de se obter duas colheitas através do aproveitamento da rebrota, e em algumas regiões, com a utilização de irrigação, até três colheitas.

## PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE SORGO SACARINO

Os resultados de análises do caldo de sorgo sacarino em comparação com a cana-de-açúcar, são apresentados na Tabela VII. Nota-se que os dados obtidos no Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino, concordam com os resultados obtidos com sorgo

em outros países, sendo similares aos citados para a cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

Na Tabela VIII são apresentadas as estimativas de rendimento de álcool de sorgo sacarino, considerando-se a utilização de colmos e grãos, fornecidos por SERRA (1977). Nota-se que os rendimentos de colmos utilizados no cálculo dessas estimativas são inferiores aos obtidos em rede experimental, ao passo que os rendimentos de grãos podem ter sido superestimados (Tabela IX).

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS — FASE AGRÍCOLA

Os dados anteriormente apresentados demonstram a importância da cultura do sorgo, e o potencial que esta apresenta no Brasil, como cereal e como uma opção viável para a produção de etanol. A seguir, são apresentados os resultados experimentais obtidos em vários locais do Brasil, e analisados alguns fatores limitantes à implantação do sorgo sacarino no país.

Durante os três últimos anos, o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) tem coordenado o Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino, um sistema cooperativo de ensaios anuais, com o objetivo de avaliar as cultivares mais adequadas à produção de etanol, e identificar regiões com potencial para produção de sorgo sacarino. Os resultados destes ensaios no ano agrícola de 1977/78, foram publicados pelo CNPMS no "Boletim Técnico n.º 2" e os resultados dos anos agrícolas de 1978/79 e 1979/80 serão publicados brevemente.

Os rendimentos médios de colmos despalhados de dez cultivares de sorgo sacarino, obtidos em seis locais, são apresentados na Tabela IX. Os rendimentos de colmos variaram de 33,2 t/ha e 43,9 t/ha, destacando-se as cultivares BR 501 e BR 503 por apresentarem altos rendimentos e elevados teores de açúcares totais. A cultivar IPA 1218, normalmente utilizada como forrageira na Região Nordeste, apesar de ter obtido um rendimento médio elevado, apresentou características desfavoráveis que a impediram de ser utilizada diretamente para produção de etanol. Entretanto, esta cultivar tem sido utilizada como fonte de insensibilidade ao fotoperiodismo, um problema que tem limitado o plantio das cultivares atualmente recomendadas, aos meses de setembro, outubro, novembro e 1.ª quinzena de dezembro, e reduzido o aproveitamento da rebrota destas cultivares.

Na Tabela X são apresentadas características e rendimentos de colmos das seis cultivares de sorgo sacarino atualmente recomendadas para o plantio nas Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país. Os rendimentos médios obtidos variaram de 35,2 a 47,5 t de colmos por hectare, com o teor de açúcares redutores totais (ART) variando de 13,3% a 17,8%.

O programa de melhoramento de sorgo sacarino do CNPMS tem gerado germoplasma com boas características agrônômicas, elevado rendimento de colmos, e alto teor de açúcares redutores totais, que tem se comportado como insensíveis ao fotoperiodismo (Tabela XI). Estas cultivares permitirão ampliar consideravelmente o período de plantio, e conseqüentemente o período de colheita, além de permitirem a utilização de áreas em regiões caracterizadas por dias curtos, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste.

Os resultados obtidos em Petrolina (PE), uma região semi-árida, demonstram a possibilidade de se obter, com irrigação, bons rendimentos mesmo com cultivares sensíveis ao fotoperiodismo (Tabelas XII e XIII). Por outro lado, a cultivar IPA 1218, a única insensível ao fotoperiodismo, apresentou rendimentos de 50 a 100% superiores aos obtidos pelas demais cultivares.

A análise dos resultados preliminares do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino — 1979/80, obtidos em oito locais da Região Centro-Sul do país, demonstra que as melhores cultivares apresentaram rendimentos de colmos variando entre 35 e 40 toneladas por hectare (Tabelas XIV e XV).

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS — FASE INDUSTRIAL

Vários testes de moagem e fermentação utilizando o sorgo sacarino como matéria-prima, foram realizados a nível piloto-industrial por instituições oficiais e particulares, como EMBRAPA, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" — USP,

Instituto Nacional de Tecnologia, PLANALSUCAR e as Usinas Barra Bonita, Santa Elisa (SP) e Vale do Panema (PR). Os resultados obtidos foram altamente satisfatórios, não tendo sido identificado nenhum fator limitante ao processamento desta matéria-prima. Entretanto, o maior teor e a composição da fibra do sorgo exigiram maior empenho quanto à regulagem das moendas para que fosse alcançada uma porcentagem de extração semelhante à da cana-de-açúcar.

Por outro lado, a utilização de difusores como equipamento padrão de destilarias, que atualmente se encontra em fase de estudos e viabilidade econômica, aumentaria consideravelmente a eficiência do processo de extração, contornando eventuais problemas decorrentes do teor de fibra do sorgo sacarino.

## UTILIZAÇÃO DO SORGO SACARINO NA ATUAL INFRAESTRUTURA DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

Utilizando-se as cultivares de sorgo sacarino atualmente recomendadas para plantios nos meses de setembro, outubro, novembro e 1.<sup>a</sup> quinzena de dezembro, é possível realizar-se uma programação de colheita de modo a se obter matéria-prima para processamento a partir da segunda quinzena de janeiro, prolongando-se até o princípio de maio. Com a utilização de irrigação e/ou o desenvolvimento de cultivares insensíveis ao fotoperiodismo, o período de utilização de sorgo sacarino tornar-se-ia mais flexível, facilitando o aproveitamento da infraestrutura de processamento de cana-de-açúcar quando esta se encontra normalmente ociosa.

Deste modo, face às características similares do sorgo sacarino e cana-de-açúcar, e mediante a utilização de tecnologia adequada de planejamento e manejo, torna-se possível operar uma destilaria durante 330 dias por ano, reduzindo substancialmente a ociosidade do equipamento e mão-de-obra, com conseqüentes benefícios sócio-econômicos.

Por outro lado, considerando-se que a utilização de monocultura em uma área de aproximadamente 3 milhões de hectares, necessários para atingir a meta de 10,5 bilhões de litros de álcool em 1985, levará a um aumento de vulnerabilidade genética deste programa, torna-se necessária a utilização racional do sorgo sacarino e de outras matérias-primas para minimizar este risco.

## ALTERNATIVAS DE UTILIZAÇÃO DO SORGO SACARINO

A curto e médio prazo, a viabilidade de implantação de um programa de mini e micro destilarias para produção de álcool, está condicionada à utilização do sorgo sacarino e da cana-de-açúcar como matérias-primas complementares. Além disso, a alternativa de utilização dos grãos, que aparecem como subproduto do sorgo sacarino, como matéria-prima para produção de álcool, ou na alimentação animal, com conseqüente redução no custo de produção, aumenta a viabilidade da cultura do sorgo sacarino.

## CUSTO DE PRODUÇÃO

Baseando-se nos sistemas de produção desenvolvidos pelo CNPMS, estimou-se uma primeira aproximação do custo de produção de um hectare de sorgo sacarino (Tabela XVI). Nesta estimativa, considerou-se uma produtividade de 35,0 a 40,0 toneladas de colmos e 2,0 toneladas de grãos por hectare. Pretende-se apurar os coeficientes técnicos utilizados para as versões posteriores. Os preços foram obtidos a partir de extrapolações dos valores mais recentes fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e em publicação do Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo.

Sumarizando, pode-se concluir que:

1. O sorgo é uma espécie altamente eficiente na utilização de energia luminosa para produção de bioenergia via fotossíntese.
2. No Brasil o sorgo é uma cultura relativamente nova, e não deve ser diretamente comparada com a cana-de-açúcar, uma vez que seu objetivo é a complementação desta na produção de energia.

3. Com a tecnologia e as cultivares atualmente disponíveis, podem ser obtidos, no Centro e Sul do Brasil, rendimentos de 30 a 40 toneladas de colmos por hectare com 14% de açúcares redutores totais (ART) e 2 toneladas de grãos, em plantios realizados nos meses de outubro, novembro e dezembro. Com o desenvolvimento de novas cultivares e aperfeiçoamento dos sistemas de produção, níveis de produtividade mais elevados podem ser alcançados.

4. Nas micro e mini destilarias, a utilização do sorgo sacarino e da cana-de-açúcar possibilita aumentar o período de operação de 180-210 para 300-330 dias por ano. Nas destilarias de grande capacidade, o sorgo sacarino aparece com grande potencial de utilização.

5. Não foram detectados problemas fitossanitários decorrentes de interação cana-de-açúcar x sorgo sacarino, nos experimentos até hoje conduzidos. Por outro lado, a utilização de duas espécies, num programa de produção de bio-energia, diminui consideravelmente o risco da vulnerabilidade genética.

6. A tecnologia de industrialização dos colmos de sorgo sacarino é similar à utilizada para a cana-de-açúcar, não tendo sido identificado nenhum fator limitante ao seu processamento nos testes realizados em escala piloto industrial. O processamento dos grãos para produção de álcool é semelhante ao utilizado para qualquer amiláceo.

7. Considerando-se o potencial do sorgo sacarino, para produção de bioenergia, é necessário que sejam alocados mais recursos para a pesquisa e o desenvolvimento desta matéria-prima alternativa.

#### BIBLIOGRAFIA

- HEICHEL, G. H. Agricultural production and energy resources. *American Scientist*, 64 (1): 64-72, 1976.
- LOOMIS, R. S. & WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity: an estimate. *Crop Science*, 3: 67-72, 1963.
- SILVA, J. G. da; SERRA, G. E.; MOREIRA, J. R. & GONÇALVES, J. C. Balanço energético cultural da produção de álcool etílico da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino — Fase agrícola e industrial. *Brasil Açúcareiro*, 88 (6): 8-21, 1976.
- 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.

TABELA I Produção de grãos de sorgo nos 10 principais países produtores e no Brasil (1000 t), 1977

País	1961-65	1975	1976	1977	75-77/61-65(%)
EUA	13912	19307	18382	19796	38
Índia	8848	9504	10396	9000	9
Argentina	1359	4938	5158	6730	313
Nigéria	4195	3590	3680	3750	-12
México	452	2843	3160	3200	579
Sudão	1256	2026	1949	1600	48
Etiópia	831	658	863	800	-7
Yemen	933	1008	859	800	-5
Alto Volta	476	738	717	740	54
Uganda	276	467	538	550	89
Brasil (12.º)	—	483	490	453	
Mundo	35862	51422	52449	54128	47

Fonte: FAO — ONU

TABELA II Rendimento de grãos de sorgo nos 10 principais países produtores e no Brasil (kg/ha), 1977

País	1961-65	1975	1976	1977	75-77/61-65(%)
EUA	2834	3074	3053	3480	13
Índia	487	591	653	563	24
Argentina	1588	2456	2963	2559	62
Nigéria	804	619	620	625	-23
México	2211	2549	2701	2771	21
Sudão	817	780	750	640	-19
Etiópia	798	880	1120	1067	28
Yemen	702	830	750	667	7
Alto Volta	476	648	630	617	33
Uganda	914	1500	1500	1486	64
Brasil	—	2100	2536	2485	
Mundo	931	1188	1223	1237	31

Fonte: FAO — ONU

TABELA III Área de sorgo granífero cultivada nos 10 maiores países produtores e o Brasil (1000 ha), 1977

País	1961-65	1975	1976	1977	75-77/61-65(%)
EUA	4909	6280	6020	5689	22
Índia	18155	16092	15779	16000	-12
Argentina	856	2010	1916	2630	155
Nigéria	5220	5795	5940	6000	13
México	205	1116	1170	1155	460
Sudão	1400	2596	2600	2500	83
Etiópia	1041	748	770	750	-27
Yemen	1329	1215	1145	1200	-11
Alto Volta	999	1138	1138	1200	16
Uganda	302	311	359	370	15
Brasil	—	230	193	182	—
Mundo	38512	43281	42869	43754	12

Fonte: FAO — ONU

TABELA IV Produção e área colhida de sorgo granífero no Brasil, de 1971 a 1979

ANO	Área Colhida (100 ha)	Produção de Grãos (1000 t)
1971	80	170
1972	120	220
1973	147	249
1974	111	242
1975	87	201
1976	193	490
1977	178	435
1978	104	228
1979	81	142

Fonte: USDA e IBGE/CEPAGRO

TABELA V Produções máximas de matéria seca e, taxas máximas de crescimento de oito espécies<sup>1</sup>

Cultivar	Produção de massa seca (t/ha)	Ciclo (dias)	Taxa Média de Crescimento (gm/m <sup>2</sup> dia)	Taxa Máx. de Crescimento (gm/m <sup>2</sup> dia)
Napier	106,2	365	26	—
Cana	70,6	365	18	38
Beterraba açucareira	46,9	300	14	31
Sorgo Forrageiro	30,1	120	22	—
Sorgo Forrageiro	43,7	210	19	—
Sudan (Sorgo)	32,8	160	18	51
Alfafa	35,8	250	13	23
Bermuda	35,3	230	14	20
Alga (Chlorella sp.)	49-74	300	15-22	28

1. Adaptado de Loomis e Williams (1963)



TABELA VI Balanço energético - cultural da produção de álcool etílico de cana-de-açúcar, sorgo sacarino e mandioca<sup>1</sup>

CULTURA	Energia (Mcal/ha. ano)						Saldo
	Produzida			Consumida			
	Álcool	Resíduos	Total	Fase Agrícola	Fase Industrial	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

1. Fonte: SILVA et alii, 1976

TABELA VII Resultados de análise do caldo de sorgo sacarino e de cana-de-açúcar

	Sorgo Sacarino		Cana-de-açúcar <sup>1</sup>
	Bibliografia	ENSS 77/78 <sup>2</sup>	
Quantidade de caldo (kg/t de colmos)	350-600	500-700	600-800
Brix (%)	16-20	14-20	18-21
Sacarose (%)	10-15	8-16	15-18
Açúcares redut. (%)	1-4	0,7-7,3	0,2-1,5
Açúcares totais (%)	14-20	14-18	16-19

1. Médias do Estado de São Paulo

2. Ensaio Nacionais de Sorgo Sacarino 1977-78 — EMBRAPA

TABELA VIII Rendimentos de álcool etílico de sorgo sacarino<sup>1</sup>

Matéria-prima	Rendimento agrícola	Rendimento de álcool	
	(t/ha/corte) <sup>3</sup>	(l/t)	(l/ha/corte)
Colmos	20-45 (32,5) <sup>2</sup>	55-85 (70)	1.100-3.825 (2.460)
Grãos	2,5-5,0 (3,75)	310-370 (340)	775-1.850 (1.315)
TOTAL			1.875-5.675 (3.775)

1. Fonte: SERRA, G.E. 1977.

2. Os números entre parênteses representam as médias aritméticas dos dados

3. O ciclo de sorgo sacarino é de aproximadamente quatro meses

TABELA IX Rendimentos médios de colmos despalhados de sorgo sacarino obtidos em seis locais durante três anos (t/ha)

CULTIVAR	LOCAL							Média
	Sete Lagoas <sup>1</sup>	Norte de Minas <sup>2</sup>	Araras <sup>3</sup>	Pelotas <sup>4</sup>	Alta Mogiana <sup>5</sup>	Capinópolis <sup>5</sup>	Ilha Solteira <sup>6</sup>	
BR 500 (Rio)	28,6	37,1	28,4	40,4	35,0	32,1	30,9	33,2
BR 501 (Brandes)	34,6	55,3	32,2	41,2	43,3	43,1	44,4	42,0
BR 502 (Roma)	27,0	49,6	22,7	36,4	34,2	40,1	34,7	35,0
BR 503 (Theis)	32,8	46,5	31,6	43,0	41,4	51,9	40,0	41,0
BR 504 (Dale) <sup>4</sup>	23,4	42,4	27,3	40,0	29,2	41,0	31,4	35,5
CMS XS 603 (Ramada)	23,7	43,7	23,3	38,7	31,6	42,5	31,9	33,6
Sart	35,6	54,4	28,5	43,2	41,2	47,8	36,4	41,0
BR 601 <sup>5</sup>	32,0	48,6	22,2	33,0	37,5	49,8	30,2	36,2
BR 602 <sup>5</sup>	32,7	52,1	26,4	37,7	41,3	43,8	29,6	37,6
IPA 1218 <sup>4</sup>	38,2	65,7	29,8	39,8	—	50,3	39,6	43,9
Média	30,9	49,5	27,2	39,3	37,2	44,2	34,9	37,7

1. Média de 77-78, 78-79 e 79-80; observar que 78-79 houve excesso de chuva.

2. Média de 77-78 em Jaíba. 78-79 Janaúba e 79-80 Janaúba com irrigação suplementar.

3. Média de 77-78, 78-79 e 79-80 - Média baixa em razão do plantio tarde em 77-78 e 78-79.

4. Média de 77-78 e 78-79.

5. Média de 78-79 e 79-80.

6. Média de 79-80.

TABELA X Dados de maturação, rendimento de colmos despalhados, Brix, açúcares reductores totais (ART) e quantidade de caldo nas cultivares de sorgo sacarino recomendadas, obtidos em quatro locais, durante três anos. <sup>2</sup>

Cultivares	Locais (n.º)	Maturação (dias)	Rendimento de colmo (t/ha)	BRIX (%)	ART (%)	Quantidade de caldo (%)
BR 500 (Rio)	4	122	35,2	18,4	16,4	58
BR 501 (Brandes)	4	133	39,0	20,1	17,8	58
BR 503 (Theis)	4	114	37,4	15,1	14,4	61
BR 602 (Híbrido)	4	128	47,5	17,8	15,4	59
Sart	4	118	39,4	15,4	13,3	56
BR 601 (Híbrido)	4	118	40,2	17,8	15,3	57

1. Sete Lagoas (MG), Araras e Ribeirão Preto (SP) e Pelotas (RS).
2. Fonte: CNPMS, 1980.

TABELA XI Características das melhores progênies do ensaio de progênies de sorgo sacarino - Ribeirão Preto - 1978-79

Progênies	Florescimento (dias)	Altura (cm)	Massa Verde total (t/ha)	Colmos despalhados (t/ha)	BRIX (%)	ART (%)
16	86	300	55,2	39,5	18,5	17,1
28	76	310	78,2	57,5	17,1	15,6
34	94	325	62,7	51,4	17,5	15,9
35	94	300	75,0	57,9	17,4	16,3
56	88	330	66,4	53,2	16,6	15,6
62	90	310	52,4	40,1	18,8	17,3
63	88	340	67,1	54,8	17,6	16,7

TABELA XII Rendimento de massa verde das cultivares do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino 1977-78, em três cortes, em Petrolina, PE. <sup>1</sup>

Entradas	Massa Verde (t/ha) <sup>2</sup>			Total
	1.º corte	2.º corte	3.º corte	
SART	38,04	55,18	19,46	112,68
Rio	40,71	30,53	18,48	89,72
Brandes	34,89	45,54	17,05	97,48
Roma	30,50	33,39	13,84	77,73
IPA 1218	58,80	70,89	35,89	165,58
Theis	32,55	41,25	9,55	83,35
Ramada	26,66	31,96	12,14	70,76
Wiley	35,79	45,71	16,07	97,57
NK 326	35,27	51,43	17,05	103,75
CMS XS 604	33,09	25,57	12,41	71,07

1. Plantio - 05-08-1978, 1.ª colheita - 12-12-1978, 2.ª colheita - 05-04-1979, e 3.ª colheita - 17-07-1979.
2. Massa verde total sem panícula.

TABELA XIII Valores de Brix das cultivares do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino 1977/78, em três cortes, em Petrolina, PE. <sup>1</sup>

Entradas	Brix (%)		
	1.º corte	2.º corte	3.º corte
Sart	15,38	18,63	13,75
Rio	18,63	18,88	15,38
Brandes	17,50	17,25	13,00
Roma	17,63	18,00	14,50
IPA 1218	12,38	15,38	17,13
Theis	11,13	16,00	6,88
Ramada	16,75	16,25	12,50
Wiley	9,90	17,13	8,38
NK 326	11,25	15,73	9,38
CMS XS 604	13,17	16,00	13,64

1. (Veja Tabela XII).

TABELA XIV Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino 1979/80 — produção de massa verde total — (t/ha)

CULTIVAS	LOCAIS										MÉDIAS
	Capinópolis	Sete Lagoas	Cruz Alta	Janaúba	Londrina	Matão	SS Paraíso	Sete Lagoas (Cerrado)	Araras	Jardinópolis	
	MG	MG	RS	MG	PR	SP	MG	MG	SP	SP	
BR 500 (Rio)	39,5	30,6	38,0	47,4	46,7	27,8	63,5	34,8	39,5	46,2	41,4
BR 501 (Brandes)	56,3	38,3	40,6	67,7	50,4	32,3	77,0	37,4	43,8	59,3	50,3
BR 502 (Roma)	56,3	31,4	32,6	57,4	57,7	31,8	55,3	31,3	39,1	42,7	43,6
BR 503 (Theis)	69,0	35,1	43,7	44,9	57,4	35,4	73,2	24,1	44,1	48,2	47,5
BR 504 (Dale)	55,9	26,9	30,1	46,1	59,7	33,0	69,4	26,6	34,9	39,0	42,2
BR 601	72,5	38,5	44,4	68,5	54,7	41,1	76,3	34,7	31,5	48,4	51,1
Ramada	58,6	25,7	31,6	35,5	47,0	30,8	63,0	29,7	43,9	37,2	40,3
Sart	71,2	38,0	45,9	66,7	53,3	36,3	74,7	43,5	35,5	51,8	51,7
Wiley	49,9	25,4	37,5	44,8	44,5	29,9	62,2	36,2	37,0	38,2	40,6
BR 602	52,9	32,3	44,6	61,8	64,9	36,8	74,8	33,2	38,7	46,5	48,6
CMS XS 704	43,5	33,5	33,6	59,8	55,4	37,7	69,4	25,4	30,0	41,9	43,0
CMS XS 719	47,5	37,6	31,6	53,0	47,8	33,2	74,3	32,6	36,6	40,2	43,4
CMS XS 702	36,3	30,0	35,5	42,4	44,1	24,3	63,3	35,4	33,7	32,2	37,7
CMS XS 613	38,1	27,1	37,6	55,6	42,8	29,7	53,9	30,9	30,5	38,6	38,5
CMS XS 722	42,9	32,1	31,2	67,0	55,1	33,6	64,5	31,6	35,6	46,1	44,0
CMS XS 709	34,9	36,4	32,8	44,5	38,2	29,3	70,9	33,8	31,8	31,5	38,4
MÉDIAS	51,6	32,4	37,0	54,0	51,2	32,7	67,8	32,6	36,6	43,0	43,9

TABELA XV Resultados do Ensaio Nacional de Sorgo Sacarino 1979/80 — produção de colmos (t/ha)

CULTIVAR	LOCAIS							
	Capinópolis	Janaúba	Londrina	Matão	SS Paraiso	Sete Lagoas (Cerrado)	Araras	Jardimópolis
	MG	MG	PR	SP	MG	MG	SP	SP
BR 500 (Rio)	29,7	37,0	33,5	21,6	47,0	31,3	32,1	34,7
BR 501 (Brandes)	41,7	54,6	32,6	25,0	56,7	32,7	34,2	44,0
BR 502 (Roma)	40,2	44,0	37,7	25,3	38,1	27,5	32,3	30,4
BR 503 (Theis)	56,4	39,0	42,3	31,6	58,2	21,2	40,4	39,4
BR 504 (Dale)	44,7	38,6	43,8	28,3	54,2	24,4	29,2	31,2
BR 601	52,1	54,8	35,3	30,6	53,8	28,9	23,4	34,8
Ramada	43,5	28,2	32,7	25,2	46,9	26,5	35,8	27,7
Sart	54,5	54,0	38,1	28,1	55,9	39,3	28,9	39,6
Wiley	40,7	37,9	33,8	26,9	49,6	33,3	31,8	31,1
BR 602	39,1	50,4	47,3	29,5	56,2	27,9	29,1	34,3
CMS XS 704	31,5	48,3	41,2	27,9	49,9	20,6	23,5	30,4
CMS XS 719	34,1	42,4	31,8	26,2	53,7	27,6	29,0	28,8
CMS XS 702	25,2	30,5	29,3	18,8	41,2	30,0	26,5	22,1
CMS XS 613	25,0	40,6	25,7	21,8	34,3	26,8	23,9	25,4
CMS XS 722	29,3	49,1	35,6	25,0	45,1	26,1	27,2	31,4
CMS XS 709	23,8	32,8	24,0	21,2	47,4	29,1	24,6	21,6
MÉDIAS	38,2	42,6	35,3	25,8	49,3	28,3	29,5	31,7

TABELA XVI Estimativa do custo de produção de um hectare de sorgo sacarino.  
Janeiro, 1980.

	Equipamento	Unidade	Coeficiente	Custo unitário	Custo total
1. Aração (2x)	trator	h/tr	6,0	230,00	1.980,00
2. Gradagem (2x)	trator	h/tr	3,0	330,00	990,00
3. Plantio/adubação	trator	h/tr	1,5	330,00	495,00
4. Adubação cobertura	animal	d/a	1,0	40,00	40,00
	homem	d/h	1,0	120,00	120,00
5. Capina Mec. (2x)	trator	h/tr	4,00	330,00	1.320,00
6. Aplic. inseticida	trator	h/tr	0,5	330,00	165,00
7. Herbicida	Gesaprin 80	kg	3	500,00	1.500,00
8. Aplic. herbicida	trator	h/tr	0,5	330,00	165,00
9. Colheita manual	homem	d/h	15,0	120,00	1.800,00
10. Transporte interno	trator	h/tr	3,0	330,00	990,00
11. Material					
Sulfato de Amonio		sc	4,00	383,00	1.532,00
Adubo 4-14-8		sc	10,00	428,00	4.280,00
Semente		kg	12,5	50,00	625,00
Inseticida	Endrex 20	1	1,5	165,00	246,00

Custo Total

a. Capina mecânica:

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 9 + 10 + 11 = 14.583,00$$

b. Utilização de herbicida:

$$1 + 2 + 3 + 4 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 = 14.928,00$$

Fonte: CNPMS/EMBRAPA.

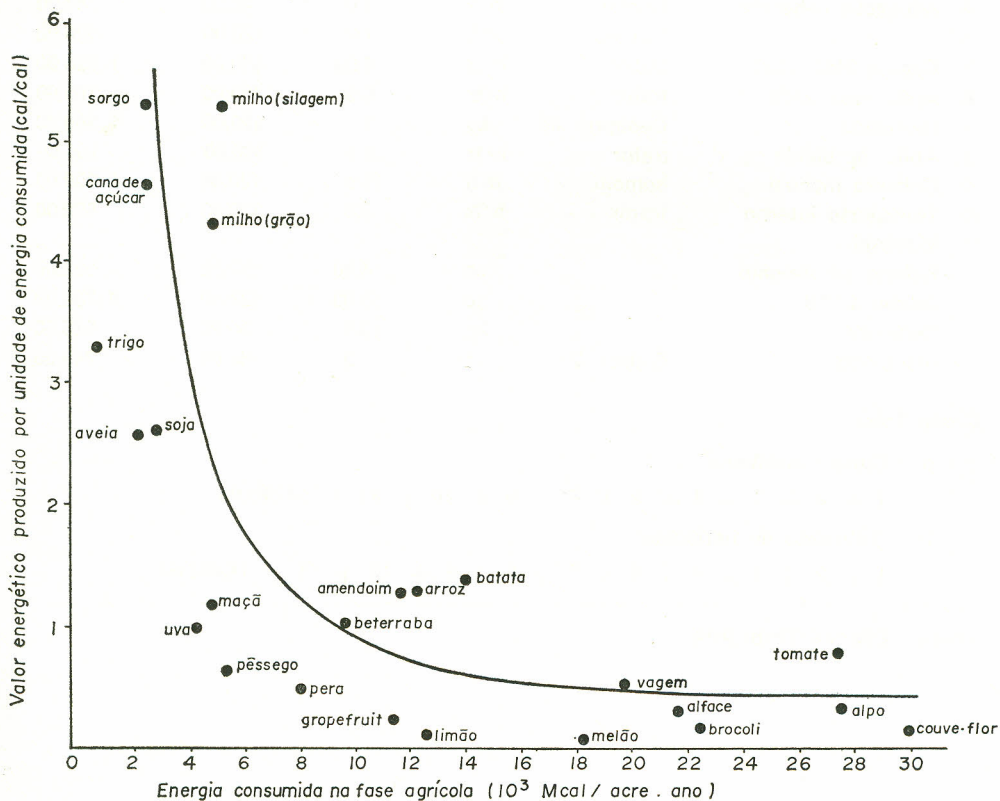


Figura 1 - Relação entre energia produzida e energia consumida na fase agrícola por 24 culturas (Adaptado de Heichel, 1976).



## DEBATES

### Sobre a palestra de Robert Schaffert

#### Presidente

Eu vou ler agora a pergunta do Rubén Alfredo Ceballos da Copersucar. Na verdade são quatro itens: 1.º) Ele pergunta se foi feito um estudo do custo da produção de uma tonelada de sorgo sacarino.

#### Schaffert

A resposta é 15 mil cruzeiros divididos por quarenta, que é o preço de janeiro de 1980.

#### Presidente

A 2.ª pergunta diz respeito ao custo da produção de álcool com sorgo sacarino. Ele lembra 3 problemas: o problema da combustibilidade do bagaço, o problema da deterioração acelerada após o corte e o problema das doenças do mosaico, transmissíveis na cana. A pergunta básica é o custo da produção de álcool com sorgo sacarino tendo em vista esses 3 problemas.

#### Schaffert

Eu não sou químico, então eu não sei dizer o custo da produção de álcool nem de cana, mas a parte da industrialização para a cana deve ser igual à do sorgo, pois não há razão para ser diferente, porque o teor de açúcar que entra nas duas culturas são iguais. Quanto ao valor energético do bagaço, porque se espera que seja diferente? A composição é quase igual à de cana. Então porque vai ser diferente? Não há também razão para que o bagaço de sorgo apague o fogo. Ele queima bem e tem valor mesmo, embora não tenha sido feito estudos, mas não vejo razão nenhuma por que deva ser diferente. Eu sugiro que meus colegas no INP ou nas universidades façam esses estudos.

#### Presidente

Vamos passar para a 3.ª pergunta do Rubén Alfredo Ceballos. É sobre a produção de outros países, particularmente da Argentina; ele diz que a informação de que dispõe revela que o sorgo da Argentina não é o sacarino.

#### Schaffert

Não, eu falei em sorgos graníferos para comparação, só por falar que com tecnologia desenvolveu-se uma cultura no caso de mais de 6 milhões de hectares, quase 7 milhões. Portanto não é uma coisa nova e não vai surgir tantos problemas. Temos que lembrar que o Brasil é um país em progresso na produção de bioenergia. Quando se viaja nesse mundo afora, todos perguntam como é o programa no Brasil. Isto significa que você não vai no exterior buscar informações sobre sorgo sacarino de produzir álcool. Você pode procurar informações sobre resistência à doença de sorgo, resistência ao mosaico em sorgo granífero, que é também, para o sorgo sacarino. Em termos de melhoramento à resistência à doença e pragas, nós podemos buscar tecnologia desenvolvida nos Estados Unidos, no Centro Internacional de sorgo. Quanto a pergunta sobre o mosaico, posso dizer que nós estamos testando nosso material e tudo por enquanto mostra que ele é tolerante e, talvez isso preocupe vocês que trabalham com a cana, porque a tolerância não significa que é nulo. Mas, para a produção, o mosaico parece que não vai ser problema.

#### Presidente

O 4.º ponto aqui da pergunta é o seguinte: lembra o problema da conservação e manutenção da usina e destilaria que atualmente é feita na entressafra, e no caso de ser usada nesse período como é que fica o problema da conservação e manutenção do equipamento.

*Schaffert*

Falaram-me na Calle Sugar House, que não precisam mais de 30 dias para isso. O problema é que quando você está acostumado com 5 meses para essa operação perde a noção de como fazer em um. Talvez deva contratar um engenheiro ou um administrador para fazer a manutenção. O Sr. Ceballos falou do problema de deterioração e pergunto: — Que problema de deterioração? Eu não estou sabendo. Você está falando da redução de sacarose? Isso não é problema.

*Presidente*

Uma pergunta do Willian Liu do CETEC de Belo Horizonte: Depois do florescimento é necessário uma precipitação maior ou não? De acordo com sua experiência, qual é a exigência de água depois do período de florescimento? Outro ponto aqui da pergunta: — A cultura do sorgo sacarino vai ser bastante menor que a cultura do milho? Com menos chuva após o florescimento as produções de álcool e colmo vão ser aumentadas ou diminuídas?

*Schaffert*

A produtividade de qualquer cultura está em função da fertilidade do solo e disponibilidade de água e, quando se limita isso na produção, ter-se-á uma redução de produtividade. Na parte de precipitação após florescimento, é claro que precisa de água após florescimento. Mas eu gostaria de pesquisar e saber se a falta de água um pouco depois do florescimento vai aumentar o teor de açúcar. O problema é o seguinte: no caso da cana se há seca, geralmente é na época de frio e, se chove é lógico que aumenta o teor de açúcar. Quando nós plantamos em outubro ou novembro, nós não temos esse sorgo e isso pode ser um fator ou um nível menor de açúcar, eu não sei.

*Presidente*

A 2.<sup>a</sup> parte da pergunta é sobre o milho. Ele pergunta se a cultura do sorgo sacarino vai ser bastante menor que a cultura do milho?

*Schaffert*

Eu acredito que para uma faixa do nível de produtividade não, mas no caso, se há falta de água, o sorgo vai produzir mais do que o milho, porque ele é mais tolerante à seca. Mas sem água, nem o sorgo é uma cultura milagrosa. Mas ele é uma cultura que tem uma certa resistência à seca e, quando o tempo é mais seco, ele vai produzir mais do que o milho.

*Presidente*

Antes de fazer as últimas perguntas eu queria pedir ao próximo conferencista, José Osmar Lorenzi que já se dirija à mesa.

Eu tenho aqui uma pergunta do Armênio Gomes Pinto, da Escola de Engenharia de Mauá: A cana não é colhida nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, devido às chuvas que não permitem entrada de caminhões à lavoura; esse problema existe para o sorgo?

*Schaffert*

Eu acredito que, se é viável ou não, é um problema da engenharia. Nos Estados Unidos as primeiras aplicações de adubo e de defensivos são colocadas na primavera, ainda com muita chuva. A terra está muito molhada e é um problema, pelo menos, nos Estados Unidos. É a compactação das terras, você não pode trabalhar nelas quando estão molhadas, mas existe equipamento, existem pneus maiores que o tamanho normal para correr em cima, tanques de adubo pesado que você coloca atrás do trator. Por isso, eu acredito que é uma questão de engenharia e adaptação de equipamentos adequados.

*Presidente*

Nós estamos com um pequeno atraso no programa, que é bastante longo, e temos ainda algumas perguntas que vou passar às mãos do Dr. Schaffert e, eu peço às pessoas que formularam essas perguntas que procurem as respostas com ele em seguida. Infelizmente eu tenho que seguir esse procedimento.