

Sistema Agroindustrial do Sorgo Sacarino no Brasil e a Participação Público- Privada: Oportunidades, Perspectivas e Desafios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 138

Sistema Agroindustrial do Sorgo Sacarino no Brasil e a Participação Público- Privada: Oportunidades, Perspectivas e Desafios

Frederico Ozanan Machado Durães

André May

Rafael Augusto da Costa Parrella

Editores Técnicos

Embrapa Milho e Sorgo

Sete Lagoas, MG

2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45

Caixa Postal 151

CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027-1100

Fax: (31) 3027-1188

Home page: www.cnpms.embrapa.br

E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau

Membros: Flávia Cristina dos Santos Flávio Dessaune Tardin, Eliane

Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, Guilherme Ferreira Viana e

Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro

Editoração eletrônica: Alexandre Esteves Neves

Arte da capa: Alexandre Esteves Neves

1ª edição

1ª impressão (2012)

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil e a participação público-privada: oportunidades, perspectivas e desafios / editores técnicos Frederico Ozanan Machado Durães... [et al.]. -- Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012.
76 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 138).

1. Sorgo. 2. Recurso energético. 3. Variedade. 4. Energia. I. Durães, Frederico Ozanan Machado. II. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

© Embrapa 2012

Autores

Frederico Ozanan M. Durães

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.
frederico.duraes@cnpms.embrapa.br

André May

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em
Sistemas de Produção de Sorgo Sacarino da
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.
andremay@cnpms.embrapa.br

Rafael Augusto da Costa Parrella

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Agronomia
Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador
em Melhoramento de Plantas da Embrapa Milho e
Sorgo, Sete Lagoas, MG,
parrella@cnpms.embrapa.br.

Robert Eugene Schaffert

Geneticista, Ph.D. em Genética e Melhoramento
Vegetal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.
Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: schaffer@cnpms.embrapa.br

João Carlos Garcia

Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador A da
Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG,
garcia@cnpms.embrapa.br

Elaine Virmond

Engenheira de Alimentos, Doutora, Analista A da
Embrapa Agroenergia, Brasília, DF
elaine.virmond@embrapa.br

Thálya Fraga Pacheco

Engenheira Química, Mestre, Analista A da Embrapa
Agroenergia, Brasília, DF
thalyta.pacheco@embrapa.br

José Manuel Cabral de Sousa Dias

Engenheiro Químico, Doutor, Pesquisador A da
Embrapa Agroenergia, Brasília, DF
jose.cabral@embrapa.br

Apresentação

Atualmente, há uma forte demanda do setor sucroalcooleiro no Brasil por matérias-primas e processos alternativos que sustentem a expansão de cultivos e a ocupação de áreas em renovação, o aumento dos níveis de produtividade agrícola e industrial e a redução de custos de produção, em arranjos integrados com os sistemas cana-planta e cana-indústria, para fins de produção de energia (etanol, cogeração, etc.). O sorgo sacarino é uma oportunidade para complementar o sistema agroindustrial cana-etanol - um setor competitivo, profissional e demandante de inovação (incremental ou disruptiva). Os cenários, nacional e internacional, de demanda por produtos da cana-de-açúcar (especialmente açúcar e etanol), mostram uma tendência de déficit de matéria-prima para os próximos 3 a 5 anos. As três safras anteriores demonstram queda de produção e redução nos níveis de produtividade agrícola, chegando a patamares críticos de 63 toneladas por hectare de cana, em regiões tradicionais do centro-sul do país. Em curto prazo (1 a 3 anos), o setor sucroalcooleiro brasileiro irá requerer, no mínimo, soluções para dois fatores críticos visando a implantação do sorgo sacarino como cultura complementar à cana-de-açúcar: disponibilidade de material genético produtivo e adequada implantação de um sistema de produção da cultura. Contudo, as empresas fornecedoras destas tecnologias são restritas. Decididamente, variedades produtivas e manejo adequado serão buscados pelo setor sucroalcooleiro neste curto prazo, enquanto o desenvolvimento de híbridos produtivos avança com resultados competitivos. Os empreendimentos e as empresas sabem que o êxito de seus negócios está ligado ao desempenho do setor em que a empresa atua e ao posicionamento da empresa neste setor. Portanto, a Embrapa se apresenta como um dos poucos *players* significativos neste mercado de tecnologia e conhecimento para o sorgo sacarino, visando negócios compartilhados para saltos de competitividade.

A Embrapa tem por missão desenvolver tecnologia e conhecimento para o negócio agrícola, e, além de atender às atuais demandas de mercado, busca empreender em C&T para ofertar a tecnologia dos mercados futuros. Desde o início dos anos 80, a Embrapa Milho e Sorgo selecionou variedades de sorgo sacarino. Em fins da década de 1980 as variedades e os híbridos já apresentavam rendimentos entre 2.500 a 3.500 litros de etanol por hectare. Na década de 1990, este programa de melhoramento genético foi desacelerado. Entretanto, como estas cultivares apresentavam boa produtividade e qualidade de matéria verde, estes materiais se mantiveram no mercado, comercializados como plantas forrageiras. A partir de 2008, a Embrapa deu novo impulso ao seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino, com base na variabilidade genética descrita, na agregação de valor em pré-melhoramento contida no banco de germoplasma de sorgo e na experiência de seu quadro funcional. Esse background e essa bagagem acumulados pelas ações de PD&I e negócios cooperativos em curso permitem disponibilizar para os mercados de sementes e de produção de etanol, em curtíssimo prazo, materiais genéticos com boa performance produtiva e rendimentos superiores.

Genética de variedades e híbridos e boas práticas de manejo dos sistemas de produção associadas aos índices industriais são o negócio da Embrapa. A dimensão e a escala deste negócio agroindustrial orientam, formalmente, para as parcerias estratégicas. E os acordos de cooperação técnica, com confidencialidade e compartilhamento de responsabilidades, de agora em diante nortearão os novos negócios.

Esse é um documento-síntese da contribuição da rede de PD&I Embrapa para esta agenda positiva que interessa aos negócios competitivos.

Antonio Álvaro Corsetti Purcino
Chefe-Geral da Embrapa Milho

Prefácio

Alimentos e energia constituem um binômio atual que desafia instituições, pessoas e coisas. Para esta agenda, o “pensar global e agir local” traz responsabilidades visando o desenvolvimento regional focado em eficiência produtiva, com a integração de competitividade e sustentabilidade. Por isso, os setores, as empresas e as pessoas buscam alternativas que suportem novos patamares de crescimento econômico e social, e avaliam, fundamentam, experimentam novas oportunidades de progresso técnico para os negócios competitivos. Neste contexto, inovações constituem os mecanismos de competitividade do setor sucroenergético, e as inovações incrementais e disruptivas são os elementos centrais para consolidar este setor como um negócio de conhecimento, tipicamente da iniciativa público-privada. Isto implica criar condições para domínios tecnológicos e negociais, com adequada apropriação intelectual de matérias-primas, processos e tecnologias, sob os aspectos técnico-científicos e legais.

O sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma espécie sobre a qual os pesquisadores têm domínio tecnológico capaz de atender às necessidades agrônômicas e biológicas da interação genótipo-ambiente em benefício do setor sucroenergético e capaz de produzir mais etanol e biomassa residual para diversos usos. Esta afirmação está embasada em oportunidades e desafios para o mercado sucroenergético atual, que podem ser desdobradas nas agendas de produção de alimentos e energia, na maximização do uso dos recursos (terra, capital, trabalho, insumos, economia de água, agricultura de baixo carbono), na eficiência de processos agrícolas e industriais, na renovação ou reforma de canaviais, nas espécies energéticas para rotação ou utilização na entressafra da cana-de-açúcar, e em alternativas complementares para o setor sucroalcooleiro, em áreas tradicionais ou em expansão de produção.

Com base nos conhecimentos atuais, os resultados de pesquisa e as experiências na área produtiva orientam para as tecnologias agrônomicas e industriais para utilização do sorgo sacarino como alternativa complementar à cana-de-açúcar na produção de etanol e resíduos. Nesses arranjos, os pontos fortes e os novos desafios tecnológicos para o sorgo sacarino permitem desenhar os planos e as parcerias, doravante.

No foco de desenvolvimento de tecnologia agrônômica, basicamente, organizam-se as agendas em três aspectos: a) o melhoramento genético e o desenvolvimento de cultivares (variedades e híbridos); b) boas práticas agrícolas e temas especiais dos sistemas de produção; e c) descritores de planta para fins energéticos. Em desenvolvimento de tecnologia industrial focam-se outros três temas: a) a caracterização da matéria-prima (viés industrial) para fins energéticos, nas rotas de produção de etanol (1G - 1ª geração tecnológica) e biomassa para fins diferenciados (matéria orgânica como condicionadora de solos, volumoso para alimentação de animais ruminantes, cogeração de energia, produção de etanol de material lignocelulósico – ou 2G - 2ª geração, biofertilizantes e coprodutos – novas moléculas, materiais, etc.); b) os processos de conversão per se, tais como protocolos analíticos de referência e utilidades para rotas tecnológicas diferenciadas; e c) arranjos (institucionais, técnico-científicos e legais, e produtivos) visando a inserção do sorgo sacarino no complexo do setor sucroenergético, abordando reforma de canavial, plantio de entressafra da cana, cogeração e *scale up* de maquinaria agrônômica e industrial, dentre outros temas.

O sorgo é originário da África e o Brasil conta com acessos introduzidos da África, dos Estados Unidos, da Europa e da Ásia. Essa planta é bem adaptada a condições ambientais subótimas (estresses de temperatura e umidade do solo); entretanto, ela é responsiva às boas práticas agrícolas e de manejo da cultura. A Embrapa, criada em 1973, abriga um considerável banco de germoplasma de sorgo, e os programas de melhoramento sob a sua coordenação evoluíram na caracterização e seleção de materiais superiores em seus cinco tipos (granífero, forrageiro -

corte e pastejo, sacarino, biomassa lignocelulósica e vassoura). A Embrapa coordena uma plataforma de **PD&I Sorgo-Energia**, diferenciando estratégias, focos, metas, meios e responsabilidades para resultados técnico-científicos e negociais em sorgo sacarino (etanol 1G e biomassa) e sorgo biomassa lignocelulósica (etanol 2G e biomassa para cogeração de energia).

O sorgo sacarino é uma espécie de gramínea, similar à cana-de-açúcar, com alta conversão de energia solar em energia química (produção de carboidratos, via fotossíntese). O potencial energético da biomassa (caldo, bagaço, palhada, grãos) do sorgo sacarino é alto e toda a energia do sorgo sacarino pode ser transformada com a tecnologia atual. Genética avançada, cultivares (variedades e híbridos – Tecnologia Qualidade Embrapa), sistema Embrapa de produção de sorgo sacarino, negócios tecnológicos e parcerias para desenvolvimento genético e de sistemas produtivos são os focos principais, doravante.

A Embrapa apresenta neste documento os elementos-chave para o entendimento amplo de balizadores dos negócios público-privados de PD&I e de produção, no âmbito do sistema agroindustrial do sorgo sacarino no Brasil.

Frederico Ozanan Machado Durães
Pesquisador Agroenergia
Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Apresentação	5
Prefácio	7
Introdução	13
Potencial de sorgo sacarino no cenário nacional e a participação da Embrapa	17
Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil: panorama e melhoramento genético da espécie	22
Tecnologia agrônômica e industrial do sorgo sacarino para a produção de alimentos e energia	30
a) Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica	30
b) Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia industrial	31
Estratégias para o melhoramento genético de sorgo sacarino e desafios futuros	33
Sistema de produção de sorgo sacarino na entressafra de cana-de-açúcar: oportunidades, perspectivas e desafios	36
a) O sistema de produção de sorgo sacarino	39
b) Sistema Embrapa de produção de sorgo sacarino – BRS1G	48
Tecnologias disponíveis para a produção de sementes de sorgo sacarino	50
Visão empresarial sobre cultivares de sorgo sacarino	54
Experiências com sorgo sacarino na agroindústria sucroalcooleira	58
Sorgo sacarino: custo de produção, processamento e captura de valor para o segmento sucroalcooleiro	63
Sorgo sacarino (Genética e Melhoramento; Sistemas de Produção; Pós-Colheita e Tecnologia Industrial; Agronegócio do Sorgo Sacarino no Brasil)	68
Conclusões sobre oportunidades, perspectivas e desafios para a cultura do sorgo sacarino no Brasil: PD&I e produção na parceria público-privada	69
Referências	74

Sistema Agroindustrial do Sorgo Sacarino no Brasil e a Participação Público-Privada: Oportunidades, Perspectivas e Desafios

---

Frederico Ozanan Machado Durães

André May

Rafael Augusto da Costa Parrella

Robert Eugene Schaffert

João Carlos Garcia

José Manuel Cabral de Souza Dias

Thályta Fraga Pacheco

Elaine Virmond

Introdução

O setor sucroalcooleiro e energético do Brasil busca alternativas para aumentar rendimentos agrícolas e industriais, reduzindo custos de produção e aumentando a operacionalidade das usinas, sobretudo na entressafra de cana-de-açúcar. Além disso, a disponibilidade de biomassa residual para cogeração de energia é um negócio em expansão. Híbridos comerciais de sorgo biomassa estão em desenvolvimento, em fase de testes em campo, em escala.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem ciclo curto (4 meses) e é uma espécie de gramínea (*Poaceae*) que produz açúcares no colmo de forma similar à cana-de-açúcar (*Saccharum* spp), com alta conversão de energia solar em energia química. O potencial energético da biomassa (caldo, bagaço, palhada e grãos) é alto, e toda a energia do sorgo sacarino pode ser transformada com a tecnologia atual.

A tecnologia agrícola e industrial disponível, as plantações piloto (desde a década de 1980) e os resultados da safra 2011/12 em áreas de reforma de canaviais mostraram a viabilidade técnica

e econômica do sorgo sacarino para a produção de etanol e de biomassa residual para a cogeração de calor e bioeletricidade.

Um dos modelos de interesse público-privado para a expansão do sorgo sacarino é na entressafra da cana-de-açúcar (de novembro a abril). Visando o aumento da oferta de matéria-prima neste período e a antecipação das operações industriais na produção de etanol, o plantio de sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar (entressafra, reforma de canaviais, expansão em áreas não tradicionais) irá requerer uma série de recomendações técnicas para seu cultivo, visando alta produtividade agrícola e rendimento industrial.

A obtenção, a sistematização e a divulgação destas informações, dirigidas a empresários, investidores, gestores dos setores públicos e privados, técnicos, pesquisadores, e outros interessados, constituem os objetivos deste documento, coordenado pela Embrapa, que se presta como referência e consulta âncora para as articulações dos esforços público-privados para a inserção e a expansão do sorgo-energia (sorgo sacarino em complemento à cana-de-açúcar para a produção de etanol e energia, e sorgo biomassa lignocelulósica para cogeração de energia). Portanto, serve como um robusto instrumento de referência da parceria público-privada para o setor sucroenergético no Brasil, em bases tecnológicas e negociais. Presta-se, ainda, como referência multiplicadora de ações estruturantes e eventos que focam numa agenda estratégica (mercado - inovações - regulação) e numa agenda tecnológica (genética e cultivares, sistema de produção e Boas Práticas Agrícolas, capacitação/treinamento, insumos, maquinaria, economia e custos operacionais (agrícola e industrial), resultados financeiros, etc.).

Sumarizando, a inserção e a expansão do sorgo sacarino em complemento à cana-de-açúcar para a produção de bioetanol e biomassa residual devem contemplar um plano de parceria público-privada, com instrumentos de políticas públicas (financiamento, pesquisa, recomendações técnicas para sistema de produção agroindustrial, transferência de tecnologia, capacitação/treinamento, etc.) e ações privadas (sistema de produção agroindustrial,

mercado, etc.) que suportem um adequado dimensionamento e expansão de safras, com produtividade e sustentabilidade.

No momento, a adequação de genética de variedades e híbridos de sorgo sacarino, recomendações técnicas de sistema de produção agroindustrial, disponibilidade de sementes de qualidade, associada às oportunidades dos arranjos produtivos, são os pontos críticos para a inserção e a expansão do sorgo sacarino na agenda do setor sucroenergético. Decididamente, uma referência de produção por hectare - por ciclo da cultura de sorgo sacarino - de 50,0 toneladas de biomassa verde, 3 mil litros de etanol e resíduos mínimos de 10,0 toneladas de biomassa seca para cogeração de energia são as metas alvo para a safra 2012-2013.

Atualmente, estima-se que de 3 a 5 empresas produzem sementes de sorgo sacarino no Brasil, e já foram identificadas de 30 a 50 usinas de etanol com grande interesse de utilização do sorgo sacarino em complemento à cana-de-açúcar, em áreas de entressafra e de reforma de canaviais. Na safra 2011/12 (nov-dez/mar-abr) foram plantados no país cerca de 20 mil hectares de sorgo sacarino, com rendimentos variáveis de 40 a 65 toneladas de biomassa e rendimento de 2,0 a 3,0 mil litros de etanol/ha. Para o alcance de uma meta de 100 a 120 mil hectares de sorgo sacarino na safra 2012/13, com definições objetivas a partir de maio-junho/2012, tornam-se necessários o desenho e a formatação de um compromisso público-privado a fim de que possam ser preparados os planos operacionais, incluindo a avaliação da disponibilidade de sementes e a montagem de arranjos produtivos necessários para a máxima eficiência técnica e econômica do empreendimento (safra 2012/13). A fim de nortear os cálculos atuais e futuros, esta parceria público-privada precisa tomar decisões conjuntas baseadas nos valores a seguir:

Produção de etanol (litros / ha) de sorgo sacarino (1 ciclo de 4 - 4,5 meses), em função de rendimento agrícola (toneladas biomassa / ha) e industrial (litros etanol / toneladas biomassa).

		Produção de Biomassa (ton / ha)				
		40	50	60	70	80
Produção de etanol (litros/t biomassa)	40	1.600	2.000	2.400	2.800	3.200
	50	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000
	60	2.400	3.000	3.600	4.200	4.800
	70	2.800	3.500	4.200	4.900	5.600
	80	3.200	4.000	4.800	5.600	6.400

Neste documento, os conteúdos dos textos que se seguem apresentam e discutem estas oportunidades, perspectivas e desafios para a inserção e a expansão do sorgo sacarino em complemento à cana-de-açúcar para a produção de biomassa e de bioetanol.

Os textos tratam do potencial agroindustrial da espécie sorgo sacarino e dos elementos para sua inserção e expansão, focando, prioritariamente, nas áreas de cana-de-açúcar (entressafra e renovação de canaviais) no Brasil e no desenvolvimento de tecnologia agrônômica e industrial. Destacam-se os esforços dos trabalhos genéticos para novas cultivares, suas performances agrônômicas e industriais e as práticas recomendáveis para o sistema Embrapa de produção de sorgo sacarino. Complementam-se com informações sobre a visão empresarial sobre cultivares e experiências com o sorgo sacarino na agroindústria sucroalcooleira. Os textos são concluídos com as oportunidades e as providências pertinentes para os setores públicos e privados na produção de bioetanol e biomassa residual com sorgo sacarino.

Potencial de sorgo sacarino no cenário nacional e a participação da Embrapa: oportunidades, perspectivas e desafios

Mercados competitivos demandam arranjos institucionais, técnico-científicos, legais e sistemas produtivos sustentáveis. Marco regulatório, ordenamento territorial, tecnologias agrônomicas e industriais orientam a expansão de cultivos agrícolas em bases técnicas racionais. Adicionalmente, a segurança alimentar e o alimento seguro, agendas ambientais e trabalhistas, emissão de gases de efeito estufa, modificações na matriz energética com base em energias renováveis, especialmente de biomassa, constam dentre outros argumentos positivos para uma agenda de desenvolvimento global. Hodiernamente, o mundo redescobre e discute as oportunidades e as ameaças para a produção e a distribuição de alimentos dependentes de energia. O setor sucroalcooleiro e energético do Brasil é um exemplo importante para esta agenda.

A planta de cana-de-açúcar, o canavial, o engenho e a indústria, as biorrefinarias têm histórico secular e evolutivo no Brasil. A implantação e a implementação do setor sucroalcooleiro e energético no país, sobretudo nas regiões canavieiras tradicionais do Sudeste e Nordeste, experimentaram significativos ganhos de produtividade agrícola e industrial. O histórico do ciclo econômico da cana-de-açúcar no Brasil colonial, e especialmente do programa cana-etanol nestes últimos 35 anos, os ganhos técnicos, econômicos, sociais e ambientais do setor implicam uma aprendizagem robusta capaz de considerar que a “vantagem competitiva é transitória”. Historicamente, a cana-de-açúcar é cultivada no Brasil para fins industriais. Os avanços da cana-de-açúcar em regiões distintas do território nacional e o amadurecimento das tecnologias agrônomicas e industriais resultaram em um padrão técnico, econômico, social e ambiental altamente competitivo para o setor sucroalcooleiro. Especialmente, nestes últimos 35-40 anos o setor experimentou ganhos de produtividade e de viabilidade técnico-econômica com sustentabilidade, baseados em ordenamento

territorial, ampliação e uso de novos conhecimentos e de gestão, na agregação de valor a produtos, resíduos e coprodutos. Açúcar de cana e etanol; biofertilizantes; biomassa para cogeração (calor e eletricidade); volumosos para animais, especialmente ruminantes; condicionamento de solos via incorporação de matéria-orgânica (a exemplo dos sistemas de plantio direto) e material lignocelulósico para etanol de 2ª geração, bem como o desenvolvimento do potencial para agregação de valor a novos materiais, moléculas e coprodutos da cana-de-açúcar e espécies afins, são constituintes de uma matriz tecnológica em franca evolução.

O Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar para o Brasil, oficialmente lançado em 17 de setembro de 2009, está na pauta do dia e das articulações entre instituições, grupos e pessoas. Trata-se de um marco, de uma necessidade, de um instrumento de política pública trabalhado sob critérios técnicos e com metodologia científica arrojada. Negociando-se com importantes representantes da sociedade, busca-se uma agenda de compromissos para ações e para o futuro. Há de se compreender que, do ponto de vista técnico, o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar é o resultado de uma metodologia definida por critérios e indicadores biológicos, físico-químicos e matemáticos que ajustam condições e ambiência para eficiência de produção física e para produtividade da espécie. Estes critérios não são negociáveis, nem definidos intempestivamente, eles se baseiam em dados, e a questão fundamental é: têm ou não têm relevância? Tornar este trabalho técnico uma ferramenta, um instrumento de política pública, requer capacidade negocial e de articulação, e o Governo Federal, após inúmeras e amplas discussões e entendimentos, decidiu apresentar o que o Estado brasileiro requer para a definição de áreas preferenciais, marginais e proibidas para a expansão da cana-de-açúcar no Brasil. Este marco regulatório define o escopo e uma época e necessita ser implantado com base legal.

Os campos técnicos e políticos, focados para o ordenamento territorial, definiram diretrizes e regras para a expansão da cana-de-açúcar no Brasil, embasados em estudos para exclusão de áreas com vegetação nativa; exclusão de áreas para cultivos nos

biomas Amazônia, Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai; indicação de áreas com potencial agrícola sem irrigação plena e/ou áreas com declividade inferior a 12%; respeito à segurança alimentar; priorização de áreas degradadas ou de pastagem.

Hoje, a cultura da cana-de-açúcar ocupa menos de 1% das terras do Brasil (cerca de 8 milhões de hectares com cana plantados em 851 milhões de ha territoriais). Para as discussões que interessam à agenda do Brasil, as restrições do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE cana no Brasil) orientam a expansão da cana em 7,5% das terras brasileiras (cerca de 65 milhões de ha). Pelos novos critérios, 92,5% do território nacional são não indicados para o plantio da cana-de-açúcar. É relevante notar que as informações prestadas pelo Governo Federal registram que as regras do ZAE cana não se aplicam às unidades industriais já instaladas, à produção de cana para seu suprimento e à sua expansão programada. O ZAE também não se aplica às unidades com licenciamento ambiental.

Nesta agenda, a produção de alimentos e energia, a maximização do uso de recursos (terra, água, agricultura de baixo carbono, balanço de energia), a eficiência de processos agrícolas e industriais, a renovação ou a reforma de canaviais, as espécies energéticas para rotação, colocam o sorgo sacarino como uma espécie com domínio tecnológico capaz de atender às necessidades agrônômicas e biológicas da interação genótipo-ambiente em benefício do setor sucroenergético e de produzir mais biomassa (etanol e resíduos) na entressafra da cana-de-açúcar.

Aliado às espécies oleaginosas com domínio tecnológico, como amendoim, girassol e soja, o sorgo sacarino tem grande potencial para expansão de cultivo em zonas tradicionais e novas do setor sucroalcooleiro. Além disso, a produção de etanol de sorgo sacarino deverá ser expandida em complementação ao etanol de cana-de-açúcar.

Este cenário traduz uma grande oportunidade para o Brasil quanto às alterações na matriz energética, nos atuais e futuros marcos

legais e nas possibilidades de inserção regional e de grupos de interesse nos mercados competitivos. Este é o foco central para uma nova agenda público-privada, visando os negócios competitivos. Os planos e os programas para o setor conferem os elementos para as metas, os meios e as responsabilidades quanto a alternativas, tecnologias, infraestrutura e logística dos mercados.

No setor agropecuário para alimentos e energia, os desafios estão centrados no melhoramento genético, nos sistemas de produção sustentáveis e nas cadeias produtivas. Para a cana-de-açúcar, sorgo sacarino e outras espécies agroenergéticas, a Embrapa, coordenadora do *SNPA- Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária*, contribui e busca criar novos domínios tecnológicos e adequar as recomendações técnicas para as boas práticas agrícolas e industriais, a exemplo do conhecimento sistematizado, de forma cooperativa, expresso no ***Sistema Embrapa de Produção de Sorgo Sacarino – BRS1G (Tecnologia Qualidade Embrapa)***. Este sistema organiza as recomendações técnicas para cultivares, sementes, semeio, arranjos e manejo de solo-planta-lavoura-indústria, adubação, irrigação, MIPDH (Manejo Integrado de Pragas, Doenças e Herbicidas), colheita, indústria e conhecimentos afins.

A expansão da cultura de sorgo sacarino no Brasil tem amplas perspectivas e admite modelos diferenciados. Para o modelo de expansão preferencial da cultura de sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar ou renovação de canaviais, objetiva-se complementar a produção de etanol, antecipando a oferta de matéria-prima de qualidade, e ampliar a utilização do parque industrial, maquinarias e recursos do setor, visando competitividade com sustentabilidade, via aumentos de produtividade, redução de custos de produção e maior eficiência do uso de recursos e insumos. Esta bandeira é uma necessidade do setor sucroenergético e uma real e adequada oportunidade para a expansão do sorgo sacarino no Brasil. As perspectivas atuais e futuras focam em cultivares, arranjos produtivos e modelos de negócios. O mercado é bastante propício para os negócios competitivos, de base tecnológica, e a apropriação do conhecimento e o compartilhamento de esforços podem ser

abrigados no escopo da legislação vigente (*Lei de Proteção de Cultivares (LPC 9.456/97); Lei de Inovação 10.973/04; Lei 11.079/04, Parceria Público-Privada, etc.*).

Os elementos para um *Plano de Marketing/Negócios do Sorgo Sacarino da Embrapa* indicam as oportunidades de parceria em negócios tecnológicos e desenvolvimento de novos materiais genéticos. O programa de melhoramento genético de *Sorghum bicolor* (L.) Moench da Embrapa visa o desenvolvimento de variedades e/ou híbridos de sorgo sacarino e estabeleceu as seguintes metas de produtividade e qualidade: uma produtividade mínima de biomassa de 60 t/ha; extração mínima de açúcar total de 120 kg/t biomassa, considerando a eficiência de extração de 90 a 95%; conteúdo mínimo de açúcar total no caldo de 14%; produção mínima de álcool de 60 l/t biomassa; Período de Utilização Industrial (PUI) mínimo de 30 dias com extração mínima de açúcar total de 100 kg/t biomassa. (Para mais informações, vide: AGROENERGIA EM REVISTA, 2011).

O *Plano de Negócios da Embrapa para o Sorgo Sacarino* define algumas estratégias para o compartilhamento de ações de PD&I e negociais, a saber: (a) *Background* genético: materiais antigos; atuais; e modernos; (b) Nichos territoriais: áreas canavieiras tradicionais; de expansão canavieira; e áreas antropizadas de expansão e/ou substituição agrícola; e (c) Parcerias em cooperação científica e/ou técnica: acordos de cooperação científica para o desenvolvimento de novas cultivares; de cooperação técnica para licenciamento de genótipos de interesse técnico ou comercial; e de cooperação técnica para agregação de valor a genótipos, processos e sistemas produtivos.

A Embrapa disponibiliza os termos básicos (padrão) de cooperação científica e técnica para os negócios competitivos e recomenda que para cada assunto específico e cada instituição ou empresa interessada sejam formalizados termos de confidencialidade e sejam definidas contrapartes institucionais de negociação. Ações de PD&I, condições, prazos e locais de entendimentos e novos negócios são organizados em “ajustes de implementação” para os acordos específicos firmados, oportunamente.

Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil: panorama e melhoramento genético da espécie

A lavoura canavieira requer eficiência em preparo do solo, plantio (manual ou mecanizado), tratamentos culturais da planta e da cana soca, colheita (manual ou mecanizada), carregamento e transporte. Em “todas as etapas do processo de produção da cana-de-açúcar” são requeridas governança da decisão empresarial, aplicação de conhecimento técnico-científico e oportunidade das ações cooperativas de instituições e atores, focadas em resultados e impactos. Agronomicamente, isto se traduz em interação genótipo-ambiente, mais gestão. Além disso, integrar disponibilidade de genótipo/cultivar e boas práticas de manejo significa produzir com altos níveis de produtividade e sustentabilidade.

A reforma periódica da lavoura de cana-de-açúcar é uma atividade complexa e implica prática agrônoma obrigatória, atrelada à lógica da indústria processadora. Essa reforma varia com os requerimentos advindos das necessidades de melhoria contínua de resultados econômicos, quanto ao ciclo produtivo e à performance de genótipos/cultivares, sustentabilidade de solo, eficiência dos sistemas produtivos, situação da indústria processadora e retorno aos investimentos. Pragas e doenças de planta e infestação dos solos com plantas invasoras, patógenos nocivos ou organismos-pragas (nematoides, insetos, etc.), bem como a oportunidade de novos arranjos produtivos, a melhoria da qualidade de solos, o aproveitamento de adubos residuais, a quebra de ciclo de patógeno ou a redução de fonte de inóculo, acrescidos a critérios econômicos que expressam a relação benefício/custo da atividade de rotação de culturas ou mesmo o custo da terra, são práticas relevantes, dentre os fatores que determinam a escolha de época e operações para a reforma de canaviais. Para isto não há uma única fórmula, embora busque-se na propriedade e observe-se na região alguns procedimentos preferenciais de reforma de canaviais. Oleaginosas (amendoim, girassol, soja) e adubos verdes (*Crotalaria juncea* L.) são espécies comuns em áreas de reforma.

Estudos sobre reforma de canaviais têm demonstrado a complexidade de critérios para a definição do estágio de interrupção do ciclo produtivo, e a produtividade em cada corte por talhão e critérios técnico-econômicos têm sido utilizados como indicadores de reforma. Genericamente, produtividades observadas entre 135 e 55 t/ha de cana, entre o 1º e 6º ano do ciclo produtivo, indicam 60 t/ha e o 6º ano como críticos para substituição do canavial.

Uma nova lavoura de cana-de-açúcar requer planejamento. De forma similar, uma reforma requer definição prévia de estratégia e práticas para implantação de novas atividades agrícolas. A competitividade do setor sucroenergético tende a maximizar o uso das terras com aumentos de produtividade e relações de critérios técnico-econômicos. A ampliação da oferta de novas cultivares modificadas, com características de especificidade e precocidade nas relações genótipo-ambiente, tende a reduzir o ciclo produtivo da lavoura, e alternativas de reforma tomarão caminhos para novos arranjos produtivos, de interesse agrícola e industrial, regionalmente.

Uma das alternativas para reforma ou substituição de canaviais, por certo, buscará incorporar a cultura de sorgo aos sistemas produtivos para alimentos e energia. A cultura do sorgo (granífero, açucarado/sacarino ou biomassa-energia) terá expansão assegurada em áreas canavieiras e não canavieiras de diversas regiões do Brasil.

O sorgo sacarino, um tipo de *Sorghum bicolor* (L.) Moench, com alto potencial forrageiro, apresenta colmos com caldo semelhante ao da cana, rico em açúcares fermentescíveis e pode servir para produção de etanol na mesma instalação utilizada pela cana-de-açúcar. Trata-se de uma espécie de ciclo rápido (quatro meses), cultura totalmente mecanizável (plantio por sementes, tratos culturais e colheita), alta produtividade de biomassa verde (60 a 80 t/ha), com altos rendimentos de etanol (3.000 a 6.000 l/ha), com bagaço utilizável como fonte de energia (vapor para industrialização e cogeração de eletricidade) ou forragem para animais, contribuindo para um favorável balanço energético. Adicionalmente, o sorgo sacarino produz grãos (2 a 5 t/ha), que apresentam características nutricionais

similares às do milho, podendo ser utilizados na alimentação humana ou animal. Dados técnicos demonstram possibilidades de produção de etanol de sorgo sacarino durante a entressafra da cana-de-açúcar. Plantios realizados no início do período chuvoso (outubro/novembro) tornam possível a antecipação de 2 a 3 meses do período de moagem das usinas, com colheitas a partir de fevereiro e março, reduzindo, assim, o período de ociosidade das destilarias, que varia de 3 a 5 meses, com impactos na geração de renda.

A equipe da Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu a cultivar BR 506, que apresenta boa adaptação a diversas condições edafoclimáticas do Brasil. Os pesquisadores descreveram as características da cultivar e definiram os critérios agronômicos, técnicos e econômicos das boas práticas de manejo da espécie. O potencial de rendimento de etanol desta cultivar, considerando 3 níveis tecnológicos de manejo da cultura, é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Potencial de rendimento de etanol da cultivar sorgo sacarino BRS 506, considerando 3 níveis tecnológicos de manejo da cultura.

Níveis	Massa Verde (t/ha)	Etanol da Massa Verde (l/t)	Etanol por Área (l/ha)	Ciclo (meses)	Produtividade de etanol (l/ha/mês)
Baixo	40	50	2.000	4	500
Médio	60	60	3.600	4	900
Alto	80	70	5.600	4	1.400

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo (www.cnpms.embrapa.br)

Parcerias públicas e privadas desenvolvem ações buscando otimizar os sistemas de produção do sorgo sacarino, principalmente em áreas de canaviais em renovação e, também, avaliam o seu rendimento industrial. Observam-se resultados de 50 a 77 litros de etanol por tonelada de massa verde com ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) variando de 80 a 127 kg de açúcar extraídos por tonelada de massa verde, utilizando-se a mesma

tecnologia utilizada nas usinas (homologada pelo Consecana-SP). Ainda verifica-se que é possível ajustar a mesma estrutura para colheita e processamento da biomassa (moagem, fermentação e destilação) utilizada para cana-de-açúcar.

Em síntese, do ponto de vista agrônomo e industrial a cultura do sorgo sacarino apresenta grande potencial para a reforma de canavial. Os estudos demonstram que se buscam opções para a reforma de 10 a 15% de área anual de cana-de-açúcar, que possam amortizar cerca de 30 a 40% do custo de implantação de um novo canavial. A rotação de culturas na reforma melhora em até 20% a produtividade do canavial. Além disso, a seleção de espécies de expressão econômica deve contribuir para atender aos interesses de produção de alimentos e energia.

Cultivares produtivas e a implantação de adequado sistema de manejo da cultura do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar, na entressafra (novembro-abril), em áreas de reforma ou de expansão de canaviais, constituem os fatores críticos para a inserção do sorgo sacarino no setor sucroalcooleiro nacional. É esperado que o setor busque altos níveis de tecnologias, incluindo cultivares híbridas de sorgo sacarino para o cultivo complementar à cana-de-açúcar. Entretanto, o setor carece de respostas rápidas e eficazes, no curto prazo, em função dos condicionantes de mercado, correntemente, que requerem maior disponibilidade de matérias-primas de qualidade para a produção de carboidratos, especialmente de açúcares solúveis, para a produção de etanol ou açúcar. Neste cenário, variedades produtivas e boas práticas de manejo de sistemas agrícolas e industriais são as reais demandas do setor. Variedades atuais e futuras, superiores em produtividade em relação aos híbridos atuais de sorgo sacarino, colocam uma vantagem competitiva, mesmo que temporária, em favor de variedades. Os próximos períodos de 1 a 3 anos, e mesmo de 3 a 5 anos, serão o tempo requerido para a oferta testada de híbridos de qualidade superior e produtivos (alta biomassa, caldo e açúcares). Cultivares produtivas e adaptadas a determinados ambientes são resultantes de um competente esforço de melhoramento genético, que demanda especialidades, ações

de PD&I, recursos e tempo para o trabalho produtivo e legal. Ou seja, cultivar é o produto protegível de uma complexidade técnico-científica associada aos aspectos legais vigentes, e isto se traduz pela Lei de Proteção de Cultivares (*Lei 9.456/97*) em atender quanto à distinção, homogeneidade e estabilidade - DHE.

A Embrapa iniciou um programa de melhoramento de cultivares de sorgo sacarino na década de 1970. Naquele período, o Governo Federal implantou o Pró-Álcool e incentivou um programa de micro e minidestilarias com capacidade de 100 a 1.000 litros/h, respectivamente, que utilizariam o sorgo sacarino como matéria-prima. Inicialmente, a Embrapa introduziu 50 genótipos do USDA-Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, da África e da Índia, que foram caracterizados agronomicamente, e foram estabelecidos importantes índices de indústria para estes materiais. No início da década de 1980, a Embrapa selecionou variedades de sorgo sacarino – BR 500, BR 501, BR 502, BR 503, BR 504 e BR 505, derivadas das variedades *Rio*, *Brandes*, *Roma*, *Theis*, *Dale* e *Wray*, respectivamente, com produtividade de colmo superior a 40 t ha⁻¹ e teor de sólidos solúveis médios entre 18 e 20 °Brix. A partir de 1987 foram desenvolvidas variedades e híbridos com potencial superior para a produção de etanol. Dentre estes materiais citam-se as variedades BR 506 e BRS 507, e os híbridos BRS 601 e BRS 602. Na década de 1990, a estagnação do Pró-Álcool induziu a uma desaceleração do programa de pesquisa de híbridos de sorgo sacarino para a produção de etanol. Esse tema foi retomado pela Embrapa a partir de 2003 e intensificado a partir de 2008. No momento, as variedades produtivas disponíveis são “a bola da vez”, e novos híbridos produtivos estão em desenvolvimento. Os gargalos técnicos a serem resolvidos focam na obtenção de linhagens fêmeas sacarinas e nos acertos genéticos de capacidade de combinação com as linhagens macho, para a formação de híbridos sacarinos uniformes, altamente produtores de biomassa, caldo e açúcares solúveis de qualidade. Isto difere, sistematicamente, dos híbridos atuais de sorgo sacarino, que estão sendo produzidos com linhagens fêmeas forrageiras e não sacarinas, o que resulta em híbridos “molhados” e “não doces”, ou seja, híbridos altos, com biomassa e caldo, mas não com

açúcares solúveis. Atualmente, estes materiais apresentam dupla aptidão, sacarina e forrageira, mas o mercado de inovação carece de novos elementos de qualidade específica. Doravante, genética de qualidade e adequadas práticas de manejo dos sistemas de produção do sorgo sacarino definem o binômio dos novos negócios para o setor sucroalcooleiro. As parcerias estratégicas estarão norteadas por estes arranjos, para produção e desenvolvimento de novos materiais genéticos e práticas agroindustriais. Em resumo, isto explica porque as variedades produtivas e estáveis, como é o caso das variedades BR 506 e BRS 507, produzem entre 2,5 a 3,5 mil litros de etanol por hectare, e os híbridos comerciais atuais estão produzindo em torno de 0,9 a 1,2-1,5 mil litros de etanol por hectare.

A Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino a partir de 2008, devido ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido à grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias.

Atualmente, o cenário para o setor sucroalcooleiro e energético é bastante distinto dos tempos passados. As oportunidades para o setor incluir o sorgo sacarino, em escala, em sua agenda de trabalho são enormes, porque hoje ele conta com instituições estruturadas, mercados nacional e internacional demandantes por bioprodutos e biocombustíveis, materiais genéticos produtivos e outros em franco desenvolvimento, e tecnologias agronômicas e industriais competitivas.

A Embrapa reorganiza sua agenda institucional continuamente, e a sua visão de negócios competitivos em bases tecnológicas incorpora novos elementos para a produção de tecnologias e conhecimento para atender às demandas de mercado, bem como para produzir o conhecimento que os mercados deverão necessitar no futuro.

A Embrapa reconhece e trabalha os cinco tipos de sorgo – *Sorghum bicolor* (L.) Moench (granífero, forrageiro - corte e pastejo, sacarino, biomassa lignocelulósica e vassoura). Com

relação ao sorgo-energia, que engloba o desenvolvimento e a aplicação do sorgo sacarino, para a produção de bioetanol de 1ª geração tecnológica (1G) e as aplicações diversas da biomassa residual, bem como a respeito do sorgo biomassa lignocelulósica para a produção de matéria-prima qualificada para a cogeração de energia de biomassa (calor e bioeletricidade) e a produção de bioetanol de 2ª geração tecnológica (2G), a Embrapa definiu, recentemente, um novo *framework* (mapa de oportunidades) de projeto de conhecimento. Para o sorgo-energia, especialmente o sorgo sacarino, as ações de PD&I e negócios tecnológicos estão centradas na estratégia de melhoramento genético descrita, de forma sumária, nas Figuras 1(a, b).

Figura 1(a). *Framework* estratégico de projeto de conhecimento para o melhoramento genético de sorgo-energia da Embrapa, 2011.

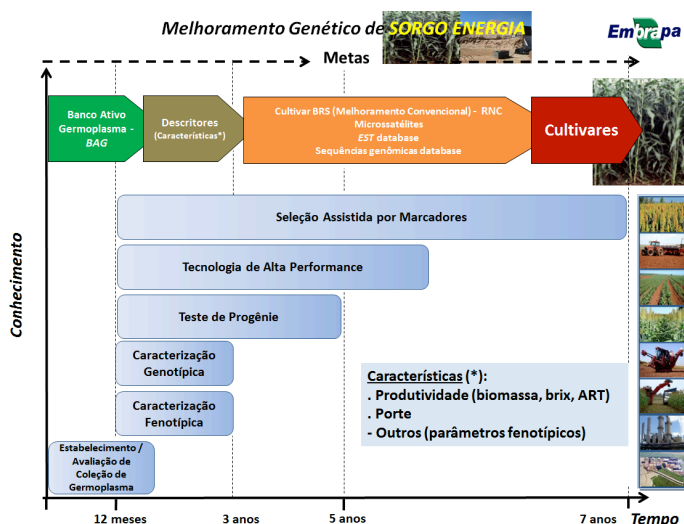
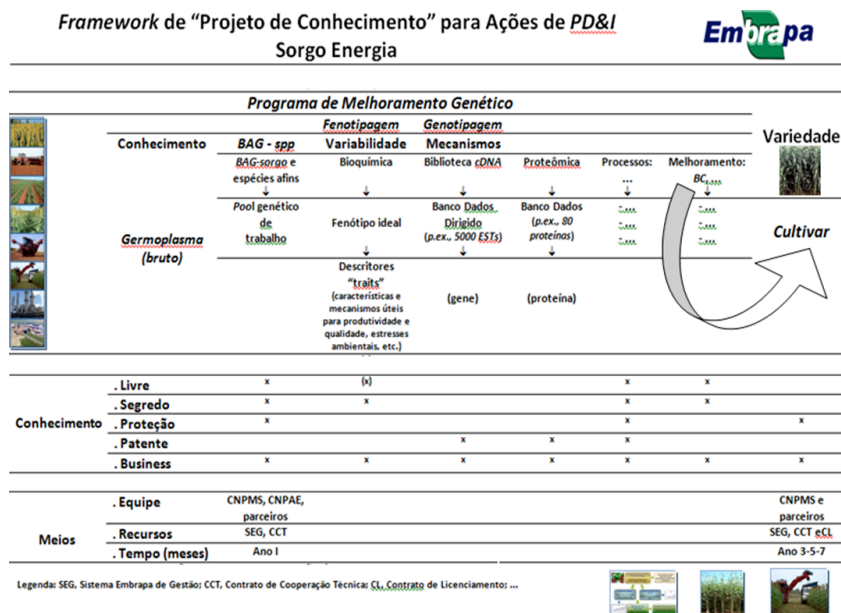


Figura 1(b). *Framework* estratégico de projeto de conhecimento para o melhoramento genético de sorgo-energia da Embrapa, 2011.



Considerando uma Agenda Institucional que analisa os cenários e as oportunidades para a realização de trabalho produtivo, bem como defina os critérios para a criação e/ou o fortalecimento de mecanismos organizacionais e gerenciais, visando propiciar as condições para a execução dos objetivos institucionais, faz sentido o estabelecimento de plataformas de temas relevantes para mercados competitivos, que podem ser traduzidas em “portfólio de projetos de conhecimento”, ajustados para as necessidades atuais e futuras de mercados. “Projetos de conhecimento” abarcam o “projeto de pesquisa padrão” (conceito gerencial dos *goals* científicos) e incorpora, complementarmente, as metas-foco para os negócios competitivos, associando os desafios técnico-científicos aos legais, com os requisitos do arcabouço jurídico vigente. Desta forma, urge uma nova governança integral *com alma*, para a gestão, a administração e as parcerias estratégicas comprometidas com os novos negócios de base tecnológica.

Tecnologia agrônômica e industrial do sorgo sacarino para produção de alimentos e energia

a) Sorgo Sacarino: desenvolvimento de tecnologia agrônômica

Em um processo agrícola, o ordenamento territorial, a genética e cultivares modificadas, as boas práticas agrícolas e as associações bióticas e abióticas visando ganhos de produtividade, bem como os arranjos produtivos, são passíveis de complexos empreendimentos técnicos e legais.

Na visão agrícola, em termos de matérias-primas produtoras de açúcar e processos de produção de etanol, a inovação está centrada em dois grandes desafios técnico-científicos e gerenciais. Um primeiro é o aumento da densidade energética, que pode ser explorado com a biodiversidade, a construção de associações biológicas dentro de espécies, ou mesmo com a utilização de processos físicos, químicos ou biológicos. Neste enfoque, são exemplos diferenciados o desenvolvimento de novas cultivares modificadas de cana-de-açúcar, por melhoramento genético convencional e biologia avançada, e a utilização de matérias-primas alternativas ou complementares, com domínio tecnológico, como é o caso do sorgo sacarino. Um segundo desafio trata da eficiência das tecnologias de aproveitamento do conteúdo energético.

Adicionalmente, os setores de pesquisa e produtivos buscam alternativas para questões de maior uso e eficiência dos recursos da natureza, incluindo os fatores clássicos de produção (terra, capital e trabalho) e os itens modernos de competitividade (inovação, insumos modernos, como agroquímicos fertilizantes e protetivos, biofertilizantes, economia de água, economia de carbono, oportunidade social de uso dos recursos, viabilidade econômico-financeira e empresarial, etc.).

O setor sucroenergético busca empreender novas agendas e modelos produtivos, orientados por marco regulatório firme, visando aumentar a competitividade e os ganhos de produtividade agroindustrial.

É fato corrente que setores da agroindústria canavieira, incluindo fazendas de cana e indústria de maquinarias agrônoma e industrial para processos de conversão, têm procurado avaliar o sorgo sacarino com foco em novos negócios, visando maior competitividade e sustentabilidade do setor sucroenergético.

O sorgo sacarino é uma espécie agrícola rústica, com boa adaptação a estresses ambientais, por exemplo, temperatura e umidade; entretanto, ela é responsiva para a aplicação de insumos modernos (água, corretivos e fertilizantes) em fases críticas do crescimento e desenvolvimento da cultura. A disponibilidade de sementes de qualidade de cultivares (domínio da genética de variedades e híbridos adaptados) é imprescindível para ganhos de produtividade e rendimento, e adequadas técnicas de plantio e de manejo da cultura (a exemplo da profundidade de plantio) são limitantes para a melhor performance agrônoma e produtiva. A formação de caldo e a produção de açúcares totais e sacarose, bem como a tipificação dos resíduos, carecem de cuidados quanto à aplicação de processos técnicos e industriais que permitam a maximização de resultados econômicos. Estes procedimentos são relevantes ao êxito do empreendimento e requer do agricultor, canavieiro ou industrial uma adequada governança (gestão, administração e parceria) para a sua atividade empresarial.

No foco de desenvolvimento de tecnologia agrônoma são tratados, basicamente, três aspectos: a) o melhoramento, a genética e o desenvolvimento de cultivares (variedades e híbridos); b) boas práticas agrícolas e temas especiais dos sistemas de produção; e c) descritores de planta (com viés biológico) para fins energéticos.

b) Sorgo Sacarino: desenvolvimento de tecnologia industrial

Em um processo industrial que usa matéria-prima sacarídea para a produção de açúcar e etanol, a moagem dessa matéria-prima, a filtração, a fervura/centrifugação do caldo/melado, a adição de químicos, a fermentação e a destilação resultam na transformação dos açúcares simples em etanol.

Na visão industrial, em termos de matérias-primas produtoras de açúcar e processos de produção de etanol, a inovação está centrada em dois grandes desafios técnico-científicos e gerenciais. Um primeiro é o aumento da densidade energética e a utilização de matérias-primas alternativas ou complementares, com domínio tecnológico, como é o caso do sorgo sacarino. Um segundo desafio trata da eficiência das tecnologias de aproveitamento do conteúdo energético. Neste campo, transitam as questões sobre o aumento da eficiência no processo industrial convencional (pré-tratamento, fermentação, destilação, biodigestão da vinhaça, etc.), bem como questões sobre o domínio de novos processos em rotas tecnológicas de conversão de biomassa em energia (hidrólise ácida e enzimática, termoquímica, gaseificação, dentre outros).

Inovação é o argumento que norteia estas novas buscas e novos negócios, e, atualmente, a Embrapa está focada nestas parcerias para negócios competitivos, embasada na demonstração de resultados da experiência agrônômica e progressos na genética, boas práticas de manejo da cultura e uma inserção profissional para as oportunidades de processos de conversão industrial. Adicional e complementarmente, são relevantes as informações sistematizadas sobre a caracterização de matéria-prima e qualidade tecnológica do sorgo sacarino (enfoque tecnológico para processos e aproveitamento industriais).

Em termos competitivos e sustentáveis, o gerenciamento dos arranjos institucionais, técnico-científicos e legais e produtivos é definidor da estratégia e oportunidade para a produção e utilização do etanol e cogeração de energia. A administração do conhecimento e da disponibilidade das matérias-primas, processos e arranjos constitui-se no elemento operacional fundamental para justificar as vantagens comparativas de unidades industriais, empresas, regiões, ou países no negócio sucroalcooleiro.

Estratégias para o melhoramento genético de sorgo sacarino e desafios futuros

Variedades e híbridos de sorgo sacarino são formados por linhagens. O Programa de Melhoramento Genético de Sorgo da Embrapa desenvolveu variedades produtivas em biomassa e açúcares, e que se prestam para a produção qualificada de bioetanol, quando associadas às boas práticas agrícolas e industriais. Além disso, estão em andamento os trabalhos de caracterização fenotípica e genotípica e de cruzamentos de linhagens para o desenvolvimento de híbridos comerciais de sorgo sacarino. Os gargalos técnico-científicos e de produção de híbridos comerciais concentram-se na capacidade de combinação de linhagens, especialmente da seleção de linhagens fêmeas sacarinas, em substituição aos materiais forrageiros tradicionais.

Atualmente, os estudos genômicos focam nos genes envolvidos na síntese dos constituintes da biomassa (celulose, hemiceluloses e lignina), além daqueles que influenciam características morfológicas de crescimento, como altura de plantas, perfilhos, espessura de caule, sensibilidade a fotoperíodo, dentre outros. Além da busca por homologia de sequências para a identificação destes genes no genoma, outras estratégias estão em utilização, como mapeamento de *QTLs* (*Quantitative Trait Locus*), mapeamento por associação e mutagênese em escala genômica acoplada a triagens fenotípicas para características como composição geral da parede celular, digestibilidade e recalcitrância à sacarificação. Resultados experimentais demonstraram que houve efeito aditivo na redução de lignina com o duplo mutante *bmr-6/bmr-12*, e pode-se concluir que a redução do conteúdo de lignina impactou positivamente a eficiência de conversão da biomassa de sorgo *bmr* em açúcares simples. Rendimento de biomassa e acamamento estão associados à redução no teor de lignina, mas estes efeitos são dependentes do background genético em que os mutantes *bmr* se encontram.

A seleção genômica como medida complementar ao programa de melhoramento clássico do sorgo sacarino tem contribuído para as características relacionadas ao uso do sorgo para produção de bioenergia, alimentação animal de melhor qualidade e na indústria química. Novos métodos de sequenciamento em larga escala, mais econômicos e rápidos, identificam marcadores próximos aos genes de interesse e está em andamento o ressequenciamento dos genomas de todos os indivíduos de duas populações de linhagens recombinante de sorgo (*RILs*, *F10*) e de um painel diverso. Uma das populações segrega para colmo seco ou com caldo e teor de açúcares no caldo, enquanto outra população segrega para tolerância à toxicidade por alumínio – de ocorrência nos solos ácidos, típicos do bioma Cerrado, além de características relacionadas à qualidade da biomassa, tais como presença de caldo, concentração de açúcares, altura e composição da parede celular. A obtenção e a análise de dados dessa variabilidade genética estão orientando o programa de melhoramento do sorgo. Os estudos em andamento focam na caracterização de um painel geneticamente diverso de sorgo com mais de 100 acessos quanto aos níveis de lignina no colmo e de expressão dos genes envolvidos na síntese desse composto. Os resultados indicam que o painel é bastante diverso fenotipicamente e o conteúdo de lignina variou entre 2 e 12% da matéria seca total, sendo a média 5,8%. Além disso, foram identificados homólogos de genes-chave da via de biossíntese de lignina, e estudaram-se seus níveis de expressão, via PCR em tempo real. Dois destes genes, *C3H* e *HCT*, parecem corregulados, por apresentarem expressão altamente correlacionada entre genótipos. Estes genes estão em validação por análises de associação e selecionados para uso no programa de melhoramento de sorgo para bioenergia. Abordagem semelhante serve para o estudo da concentração de açúcares no caldo.

A Embrapa desenvolveu híbridos de sorgo de alta produtividade de biomassa sensíveis ao fotoperíodo, com potencial para produção de 50 t ha⁻¹ de matéria seca por ciclo, com alta qualidade devido ao baixo teor de lignina na planta, variando de 1 a 10%. O sorgo é classificado como sensível (planta

de dias curtos – floresce em noites longas) ou insensível ao fotoperíodo – que é a resposta do crescimento à duração dos períodos de luz e escuro. O comprimento do dia varia de acordo com a estação do ano e com a latitude. Em genótipos (cultivares) sensíveis, a gema vegetativa (terminal) permanece vegetativa até que os dias encurtem o bastante para haver a sua diferenciação em gema floral – denominado fotoperíodo crítico. O fotoperíodo crítico do sorgo pode ser assim descrito: se o comprimento do dia aumenta, a planta não floresce, ao passo que se o comprimento do dia decresce (<12 horas e 20 minutos) a planta floresce. O controle de maturação (indução de floração) e fotoperiodismo em sorgo é sobre o efeito de dois alelos em cada um de seis loci (*Ma1,ma1*; *Ma2,ma2*; *Ma3,ma3*; *Ma4,ma4*; *Ma5,ma5*; e, *Ma6,ma6*). *Ma1* a *Ma4* controlam o ciclo e *Ma5* e *Ma6* controlam o fotoperiodismo. Os genótipos *Ma5Ma5ma6ma6*; *ma5ma5Ma6Ma6* são insensíveis a fotoperíodo e florescem entre 60 e 70 dias após germinação independentemente do comprimento do dia. Os híbridos derivados de cruzamentos entre linhagens com estes genótipos são sensíveis (*Ma5ma5Ma6ma6*) ao fotoperíodo e têm indução floral somente em dias com menos de 12 horas e 20 minutos de luz. Este mecanismo permite a confecção de híbridos sensíveis ao fotoperíodo com alta produtividade de biomassa e com ciclos mais variáveis. Parrella et al. (2011) cruzaram um conjunto de linhagens insensíveis (*ma1ma1*) com um grupo de linhagens sensíveis (*Ma1Ma1*) para a obtenção de híbridos sensíveis ao fotoperíodo (*Ma1ma1*). Assim, nas condições experimentais de Sete Lagoas, MG, cultivares de sorgo sensíveis ao fotoperíodo semeadas nos meses de setembro ou outubro, apenas irão iniciar o desenvolvimento da gema floral a partir de 21 de março do ano seguinte, ampliando bastante o seu ciclo vegetativo e, concomitantemente, a produção de biomassa/ha/ciclo. Híbridos sensíveis ao fotoperíodo apresentam-se como uma excelente alternativa para o fornecimento de matéria-prima para produção de biomassa, e sua utilização em cogeração e energia (calor e bioeletricidade) ou em rota tecnológica para produção de etanol de material lignocelulósico (bioetanol de 2ª geração tecnológica).

Sistema de produção de sorgo sacarino na entressafra de cana-de-açúcar: oportunidades, perspectivas e desafios

A busca de genótipos (variedades e híbridos) produtivos e adaptados a condições edafoclimáticas distintas procura incorporar, via melhoramento genético e boas práticas agrícolas, características agronômicas para incremento de produtividade do sorgo sacarino, com foco na produção de biocombustíveis e melhoria de oferta de alimentos. Esses estudos objetivam: a) efeitos da água e fertilizantes (macro e micronutrientes) e sua interação nos açúcares, rendimento e qualidade de grãos e bagaço; b) efeito do comprimento do dia, temperatura e sua interação, nos açúcares, rendimento e qualidade de grãos e bagaço, além de contribuir para identificar adaptação de cultivares para a estação de crescimento por local; c) experimentos de rotação de cultivos para identificar o mais produtivo e sustentável sistema de cultivo para diferentes ecossistemas.

O conteúdo de açúcar (6,00-16,06%) no caldo de sorgo sacarino varia em diferentes genótipos e o Brix é de 11,16-23,01% (**Tabela 2**).

Tabela 2. Comparações médias entre cultivares, linhas e híbridos de sorgo sacarino.

Genótipos	Estatísticas	Rendimento de colmo (t.ha-1)	Brix (%)	Sacarose (%)	Pureza (%)
19 cultivares	mínimo	27,86	11,16	6,00	35,86
	máximo	126,42	22,54	16,06	76,02
	média	72,00	19,44	11,69	59,41
	desvio médio	21,66	2,09	2,07	7,70
10 linhagens	mínimo	33,43	16,54	9,00	54,39
	máximo	61,43	23,01	15,04	73,69
	média	48,20	20,50	12,77	61,22
	desvio médio	8,46	1,69	1,57	4,53
7 híbridos	mínimo	83,28	14,32	9,53	57,17
	máximo	128,85	21,18	14,26	74,40
	média	103,15	17,56	11,89	67,41
	desvio médio	16,31	1,54	1,42	5,64

* Modificado de Almodares e Sepahi (1996).

Análises comparativas de caldo, colmo e bagaço de sorgo sacarino e cana-de-açúcar apontam resultados de qualidade tecnológica significativa para fins industriais (**Tabela 3**). O melhoramento genético associado à escolha de cultivares (variedades ou híbridos) comerciais e a prática de manejo da cultura do sorgo sacarino devem assegurar boa performance agrônômica e produtiva.

Tabela 3. Análise de caldo, colmo e bagaço de sorgo sacarino e cana-de-açúcar.

Sorgo Sacarino x Cana-de-Açúcar		
Análise do Caldo	Sorgo Sacarino	Cana-de-Açúcar
Quantidade (kg/t de colmo)	370 – 660	600 - 800
Brix	15,0 - 21,0	18,0 - 21,0
Sacarose (%)	8,0 - 17,5	15,0 - 18,0
ART (%)	13,0 – 20,0	16,0 - 19,0
Pureza (%)	55 – 80	80 - 90
Relação Sacarose/ Redutores	1,0 - 8,5	15,0 - 18,0
Análise do Colmo	Sorgo Sacarino	Cana-de-Açúcar
Sacarose (%)	4,0 - 13,0	12,0 - 16,0
ART (%)	11,5 - 16,5	13,0 - 17,0
Fibra (%)	10,0 - 19,0	9,0 - 13,0
Composição do Bagaço	Sorgo Sacarino	Cana-de-Açúcar
Lignina (%)	11,90	20,50
Pentosanas (%)	26,90	26,35
Celulose (%)	46,57	47,70

Fonte: Modificado de Santos (2006).

Resultados de pesquisas e em parcelas comerciais demonstram que o sorgo sacarino é uma excelente cultura para produção de biomassa. O alto conteúdo de carboidrato não estrutural de sua biomassa vegetativa pode ser fermentado para metanol ou etanol. O amido é o carboidrato não estrutural do grão de sorgo sacarino e açúcares são os principais carboidratos do colmo. Em espécies sacarinas, em geral, a sacarose é a forma predominante transportada na planta. Em sorgo sacarino, os açúcares simples solúveis são as formas predominantes no caldo do colmo. Embora etanol possa ser produzido de grãos de sorgo sacarino, é necessário mais processamento para converter seu amido para glicose, que sequencialmente é convertido para

etanol. Grãos e colmos do sorgo sacarino têm rendimentos mais fermentáveis do que de outras espécies energéticas. Adicionalmente, o grão pode ser usado para produção de xarope de alta frutose e alimentação animal.

A produção de etanol pela fermentação de soluções de açúcares obtidos do sorgo sacarino varia amplamente entre anos em diferentes locais, fertilidade, umidade, datas de plantio/colheita, e apresenta uma associação linear entre o número de dias sem frio. A acumulação de sacarose nos colmos varia entre cultivares.

a) O Sistema de Produção de Sorgo Sacarino

O sistema de produção define um conjunto de conhecimentos e práticas que orientam a tomada de decisão e o acompanhamento para a adequada interação genótipo e ambiente, visando resultados quali e quantitativos de interesse; portanto, trata de operações sequenciais comuns aos sistemas agroindustriais afins e de boas práticas agrícolas e industriais que carecem de testes e validações contínuas para recomendações viáveis, focando produtividade e sustentabilidade.

O domínio tecnológico e a necessidade de experimentação agrônômica e industrial para uma cultura *drop in* como o sorgo sacarino implicam determinar dados técnicos e econômicos. O modelo-foco da utilização de sorgo sacarino, no escopo deste trabalho, é para antecipação de oferta de matéria-prima para a indústria de bioetanol, na entressafra da cana-de-açúcar, ou seja, a utilização complementar do sorgo sacarino na entressafra da cana, visando a produção de etanol e de resíduos nas usinas do setor sucroenergético.

O documento “Sistema Embrapa de Produção do Sorgo Sacarino”, com denominação mercadológica ou nome fantasia *Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa*, objetiva sistematizar o conhecimento tecnológico vigente e promover a aplicação de uma sequência ordenada de “boas práticas agrícolas e industriais”, que podem orientar a tomada de decisão organizada das ações e metas do empreendimento agroindustrial.

A adoção e a aplicação adequada do sistema de produção de culturas agroindustriais, como é o caso do sorgo sacarino, resultam de um acordo de compromisso da parceria público-privada, em PD&I, cadeia produtiva e logística.

A Embrapa entende que é imprescindível a sua contribuição na elaboração, no acompanhamento de execução e capacitação e no treinamento em sistemas de produção para sorgo sacarino. As justificativas para estas ações estão focadas no potencial e na inserção da tecnologia agrônômica e industrial do sorgo sacarino como alternativa complementar para a produção de bioetanol, e definem um protocolo preliminar (versão 1.0) para um *Sistema Embrapa de Produção de Sorgo Sacarino – Sistema BRS1G (Tecnologia Qualidade Embrapa)*, sequenciando métodos, procedimentos operacionais padrões (POPs) e indicando os coeficientes técnicos de práticas recomendáveis que possam subsidiar as operações, o acompanhamento e o controle e a avaliação dos sistemas de produção, organizados com o seguinte conteúdo de agrupamento de recomendações técnicas:

- Área de terreno e solo (escolha, preparo, correção)
- Sementes e genética (tecnologia, produção, qualidade, *background* genético: variedade, híbrido, cultivar RNC)
- Plantio (época, arranjo espacial, intercalar, rotação, etc.)
- Tratos culturais (BPA - Boas Práticas Agrícolas: adubação, irrigação, manejo integrado de pragas e doenças, manejo de plantas daninhas, etc.)
- Colheita (manual, semimecanizada, mecanizada)
- Índices de indústria (aproveitamento de grãos, ART e BRIX, PUI, tratamento de resíduos)
- Economia (sistema produção, biomassa, caldo, etanol, etc.)
- Balanço (energia *input/output*, consumo água agroindústria, incorporação/emissão CO₂ agroindústria)
- Zon-Sorgo Sacarino BR (Zoneamento do Sorgo Sacarino no Brasil)
- Modelos de arranjos [nichos territoriais: MA1 (entressafra cana), MA2 (expansão cana), MA3 (outros nichos BR)]
- Modelos integrados [modelos: MI1 (cana+SS), MI2 (cana+SS+cogeração), MI3 (sorgo sacarino+cogeração)]

Figura 2. Sistema Embrapa de Produção de Sorgo Sacarino (Sistema BRS1G- Tecnologia Qualidade Embrapa)

[illegible]

Grau do Conhecimento Tecnológico para a Cultura do Sorgo Sacarino no Brasil (Testes de Juízes-Especialistas)

As recomendações técnicas são ordenadas por especialistas nas diferentes práticas sequenciais e afins do sistema de produção da cultura do sorgo sacarino, das atividades industriais e de entorno

do negócio sucroalcooleiro, baseado em cana, sorgo sacarino, indústria do etanol e de resíduos agroindustriais.

Como primeira aproximação (V1.0) para o *Sistema BRS1G* sugerem-se 37 recomendações técnicas, organizadas em 13 agrupamentos de práticas e conhecimento afins ao sistema de produção do sorgo sacarino para produção de etanol na entressafra de cana-de-açúcar (Quadro 1), como segue:

Quadro 1. Recomendações técnicas sequenciais para o *Sistema BRS1G* (V1.0). Embrapa, 2011.

Agrupamento		Recomendações	
Item	Práticas	Item	Técnicas
1	Área de terreno e solo	1	Escolha/caracterização da área
		2	Preparo de área
		3	Correção de solo
2	Sementes e genética "definida" (background genético, tecnologia de sementes e de produção)	4	Tecnologia produção sementes (florescimento/frutificação)
		5	Produção de sementes
		6	Qualidade tecnológica de sementes
		7	Variedade (genética definida)
		8	Híbrido (genética definida)
		9	Cultivar (RNC)
3	Plantio	10	Época de semeadura
		11	Arranjo espacial (espaçamento e densidade populacional)
		12	Cultivo intercalar
4	Tratos culturais	13	Adubação
		14	Irrigação
		15	Sistema de podas e desbaste
		16	Controle plantas daninhas
		17	Controle de doenças
		18	Controle de pragas

Agrupamento		Recomendações	
Item	Práticas	Item	Técnicas
5	Colheita	19	Colheita manual
		20	Colheita semimecanizada
		21	Colheita mecanizada
6	Índices de indústria	22	Aproveitamento de grãos
		23	ART e BRIX%
		24	PUI
		25	Tratamento de resíduos/efluentes/emissões
7	Economia	26	Custos de produção de biomassa, t
8	Balanco de energia	27	Input / output energia
9	Balanco de água	28	Consumo de água agroindústria
10	Balanco de C	29	Incorporação / emissão CO ₂ (fase agrícola)
		30	Incorporação / emissão CO ₂ (fase industrial)
11	Zoneamento	31	Zon- Sorgo Sacarino no Brasil
12	Modelos de Arranjos (nichos territoriais)	32	Arranjo 1: Antecipação safra etanol na entressafra da cana
		33	Arranjo 2: Areas de expansão do setor sucroalcooleiro
		34	Arranjo 3: Areas em nichos diferenciados do setor sucroalcooleiro
13	Modelos Integrados	35	MI 1: cana + sorgo sacarino
		36	MI 2: cana + sorgo sacarino + cogeração
		37	MI 3: sorgo sacarino + cogeração
...	...	...	... (outros)

RNC, Registro Nacional de Cultivares (Lei 10.711/03, Decreto 5.153/04, Portaria MAPA 527/97)*; ART, Açúcares Redutores Totais; BRIX%, índice refratométrico do teor de açúcares do caldo; PUI, Período de Utilização Industrial.

(*) O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA estabeleceu mecanismos para a organização, sistematização e controle da produção e comercialização de sementes e mudas, e instituiu, por meio da Portaria nº 527, de 30 de dezembro de 1997, o Registro Nacional de Cultivares - RNC. Atualmente, o RNC é regido pela Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, e regulamentado pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, tendo como preceito fundamental que a geração de novas cultivares se traduz em altas tecnologias transferidas para

o agronegócio, indispensáveis ao sucesso deste, pelo aumento da produtividade agrícola e da qualidade dos insumos e dos produtos deles derivados. As cultivares são disponibilizadas ao agricultor com os mais recentes avanços da pesquisa em genética e melhoramento vegetal, transformadas em insumos, sob a forma de material de propagação. O RNC tem por finalidade habilitar previamente cultivares e espécies para a produção e a comercialização de sementes e mudas no País, independentemente do grupo a que pertencem - florestais, forrageiras, frutíferas, grandes culturas, olerícolas, ornamentais e outros. O RNC é de responsabilidade da Coordenação de Sementes e Mudas - CSM, do Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas - DFIA, da Secretaria de Defesa Agropecuária - SDA. (Vide site: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares>)

Por um critério de juízes qualificados (pesquisadores, técnicos, gerentes, consultores especialistas, produtores agrícolas e industriais, dentre outros) conhecedores do tema, definem-se uma escala ordinal crescente do grau de conhecimento tecnológico de cada uma das recomendações técnicas da pesquisa para o Sistema BRS1G (Quadro 1), como segue:

Quadro 1. Escala Ordinal Crescente do Grau de Conhecimento Tecnológico para SORGO

SACARINO		
Escala Ordinal crescente do Grau de Conhecimento Tecnológico para SORGO SACARINO		
No. Ordem	Notação	Grau de Conhecimento
		Descrição
1	SEM INFORMAÇÃO	O <u>especialista</u> não sabe, ou não pode dar uma recomendação por absoluta falta de dados.
2	BOM SENSO	O <u>especialista</u> responde com base na lógica, no bom senso, na sua formação profissional, por inexistência de pesquisas de valor local ou de possibilidades de extrapolação de resultados de outras pesquisas.
3	EXTRAPOLAÇÃO I	O <u>especialista</u> responde com base em resultados de pesquisas feitas no Exterior.
4	EXTRAPOLAÇÃO II	O <u>especialista</u> responde com base em resultados de pesquisas feitas em outro estado do Brasil.
5	EXTRAPOLAÇÃO III	O <u>especialista</u> responde com base em resultados de pesquisas feitas no mesmo Estado.
6	RESULTADOS PARCIAIS I	O <u>especialista</u> responde com base em pesquisas de valor local, ainda não concluídas. Os resultados não foram publicados e/ou não transferidos aos Agentes de Assistência Técnica.
7	RESULTADOS PARCIAIS II	O <u>especialista</u> responde com base em pesquisas de valor local, ainda não concluídas. Os resultados foram publicados e transferidos aos Agentes de Assistência Técnica.
8	RESULTADOS FINAIS I	O <u>especialista</u> recomenda com base em resultados de pesquisa de valor local, já concluída. Os resultados não foram publicados e/ou transferidos aos Agentes de Assistência Técnica.
9	RESULTADOS FINAIS II	O <u>especialista</u> recomenda com base em resultados de pesquisa de valor local, já concluída. Os resultados foram publicados, mas não transferidos à Assistência Técnica.
10	RESULTADOS FINAIS III	O <u>especialista</u> recomenda com base em resultados de pesquisa de valor local, já concluída. Os resultados foram publicados e transferidos aos Agentes de Assistência Técnica.

Pesquisa

TT e NT&C

Estes procedimentos previamente planejados e ajustados objetivamente por especialistas qualificados permitem organizar uma agenda de trabalho, baseada em uma matriz de dupla entrada, qual seja, na abscissa (horizontal) está o ordenamento das recomendações técnicas, cujo grau do conhecimento tecnológico para a cultura do sorgo sacarino é definido, por especialistas, e plotados na ordenada (vertical), conforme descritos na Figura 3(a).

Figura 3(a). Grau de conhecimento tecnológico para as recomendações técnicas para cultura do sorgo sacarino. Embrapa, 2011.

[illegible]

Fonte: Durães, FOM *et al* (2011). Plataforma Embrapa PD&I Sorgo Sacarino.

A matriz de conhecimento tecnológico para as recomendações técnicas para a cultura do sorgo sacarino no Brasil, trabalhada por grupos de especialistas qualificados e conhecedores do tema, resulta em uma grade tecnológica bastante informativa sobre o estado-de-arte das recomendações da pesquisa [Figura 3(b)]. Além de indicar a sua dinâmica e evolução no tempo, orienta os pontos

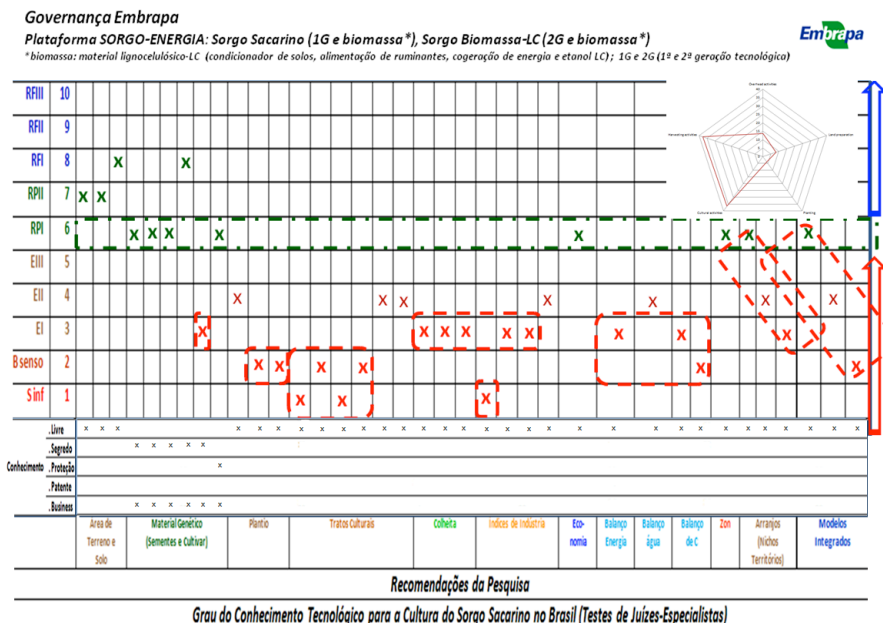
Figura 3(b). Grau de conhecimento tecnológico para as recomendações técnicas para cultura do sorgo sacarino. Embrapa, 2011.

[illegible]

Grau do Conhecimento Tecnológico para a Cultura do Sorcao Sacarino no Brasil (Testes de Juizes-Especialistas)

Resultados: Amostragem de especialistas (pré-teste, em /2011)

Figura 3(c). Grau de conhecimento tecnológico para as recomendações técnicas para cultura do sorgo sacarino. Embrapa, 2011.



Fonte: Durães, FOM et al (2011). Plataforma Embrapa PD&I Sorgo Sacarino.

Resultados: Amostragem de especialistas (pré-teste, em /2011)

Em uma agenda institucional para resultados e impactos em mercados competitivos define-se a natureza do conhecimento obtido (próprio, compartilhado e de parceiros). Os esforços dispendidos e o estabelecimento anterior de resultados em tecnologia, produtos, serviços e inovação (*T-P-S-I*), bem como os graus de conhecimento tecnológico a se obter, no futuro próximo, requerem formas diferenciadas de parceria. Os novos desenvolvimentos, obtidos de forma independente ou em acordos de parceria compartilhada, definem os novos acordos de cooperação. Sobretudo, eles definem o planejamento e o compartilhamento de retornos e *royalties* pelos novos conhecimentos, categorizados em conhecimento negociável (livre, segredo corporativo (ou de laboratório), protegível ou patenteável). Para cada uma dessas classificações do conhecimento, definidas

pela agenda institucional e pelo portfólio de projetos para mercados competitivos, são definidas as condições e a natureza dos novos negócios tecnológicos.

b) Sistema Embrapa de Produção de Sorgo Sacarino – *BRS1G (Tecnologia Qualidade Embrapa)*

O sorgo sacarino é propagado por sementes, apresenta crescimento vigoroso e ciclo curto, e a sua expansão complementar no setor produtivo sucroalcooleiro requer conhecimento e prática adequada do sistema de produção, ou seja, da integração das boas práticas agrônômicas e industriais.

O crescente interesse pela produção comercial de etanol a partir da fitomassa de sorgo sacarino tem fundamento no potencial da espécie para cultivo na entressafra, em complemento ao etanol da cana-de-açúcar. Este é um modelo-foco para a construção de um sistema de produção de sorgo sacarino, embora sejam reconhecidos outros modelos de sistemas de produção para sorgo sacarino, em nichos territoriais de expansão da indústria canavieira, ou mesmo em regiões não utilizadas pelo setor sucroenergético. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil a entressafra da cana ocorre entre os meses de novembro e abril, e neste período de verão úmido, a safra do sorgo sacarino pode antecipar o início de safra da cana, com significativos e positivos resultados técnicos e econômicos para a agroindústria sucroenergética.

As boas práticas objetivam fundamentar a escolha e o preparo de área de terreno, seleção de genótipos, práticas de manejo de fatores bióticos e abióticos interferentes nas performances da cultura, como adubação, água, controle de plantas daninhas, pragas, doenças, dentre outros, para a eficiência produtiva e os ganhos de produtividades física e econômica. A adequação de boas práticas agrícolas para a cultura do sorgo sacarino objetiva a produção de etanol (1ª geração) e resíduos orgânicos para a cogeração de energia, o condicionamento de solos (aumentar CTC – capacidade de troca catiônica e vantagens físico-

químicas e biológicas), alimentação de animais (ruminantes, principalmente).

A apropriação de novos resultados de pesquisas e as recomendações técnicas comprovadas, na implantação e no manejo do sistema de produção de sorgo sacarino, podem ser capazes de suprir essa demanda específica quanto ao fornecimento de matéria-prima complementar à cana visando a produção de etanol.

O acompanhamento, a obtenção e o tratamento de dados técnicos, econômicos e gerenciais descritos no sistema de produção serão aplicados para transferência e negócios tecnológicos competitivos em sistemas de produção de sorgo sacarino para etanol, enfocando características agrônômicas, tecnológicas e econômicas da cultura (arranjo espacial de plantas, disponibilidade de nutrientes para alta produtividade e qualidade de biomassa, época e modos de semeio, monitoramento fitossanitário, manejo integrado de pragas, doenças e herbicidas).

A Embrapa tem experiência, desde a década 1980, em desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino e acumula importantes conhecimentos de práticas agrônômicas no cultivo de sorgo sacarino. As demandas atuais do mercado de bioetanol estarão se ampliando, doravante, especialmente aquelas oriundas do setor sucroalcooleiro que expande suas atividades, orientadas por um marco regulatório firme para o etanol. As políticas públicas e o plano de expansão do setor sucroenergético baseiam-se, por exemplo, no zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, na obrigatoriedade de mistura *E20-E25* na gasolina e nas orientações agrônômicas e industriais descritas no *Plano Nacional de Agroenergia* (OLIVEIRA; RAMALHO, 2006). A Embrapa, em sua missão, será protagonista e um dos principais *players* técnico-científicos na obtenção de novas cultivares comerciais de sorgo sacarino (variedades e híbridos), na definição e transferência de conhecimento e tecnologias de manejo de sistemas de produção sustentáveis de sorgo sacarino, etanol e cogeração, traduzidos nas boas práticas agrícolas e industriais, lideradas pela Embrapa Milho e Sorgo e pela Embrapa Agroenergia.

Tecnologias disponíveis para a produção de sementes de sorgo sacarino

O sorgo é cultivado a partir de sementes e apresenta um ciclo vegetativo de aproximadamente 130 dias. É uma planta de dias curtos, de clima subtropical. A panícula terminal se forma 30 dias após a semeadura, o florescimento se dá de cima para baixo e em 4 a 9 dias após o início do florescimento, tem-se meia floração. Nesta fase, 50% do peso seco da planta já foi atingido. Após 70 dias, o grão é considerado leitoso e já atingiu metade do peso seco. O ponto de maturidade fisiológica ocorre quando há máximo acúmulo de massa seca, sendo que em sementes de sorgo sacarino, maiores índices de germinação e vigor são obtidos quando as sementes estão com a umidade em torno de 30%, correspondendo ao intervalo de 35 a 44 dias após a floração. Estas características de floração e produção de sementes de sorgo sacarino são alteradas por diferentes locais, épocas de semeadura e genótipo. A partir da maturidade fisiológica, o acúmulo de massa seca cessa e o de massa fresca diminui. As plantas são mantidas no campo até as sementes atingirem um teor de água próximo de 18% - valor ideal para uma colheita que minimiza danos mecânicos.

O sorgo é uma planta monoica que apresenta flores perfeitas, sendo basicamente uma espécie autógama. O processo de produção de sementes pode ser feito pela obtenção da linhagem pura (variedades) e de híbridos, a partir do cruzamento de duas linhagens. A produção comercial de sementes híbridas de sorgo, em escala, foi viabilizada pela macho-esterilidade genético citoplasmática, descoberta em 1954. A macho-esterilidade evita que ocorram autofecundações nas linhas (de fêmeas) onde são produzidas as sementes. Além disso, a garantia da pureza genética das linhagens parentais e dos próprios híbridos é um pré-requisito fundamental para a expressão de todo o potencial deste tipo de cultivar e da comercialização das sementes estabelecidas pelo RNC - Registro Nacional de Cultivares, que é normatizado e fiscalizado pelo MAPA.

A esterilidade genético-citoplasmática em sorgo resulta da combinação de citoplasma Milo e de genes *Kafir*. Os híbridos de sorgo são produzidos pelo cruzamento entre uma linhagem macho-estéril e uma linhagem fértil polinizadora. A linhagem macho-estéril (A) é produzida pelo cruzamento de plantas macho-estéreis com pólen de uma linhagem mantenedora (B). As sementes produzidas pelo cruzamento entre as linhagens A e B resultarão em planta A (macho-estéreis) devido ao citoplasma estéril herdado da linhagem A, ou seja, a linhagem B não restaura a fertilidade na linhagem A. As linhagens A e B são isogênicas, mas diferentes na fertilidade do pólen devido à presença de citoplasma normal.

As sementes de híbridos de sorgo são produzidas pelo cruzamento entre uma linhagem A e uma linhagem restauradora de fertilidade (R). Sementes produzidas por esse cruzamento produzirão plantas macho-férteis, ou seja, a linhagem R restaura sobre a linhagem A devido à presença de genes restauradores de fertilidade no núcleo. A linhagem R não é fenotipicamente similar a linhagem A, e a combinação delas deverá resultar em um híbrido de alto potencial de rendimento. A multiplicação da linhagem A e a produção de sementes do híbrido, em larga escala, devem ser realizadas em campos isolados, proporção básica de três fileiras da linhagem A para uma fileira da linhagem R, procurando proporcionar a coincidência no florescimento das duas linhagens. A multiplicação da linhagem R deve ser feita em campo isolado, utilizando os mesmos procedimentos com linhas puras. Portanto, para produção de sementes híbridas de sorgo sacarino, necessita-se de duas gerações, sendo uma para multiplicação das sementes das linhagens A e R, separadamente, e outra para produzir a semente híbrida de A com R. Ademais, os materiais híbridos de sorgo sacarino, requerem a combinação de uma linhagem fêmea sacarina.

Variedade em sorgo é constituída por uma linhagem R ou B, as quais são macho-férteis. Para a produção de semente varietal necessita-se apenas de uma geração em campo isolado. Variedades de sorgo sacarino são de porte alto (variação na população entre 2 e 4 metros de altura), e as sementes são

produzidas nas panículas formadas no ápice das plantas, o que dificulta (por variações de altura de panícula e de porte alto de planta em relação à maquinaria de corte) o processo de colheita mecanizada. Este problema pode ser amenizado com plantios para a produção de sementes nas épocas do ano com comprimento do dia menor que 12 horas e 20 minutos – condição que tende a influenciar variedades de sorgo sacarino a florescerem mais cedo e assim reduzirem seu porte, possibilitando uma colheita mecanizada. Processos de indução química de porte de plantas de variedades de sorgo sacarino estão em estudos, e os resultados obtidos são bastante promissores. Ensaio exploratórios realizados permitem obter uniformidade de plantas produtoras de sementes varietais viáveis, a altura em torno de 1,5 m, viabilizando o processo de produção de sementes, em escala, com colheita mecanizada, semimecanizada ou manual.

Outros fatores fundamentais devem ser observados na produção de sementes de sorgo sacarino. Dentre eles, destacam-se a escolha da área e época de plantio; disponibilidade de sementes; semeadura e isolamento de campos de produção das linhagens A, B e R; manejo de curto *split* (visando sincronismo entre o florescimento das linhagens fêmeas e macho); boas práticas de manejo cultural – *roguing*, MIPDH; critérios de colheita; etc. No caso da produção de sementes, a principal doença é o “ergot” ou mela do sorgo, causada pelo patógeno *Claviceps africana*. O sinal externo mais evidente da doença é a exsudação, pelas flores infectadas, de um “melaço” ralo, viscoso e açucarado. Ocorre nas épocas mais frias do ano e prejudica principalmente a produção de sementes híbridas, pois as linhagens fêmeas não possuem pólen, tornando-se mais suscetíveis ao fungo. Pulverizar preventivamente com fungicidas e evitar semeadura em épocas em que o florescimento ocorre durante o inverno são medidas para minimizar os efeitos desse mal.

A produção e disponibilidade de sementes de qualidade de sorgo sacarino é um dos gargalos atuais para a expansão da cultura, na dimensão e na escala que o setor sucroalcooleiro demanda. As conversações empresariais mostram uma perspectiva de 20 a

30 mil hectares de sorgo sacarino na safra 2011-12 e mais de 100 mil hectares na safra 2012-2013. Pode-se pensar em cenários de 500 mil a 2 milhões de hectares em áreas de reforma de canaviais, e em áreas de entressafra e de expansão da cana-de-açúcar, definidas pelo **ZAE-cana** (Zoneamento Agroecológico e Econômico da cana-de-açúcar), bem como em largas extensões de áreas não canavieiras do Brasil. Este mercado atrai, por certo, empresas com estrutura e *expertise* para atender a esta demanda, porque trata-se de um mercado de sementes de mais de 1 bilhão de reais, envolvendo um volume de negócios para a produção de etanol e de coprodutos superior a 5 bilhões de reais.

As análises técnicas e econômicas atuais procuram responder às questões básicas para este novo mercado. Primeiro, tratam de obter respostas se o Brasil detém a tecnologia para produzir sementes de sorgo sacarino (variedades e híbridos). Segundo, se a indústria de sementes brasileira está preparada para atender uma demanda significativa de sementes de sorgo sacarino. E terceiro, se os modelos de negócios para a produção de sementes serão capazes de agregar competências, no tempo adequado para a expansão desse mercado, e permitir ao setor sucroalcooleiro entender a questão, resultar impactos positivos e persistir na expansão do cultivo de sorgo sacarino em complemento à cana-de-açúcar para a produção de etanol e coprodutos para energia, como um dos modelos preferenciais para este curto prazo.

Advanta Sementes, Ceres Sementes do Brasil Ltda., Chromatin, Monsanto/CanaVialis, Nextstep e Embrapa serão, por certo, *players* importantes neste novo mercado de sementes de sorgo sacarino. Trata-se de um mercado potencialmente denso, robusto e competitivo, e a oferta de genética de qualidade e recomendações técnicas adequadas nortearão a agenda de curto prazo, ao tempo em que o desenvolvimento de novos materiais genéticos, incluindo estratégias para híbridos produtivos associados à execução adequada de boas práticas agrícolas e industriais, fortalecerá a agenda dos negócios em bases tecnológicas e a expansão segura do sorgo sacarino como uma cultura tecnológica de alto desempenho.

Os modelos de negócios tecnológicos poderão permitir a formação de novos núcleos de excelência em tecnologia empresarial para a produção de sementes de sorgo sacarino, pautados por governança (gestão, administração e parceria) da formação botânica de sementes na planta (biologia e identidade genética), métodos e técnicas de pós-colheita em tecnologia de sementes (germinação, vigor e plantabilidade), e gerenciamento para negócios competitivos (melhoramento, genética e cultivares, política de PI (Propriedade Intelectual), UBS (Unidade de Beneficiamento de Sementes), *marketing share* e relação custo/benefício de insumos-produtos, regionalização, etc.).

Os estudos analisados durante o Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino (Sete Lagoas, MG, 20 e 21 de setembro/2011), promovido e coordenado pela Embrapa, a exemplo daqueles discutidos pelos técnicos Paulo Motta Ribas (Valor Orientações Agropecuárias - www.valoragropecuaria.com.br); Fernando Pimentel e Felipe Prince (AgroSecurity Consultoria e Gestão de Agro-Ativos - www.agrosecurity.com.br); e João Carlos Garcia, André May e Rafael Augusto da Costa Parrella (Embrapa - www.cnpms.embrapa.br) mostraram condições potenciais bastante propícias para a expansão do sorgo sacarino no Brasil, doravante. Os elementos que temos em mãos permitem concluir, segundo estes especialistas, que a indústria de sementes de sorgo do Brasil tem tecnologia e está capacitada para suprir as demandas do mercado, em especial do segmento de sorgo sacarino. Uma vez definidos os híbridos ou variedades para pré-lançamento, a indústria de sementes necessita de um tempo, pelo menos 2 anos, para realizar os testes de tecnologia de produção, e poder assim garantir oferta constante de sementes de alta qualidade ao mercado.

Visão empresarial sobre cultivares de sorgo sacarino

Na produção de energia de biomassa, as matérias-primas sacarídeas (cana-de-açúcar, sorgo sacarino, beterraba açucareira), amiláceas (graníferas: milho, trigo e arroz; raízes e tubérculos:

mandioca, batatas) e biomassa lignocelulósica (celulose, hemiceluloses e lignina, de bagaço de cana, capins de porte alto, resíduos florestais e da agricultura) são fontes alternativas renováveis para a produção de etanol. Atualmente, milho, cana-de-açúcar e beterraba açucareira são as principais matérias-primas na produção de etanol nos EUA, no Brasil e na União Europeia, respectivamente. Em termos competitivos e sustentáveis, o gerenciamento dos arranjos institucionais, técnico-científicos e produtivos é definidor da estratégia e da oportunidade para a produção e a utilização do etanol e cogeração de energia, e a administração do conhecimento e da disponibilidade das matérias-primas, processos e arranjos constitui-se no elemento operacional fundamental para justificar as vantagens comparativas de unidades industriais, empresas, regiões ou países no negócio sucroalcooleiro.

O setor sucroalcooleiro e energético nacional busca alternativas para a produção de bioetanol de cana-de-açúcar, e matérias-primas e processos de conversão e logística são os principais componentes para uma nova estratégia. Matéria-prima é um gargalo de produção e constitui cerca de 70% do custo de produção; portanto, os principais desafios do setor estão na área agrônômica.

Matérias-primas sacarídeas, a exemplo da planta de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), produzem carboidratos via atividade fotossintética e acumulam açúcares no colmo. Na cana, a hidrólise ácida ou enzimática (invertase) da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) resulta em uma mistura equimolar de glicose e frutose. Monômero de açúcar fermentescível (glicose) pode ser convertido em etanol. Esta rota, conhecida como 1ª geração tecnológica, é considerada convencional, madura, de domínio tecnológico de processos conhecidos pelo setor produtivo. O binômio cana-de-açúcar e tecnologia de 1ª geração apresenta vantagens competitivas em relação a balanço de energia, economicidade e competitividade. Entretanto, do ponto de vista da gestão pública e privada do negócio do setor sucroalcooleiro, sabemos que “a vantagem competitiva é transitória”. Os desafios, atuais e futuros, ditam que os negócios do setor sucroenergético são impulsionados

por arranjos institucionais e gerenciais, avanços técnico-científicos e legais.

Os negócios do setor sucroalcooleiro têm evoluído para a competitividade integrada dos arranjos institucionais, técnico-científicos e produtivos, e, decididamente, as alternativas de associações produtivas e o ordenamento territorial baseado em mapeamento das melhores oportunidades e significativos riscos são absolutamente necessários. O zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, e por extensão das culturas de interesse do setor sucroenergético, a exemplo do sorgo sacarino, é uma contribuição para as novas estratégias de expansão do setor.

A produção brasileira de açúcar e álcool é feita, fundamentalmente, a partir da extração do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), e considera-se uma tecnologia de 1ª geração, madura, competitiva. A produção agrícola de matéria-prima e o processo industrial para a produção de açúcar, etanol, coprodutos e cogeração de energia tornam o empreendimento sucroenergético um negócio competitivo, profissional. O fator inovação é o mecanismo de competitividade com sustentabilidade do setor sucroenergético e a inovação disruptiva é o elemento central para considerar este setor como um negócio, tipicamente da parceria público-privada. Isto implica entender e criar domínios tecnológicos e negociais, com devida apropriação intelectual de matérias-primas, processos e tecnologias, sob os aspectos técnico-científicos e legais.

Atualmente, o setor sucroalcooleiro conta com cerca de 430 usinas, 4 programas de melhoramento de cultivares e área cultivada de 8,1 milhões de hectares, concentrados principalmente nas regiões tradicionais de cultivo do Sudeste e do Centro-Oeste (São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul) e Nordeste (Alagoas, Pernambuco, Paraíba). O volume de negócios (movimento financeiro da cadeia em um ano) do setor no Brasil soma hoje mais de 100 bilhões de dólares americanos. Discutem-se, hoje, novos marcos regulatórios para uma agenda público-privada para esta expansão, sobretudo pela perspectivas de demandas internacional e nacional aquecidas, quanto a etanol e açúcar, e as quebras

de safra de países produtores, tais como Índia, Brasil, Austrália, África do Sul, dentre outros. Atualmente, no Brasil, argumenta-se a necessidade de 135 novos *greenfield*, com um aporte de recursos da ordem de 62 bilhões de dólares. A expectativa de implantação de 30 novas indústrias por ano está aquém do que se observa, com a implantação de 5 a 6 indústrias/ano. Estimam-se falta de matéria-prima e preços altos de insumos e produtos no setor sucroalcooleiro, para os próximos 5 anos no Brasil. Os mercados de Ciência & Tecnologia, terras, insumos modernos, e produtos e serviços deverão estar aquecidos nos próximos 5 a 10 anos. Estudos em andamento apontam que um aporte público-privado, na ordem de valores de 62 bilhões de dólares, pode converter em 5 a 10 anos algo equivalente em impostos, o que, por certo, irá gerar complexidade socioeconômica, com expansão da base econômica nacional, e mais emprego e renda.

Há uma grande oportunidade de expansão com o ordenamento territorial e a governança para a cana-de-açúcar no Brasil. Domínio tecnológico e marco regulatório norteiam e embasam os negócios modernos e, se não garantem, por certo aumentam as possibilidades de competitividade e de sustentabilidade. Um novo ordenamento territorial, pautado pelo ZAE-Cana (Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar no Brasil) lançado pelo Governo Federal, em 17 de Setembro de 2009, disciplina uma potencial expansão do setor sucroalcooleiro em regiões preferenciais, notadamente o Centro-Oeste do Brasil.

O setor sucroalcooleiro nacional é competitivo, profissional e dependente de inovação (incremental e disruptiva) como fator de progresso, visando saltos de competitividade para o país. Tecnologias complementares no sistema cana-indústria, nas áreas agrícola e industrial, estão baseadas na inovação; portanto, o sorgo-energia (sorgo sacarino: 1ª geração e biomassa; e sorgo biomassa lignocelulósica: 2ª geração e cogeração de energia – calor e bioeletricidade) é passível de competitividade através de genética e boas práticas de manejo adequadas. Do ponto de vista agrônomo, a genética de variedades e híbridos será pertinente e necessária ao setor, nos próximos 1 a 3 anos, considerando-se o

modelo de produção de sorgo sacarino na entressafra da cana-de-açúcar, visando ofertar matéria-prima para a utilização antecipada da capacidade industrial instalada no setor. A despeito dos baixos níveis de produtividade da cana-de-açúcar nos últimos três anos, e o alcance de patamares críticos de produtividade de 63 toneladas de cana por hectare, em outubro-novembro de 2011, medidas de políticas públicas necessárias deverão atender a estocagem da produção, a renovação de canaviais e a expansão dos cultivos de matérias-primas energéticas para açúcar e etanol, doravante, a fim de minimizar uma potencial falta de matéria-prima nos próximos 3 a 5 anos.

De forma complementar à cana-de-açúcar, o sorgo sacarino tem grande potencial de expansão de área cultivada, em três nichos territoriais do Brasil, sobretudo, em áreas de entressafra da cana, ou de reforma de canaviais. As áreas de reforma de canaviais são estimadas em 1,5 a 2,0 milhões de hectares, na região tradicional Sudeste do Brasil. No início dos anos 1980, a **Embrapa Milho e Sorgo** selecionou variedades de sorgo sacarino, com produtividade de colmos superior a 40 t/ha e teor de sólidos solúveis médios entre 18 e 20° Brix. Posteriormente, em 1987, as primeiras variedades brasileiras foram desenvolvidas com potencial para produção de etanol, o BR 506 e o BRS 507, e o híbrido BRS 601. Projetos-piloto de microdestilarias para a produção de etanol se valeram destas variedades. A Embrapa Milho e Sorgo reiniciou seu programa de desenvolvimento de cultivares de sorgo sacarino a partir de 2008, devido ao potencial desta cultura na geração de energia renovável e devido à grande demanda por matéria-prima alternativa para a produção de etanol nas grandes destilarias.

Experiências com sorgo sacarino na agroindústria sucroalcooleira

Afora alguns exemplos internacionais observados quanto à utilização de sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de bioetanol, nos Estados Unidos da América, na China, na Índia, na Itália, em Portugal, no Peru, na África do Sul, empresas

agroindustriais de cana-etanol no Brasil experimentaram na safra 2010/2011 empreender seus negócios. O sorgo sacarino na mídia revela euforia e informações gerais. Admitindo-se hoje uma área plantada de 3 mil a 5 mil hectares de sorgo sacarino no Brasil, as estimativas são para 20 a 30 mil hectares na safra 2011-2012 e mais de 100 mil hectares na safra 2012-2013, com expansão de algumas centenas de milhares de hectares no horizonte de 5 a 10 anos. Entretanto, o fato de o setor sucroalcooleiro brasileiro ser competitivo e profissional merece grande consideração, mas não garante êxito na utilização de culturas alternativas à cana em utilização das facilidades agroindustriais do setor. Sorgo sacarino tem conhecimento suficiente para ser considerada uma espécie *drop in* para bioenergia, mas carece de compartilhamento de esforços para melhoria de genética de cultivares, recomendações adequadas de boas práticas de manejo de solo e da cultura, capacitação e treinamento contínuo de técnicos e de mão-de-obra rural, estudos de viabilidade técnico-econômica do empreendimento, e exercícios de gerenciamento, e persistência no empreendimento com critérios disciplinados de acompanhamento, avaliação e controle para melhoria de processos.

Neste particular tema, é importante registrar que o amendoim (*Arachis hypogaea* L., Família Fabaceae, oleaginosa), uma expressiva cultura agrícola da região canavieira do centro-sul do Brasil, conta com uma área cultivada total (1ª e 2ª safra – Safra Brasil 2010/2011 – CONAB – Levantamento de Outubro de 2011) de 84,7 mil ha, uma produção de 226,5 mil t, e uma produtividade de 2,674 t/ha, tendo a região Sudeste produzido 187,0 mil t (82,6%) em 60,3 mil ha (71,2%), e, desta produção regional, somente o Estado de São Paulo produziu 178,9 mil t (95,7%) em 57,3 mil ha (95,0%). O Estado de São Paulo, principal produtor nacional, cultiva 68% da área nacional com amendoim e responde por cerca de 80% da produção brasileira. A safra 2010/2011 do amendoim iniciou-se em fevereiro, mas o pico da safra, que deveria ocorrer em março, foi deslocado para abril em virtude das chuvas. A Unidade de Grãos da Coplana (Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba), situada em Jaboticabal, interior de São Paulo, um dos principais polos produtivos do amendoim, é referência nacional

e mundial quando o assunto é o grão altamente selecionado. A Cooperativa negociou cerca de 2 milhões de sacas de 25 kg em casca na safra 2010/2011, sendo responsável por 18% da produção nacional de amendoim. Com foco no mercado internacional, a Unidade de Grãos exporta 22 mil toneladas de amendoim por ano, 50% do que recebe em grãos, o que corresponde a 30% das exportações brasileiras de amendoim. A Coplana tem cerca de 200 cooperados, e os que se dedicam à cultura em várias regiões do Estado de São Paulo, principalmente na Alta Mogiana, e até mesmo em Minas Gerais. Juntos, estes produtores totalizaram uma área de 14 mil hectares na safra 2010/2011. Na anterior, eram 9,2 mil hectares. Um diferencial da cultura é sua produção em rotação com cana. O amendoim, na região de Jaboticabal-SP, é produzido em área de reforma de canaviais. Mesmo o pequeno produtor de cana teve condições de se tornar um grande produtor de amendoim, arrendando terras de usinas. O modelo tem como vantagens a geração de renda adicional para o produtor e também a criação de empregos. Quanto aos aspectos de manejo, a cultura do amendoim é altamente benéfica à lavoura de cana, que entra logo em seguida e usufrui de nutrientes deixados pela leguminosa.

Este relato é importante para demonstrar a relevância da persistência dos pioneiros – pesquisadores, gestores e agricultores. Dentre eles, registram-se os esforços persistentes e produtivos do pesquisador-empresendedor Ignácio José de Godoy, do IAC-APTA, dos empresários-cooperativistas Sílvia Borsari Filho e Roberto Cestari, articulador-sucroalcooleiro Manoel Ortolani, professor-estrategista Roberto Rodrigues, técnico-gerente MAPA/Conab Ângelo Bressan Filho, e de fornecedores de cana e usineiros do setor. Doravante, por certo, o sorgo sacarino irá participar de euforias, desafios, opiniões e dados consistentes, persistências, derrocadas e êxitos.

Empresas de sementes, fornecedores de matérias-primas para etanol e usineiros, associados a importantes *players* no mercado de insumos, suprimentos e maquinaria para o setor sucroalcooleiro, movimentam-se, buscando parcerias e o estabelecimento de sua estratégia empresarial para a participação em nichos deste mercado

em expansão. É um negócio competitivo de conhecimento, que tem potencial para expansão, em um mercado que tem pressa. Com isto este mercado apresenta todos os ingredientes potenciais para consolidar alguns negócios. Entretanto, é relevante observar a governança para os arranjos institucionais, técnico-científicos e legais e produtivos, arranjos estes capazes de integrar a visão agrícola e a visão industrial do empreendimento. De forma sumariíssima, entendem-se que a visão agrícola é de natureza biológica e mecânica, de processos e resultados dependentes de fatores sazonais climáticos; e a visão industrial é de natureza físico-química. Uma é bastante variável, enquanto a outra tende a ser linear, e, em ambos os campos, isolados ou integrados, o conhecimento incremental ou disruptivo definirá os negócios do futuro, no curto, médio e longo prazo.

O programa Globo Rural de 19 de junho de 2011 veiculou matéria jornalística sobre a cultura de sorgo sacarino (<http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0...GIM1539803-7823-SORGO+SA CARINO+PODE+REFORCAR+PRODUCAO+DE+ETANOL+BR ASILEIRA.00.html>), com inovações ditadas pela Embrapa para a região Sudeste (Embrapa Milho e Sorgo) e região Sul (Embrapa Clima Temperado). Além, a Embrapa editou a **AGROENERGIA em Revista** (Ano II, No. 3, agosto/2011) com a temática **Sorgo Sacarino: Tecnologia Agrícola e Industrial para Alimentos e Energia**, promoveu a realização do **Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino**, no período de 20 e 21 de setembro de 2011, e em vários fóruns técnicos e de divulgação tem-se registrado a participação de empresas anunciando suas plataformas de pesquisa, negócios e oportunidades para a utilização de matérias-primas alternativas para a produção de etanol de 1ª e 2ª geração no Brasil, inserindo o sorgo sacarino em uma grande oportunidade para complementar a cana-de-açúcar neste setor.

Ceres Sementes Brasil, Monsanto/CanaVialis e Embrapa, embora usem uma estratégia de divulgação *low-profile*, associadas com empresas do setor sucroalcooleiro, promovem acordos de cooperação técnica para desenvolvimento e expansão da área cultivada com sorgo sacarino na entressafra

da cana-de-açúcar. E, no momento, os casos mais notórios na mídia nacional tratam da Usina Cerradinho, em Catanduva-SP, em parceria com a Monsanto; as parcerias Petrobras-PBIO com o Grupo São Martinho S.A. (Nova Fronteira Bioenergia S.A., controladora da Usina Boa Vista, em Quirinópolis-GO) para a produção de etanol na região Centro-Oeste do Brasil, com capacidade de moagem ampliada dos 2,5 milhões de t cana para 7 milhões de t cana, na safra 2014/15; os acordos de cooperação da Dedini S.A., com plantas industriais para etanol; e Raízen (empresa brasileira, *joint-venture* do ramo de biocombustíveis oriunda da fusão da Royal Dutch Shell e Cosan S.A.), com plantios de sorgo sacarino em Goiás.

Na visão do produtor, o Grupo São Martinho trabalha na melhoria dos aspectos industriais e agrônômicos da cultura do sorgo sacarino plantado em larga escala, destacando-se a necessidade de treinamento de mão de obra e a utilização de maquinaria adequada para as operações de plantio e tratamentos culturais. Segundo relatos de Renê de Assis Sordi, assessor de tecnologia do Grupo São Martinho, são ainda necessárias pesquisas complementares para se determinar a melhor população de plantas por local, de maneira a aumentar a produtividade agrícola, melhorar o controle de ervas e permitir uma perda menor na colheita, comparativamente ainda maior do que a registrada para cana-de-açúcar. A qualidade e especificação do etanol produzido, assim como o poder calorífico do bagaço queimado nas caldeiras foram compatíveis com o que se consegue com a cana. Ainda, e de forma geral, obtiveram-se, em escala comercial, rendimentos agrícolas e industriais aquém do previsto ou daqueles conseguidos na experimentação agrônômica. Avalia-se, pelos custos de produção e pelos preços dos produtos, que uma produtividade atrativa seria a partir de 3 mil litros de etanol por hectare de sorgo sacarino. As oportunidades de melhorias para o sorgo sacarino, no curto e médio prazo, são aumentar a produtividade agrícola pela otimização do número de plantas por área; desenvolver variedades/híbridos resistentes à broca da cana-da-cana (*Diatraea* sp.), a herbicidas e ao tombamento; usar transgenia para controlar a broca; diminuir perdas na colheita; desenvolver variedades/

híbridos para limitar o florescimento e a isoporização do colmo; desenvolver variedades/híbridos para “safrinha” e expansão em novas regiões; e desenvolver variedades/híbridos com maior diâmetro do colmo, dentre outras características de interesse agrônomo e industrial.

Sorgo sacarino: custo de produção, processamento e captura de valor para o segmento sucroalcooleiro

Dados de custo de produção do sorgo sacarino indicam valores de R\$ 2.300,00 por hectare, para as fases agrícolas de plantio, manejo e colheita (*CanaVialis*, www.canavialis.com.br – Folder promocional Sorgo Sacarino *CanaVialis*, para o Plano de Atividades 2010/2011). E estudos da AgroSecurity (www.agrosecurity.com.br) apontam para valores próximos a R\$ 2.686,90 para os custos de produção de sorgo sacarino e de R\$ 4.353,30 para formação de canavial (*Comunicação pessoal, em Seminário Temático sobre Sorgo Sacarino - Set/2011*).

Inúmeras razões justificam a oportunidade de se considerar o sorgo sacarino como uma cultura bioenergética. Os dados agrônômicos e econômicos para a cultura do sorgo sacarino, no Brasil, apresentam vantagens comparativas superiores a outros países. Os resultados obtidos por usinas de etanol cultivando sorgo sacarino para a produção de bioetanol, na entressafra da cana-de-açúcar 2011/2012, demonstram duas questões básicas. Primeiro, o custo de produção por hectare deve ser reduzido para patamares de R\$ 1.500,00 a 2.700,00; e segundo, a produtividade de etanol deve atingir mínimo de 3 mil litros por hectare, por ciclo da cultura, na safra 2012-2013, utilizando-se basicamente arranjos para maximizar as respostas em genética e sistema de produção. Genética e planejamento industrial, época e densidade de plantio, adubação, época de colheita são os itens críticos que demandarão disponibilidade de insumos, capacitação/treinamento técnico e gerencial, e implementação e usos em tempo adequado.

Esta oportunidade, de acordo com estudos apresentados por Helsel e Alvarez (2011), em estudos na Flórida, EUA, pode ser estabelecida como uma rotação, com o potencial de mais de 612,7 litros de etanol por ha em 4 meses (≈ 400 galões de etanol/acre em 4 meses), comparada com cana-de-açúcar, com o potencial de 1.072,20 litros de etanol por ha em 12 meses (≈ 700 galões de etanol/acre em 12 meses). Outros relatórios também apontam menos necessidade de água e fertilizantes para o sorgo sacarino quando comparado com a cana. O grão e o bagaço têm potencial para usos e renda adicionais.

A **Tabela 4** e a **Figura 4** resumem o orçamento de uma área comercial que poderia custar cerca de R\$ 7.443,34 por ha (US\$1,620 por acre) para produzir uma primeira cultura e uma segunda cultura (rebrotasoca) de sorgo sacarino para energia em um solo mineral arenoso. O rendimento de biomassa assume 74,13 t por ha (30 t por acre) para a primeira cultura e 37,07 t por ha (15 t por acre) para a segunda cultura, usando a média de 55,60 t por ha (22,5 t por acre) para efeito de cálculos. Estudos nos EUA e na Índia mostram que sorgo sacarino poderia render 52,99 litros (14 galões por t verde) de etanol por t verde [comparado com 73,81 litros (19,5 galões por t verde) para cana-de-açúcar] e poderia ser processado a R\$ 0,27 por litro (US 0.55 por galão). Este custo é vários centavos de reais (centavos de dólares) mais alto do que o custo para cana-de-açúcar, primariamente porque o maior volume de biomassa de sorgo sacarino processada para produzir níveis similares de etanol. Além disso, assume-se que o bagaço poderia ser combustado, como na indústria de cana-de-açúcar, para gerar calor e bioeletricidade para a planta de biocombustível, e que a quantidade poderia ser adequada para cobrir a energia e outros custos relacionados para o manuseio do bagaço. Os estágios básicos de produção incluem manutenção do terreno, preparo de área, plantio, práticas culturais, despesas diversas, atividades de colheita, e despesas de administração. Colheita e transporte somam 37%, seguidos por fertilizantes e produtos químicos, com 31% dos custos totais, cujas quantidades somam mais de 2/3 das despesas totais de produção e são diretamente relacionadas para o consumo de energia. Estes custos podem aumentar significativamente, por exemplo, se a milhagem de transporte for maior e os preços de energia aumentem

proporcionalmente. Os preços de fertilizantes têm aumentado em recentes anos com os preços de energia e continuam a flutuar. Assim, também as taxas de fertilizantes variam por causa de algumas perdas potenciais em solos arenosos durante os períodos de chuvas fortes. Há outras despesas envolvendo o combustível utilizado no preparo de área, plantio e manejo, que também consomem energia diretamente, portanto, flutuando com os preços de energia.

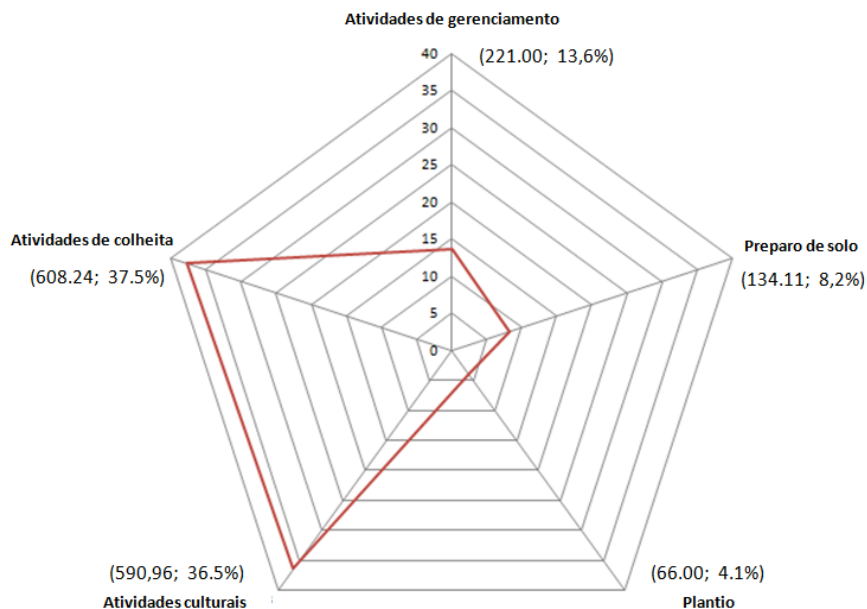
Tabela 4. Estimativa de custos por hectare (e por acre) de atividades culturais de uma cultura-planta e uma segunda cultura (rebrotasoca) de sorgo sacarino em um solo mineral-arenoso (área de 640 acres = 259 ha). Flórida, EUA. Adaptado de EDIS 2010.

Atividades	Custos		
	\$ / acre / ano	R\$ / ha / ano	%
I. Preparo de Área	134.11	616,06	8,2
II. Plantio	66.00	308,18	4,1
III. Atividades Culturais	465.80	2.139,74	28,7
Dv (% dos custos variáveis)	125,16	574,95	7,7
IV. Atividades de Colheita	608.24	2.794,07	37,5
V. Custos Variáveis Totais	1,399.34	6.428,13	86,4
VI. Atividades Gerenciais	221.00	1.015,21	13,6
VII. CUSTOS TOTAIS:	1,620.34	7.443,34	100,0

Fonte: Adaptado de Helsel e Alvarez (2011)

Medidas para conversão: 1 acre = 4046,856422 m² = 0,404685642 ha; 1 ha = 2,4711 acres = 10.000 m²; Dólar americano (BCB, 28/nov/2011): US 1.00 = R\$ 1,859; 1 galão EUA = 3,785 litros

Figura 4. Estimativa de custos por hectare (e por acre) (1 acre = 4046,856422 m² = 0,404685642 ha) de atividades culturais de uma cultura-planta e uma segunda cultura (rebrotas-soca) de sorgo sacarino em um solo mineral-arenoso (área de 640 acres = 259 ha). Flórida, EUA.



Fonte: Adaptado de Helsel e Alvarez (2011)

Estes resultados apresentam um dilema. As altas despesas para uso de energia mostradas no orçamento devem ser superadas pela energia produzida pela cultura. O orçamento assume um rendimento total de 111,20 t por ha (45 toneladas por acre) para a cultura-planta (74,13 t/ha = 30 t/acre) e rebrota (37,07 t/ha = 15 t/acre) com média de 55,60 t/ha (22,5 t por acre) de cultura, como descrito na **Tabela 4**. Assumindo 52,99 litros (14 galões) de etanol derivados da fermentação por tonelada verde, um rendimento acima de 5.612 litros de etanol por ha (600 galões de etanol/acre) poderia ser produzido das 111,20 t por ha (45 toneladas por acre). Uma complementar avaliação de custos *breakeven* indica

que a base de 111,20 t por ha (45 toneladas por acre) de etanol poderia necessitar ter um valor de no mínimo R\$ 1,53 por litro (\$3.12 por galão) para produzir etanol para o *breakeven* neste nível de rendimento quando duas culturas de sorgo sacarino são colhidas. Uma prévia análise assume que as duas culturas de sorgo sacarino foram cultivadas em um ano e que elas seriam colhidas e transportadas como o milho para silagem, que conduz para muito alto custo de transporte. Entretanto, tem sido argumentado que a tecnologia de colheita e transporte de cana-de-açúcar pode ser usada para sorgo sacarino. Este fato poderia reduzir os preços *breakeven* consideravelmente. Por exemplo, quando a tecnologia de cana-de-açúcar é assumida, os preços *breakeven* por litro de etanol a 77,8; 111,20; e 144,56 toneladas por hectare (por galão de etanol a 31.5, 45.0, e 58.5 toneladas por acre) poderiam decrescer de R\$ 7,12 para R\$6,08; de R\$ 5,80 para R\$ 4,80; de R\$ 5,09 para R\$ 4,11 (de \$3.83 para \$3.27; de 3.12 para \$2.58; e de \$2.74 para \$2.21), respectivamente. Adicionalmente, onde apenas a cultura planta foi cultivada na rotação com vegetais de inverno ou em período tradicional de cultivo de cana-de-açúcar, os preços *breakeven* por litro (ou por galão) poderiam também decrescer porque certos custos fixados são proporcionalmente atribuídos para a outra cultura. Neste caso, preços *breakeven* com os rendimentos de 49,42; 74,13; e, 98,84 t por ha (de 20, 30, e 40 toneladas por acre) poderiam resultar em R\$ 1,90; R\$ 1,51; R\$ 1,31 por litro (em \$3.86; \$3.07; e \$2.67 por galão), respectivamente, usando a tecnologia corrente, e em R\$ 1,63; R\$ 1,25; e R\$ 1,06 por litro (em \$3.32; \$2.54; e \$2.15), respectivamente, quando a tecnologia de cana-de-açúcar é usada.

Sorgo Sacarino (Genética e Melhoramento; Sistemas de Produção; Pós-Colheita e Tecnologia Industrial; Agronegócio do Sorgo Sacarino no Brasil): Temas para grupos de discussão

A crescente recomendação do sorgo sacarino como cultivo alternativo à cana-de-açúcar na entressafra dessa cultura motivou a organização do Seminário Temático de Sorgo Sacarino, realizado na Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG), nos dias 20 e 21 de setembro de 2011.

Partindo de três núcleos temáticos principais: 1) Inserção do sorgo sacarino em áreas de cana-de-açúcar no Brasil, panorama geral do sorgo sacarino e melhoramento genético da espécie; 2) Sistemas de produção de sorgo sacarino e tecnologia de colheita; e 3) Cultivares de sorgo sacarino – foram apresentadas palestras, além de temas para as discussões de Grupos de Trabalho, que geraram conclusões e enunciados das perspectivas para o cultivo do sorgo sacarino.

A sistemática deste Seminário Temático permitiu discutir:

1. Levantamento dos problemas da cultura e demandas de pesquisa;
2. Nivelamento do corpo técnico da Embrapa com experiências externas;
3. Apresentação do cenário das cultivares disponíveis no Brasil;
4. Promoção de novas parcerias entre instituições e empresas do segmento;
5. Produção de uma circular técnica sobre temas levantados no evento, mais proposições sobre sistemas de produção para usinas parceiras da Embrapa.

As discussões travadas no Seminário Temático de Sorgo Sacarino permitem concluir que: genética de qualidade associada a densidade de plantas úteis na colheita, manejo de adubação e

água, e adequada logística de colheita-transporte-beneficiamento são os elementos críticos para se ampliar a garantia de êxito da utilização do sorgo sacarino como espécie complementar à cana-de-açúcar, visando plantios na entressafra e aumento da operacionalidade industrial da usina.

Doravante, os ajustes de arranjos produtivos focam na disponibilidade atual de genética com produtividade de colmo, caldo e açúcares, sistemas de manejo da cultura, e adequação da logística para a implantação do sorgo sacarino em ambiente da agroindústria de cana, visando a produção de etanol e utilização da biomassa residual. Fundamentando-se no fator inovação, o sorgo-energia configura-se como um negócio típico da parceria público-privada. Os modelos de negócios em tramitação permitem alinhar as oportunidades da iniciativa pública e privada na inserção do sorgo sacarino em atendimento às demandas por alternativas agrônômicas, industriais e econômicas para o setor sucroalcooleiro.

Conclusões sobre as Oportunidades, Perspectivas e Desafios para a Cultura do Sorgo Sacarino no Brasil: PD&I e produção na parceria público- privada

Do ponto de vista agrônômico e industrial a cultura do sorgo sacarino apresenta grande potencial para a reforma de canavial (Conab. Cana-de-Açúcar, Safra 2010/2011: produção de 664.333,4 mil t e área plantada de 8.091,5 mil ha). Estima-se que em 2015-2017 a área plantada com cana-de-açúcar será de 15 milhões de hectares, e cerca de 1,5 a 2,0 milhões de hectares estarão disponibilizados para reforma de canaviais. Em busca de alternativas a uma natural expansão das culturas de amendoim, girassol, soja e outros arranjos produtivos, a cultura do sorgo sacarino contribuirá com uma significativa expansão nestas áreas de reforma de canaviais.

A qualidade tecnológica do sorgo sacarino e a aplicação do conhecimento sobre as rotas tecnológicas e processos industriais para a produção de etanol permitem a utilização da sacarose do colmo, bagaço e grãos como matéria-prima para produção de etanol, em gerações tecnológicas avançadas (fermentação simples ou processos de hidrólise de biomassa).

Demandas crescentes de mercado colocam o sorgo sacarino como uma alternativa para associação robusta com os esforços do setor sucroalcooleiro no Brasil. Comumente, o meio técnico e empresarial tem discutido o sorgo, em seus diferentes tipos, como alternativa potencial para a expansão em grandes extensões de áreas do Brasil, em diferentes regiões.

A espécie *Sorghum* spp. reúne características desejadas do ponto de vista agrônomo e industrial e, portanto, de interesse para o agronegócio. A sua adaptação a condições ambientais adversas permite apontar o sorgo como uma alternativa para alimentos e energia em um Brasil não canavieiro, cuja área representa uma enorme fração do território nacional, situado desde o a região Sul até a região Sudeste e Centro-Oeste, ou mesmo as regiões Nordeste e Meio-Norte do Brasil. Entretanto, mais recentemente, o setor sucroalcooleiro no Brasil, especialmente as regiões canavieiras do Centro-Sul e Centro-Oeste, buscando alternativas de culturas para a reforma de canaviais e associações com os segmentos de alimentos e de energia, com base em biomassa, apontam o sorgo sacarino e o sorgo-energia como opções úteis de exploração competitiva.

A indústria de etanol para combustível tem evoluído muito nos últimos anos. Neste trabalho é mencionado o progresso feito pelos produtores de álcool combustível, destacando-se as diferenças em suas tecnologias – 1ª geração ou geração tecnológica avançada derivada de materiais sacarinos. O fato é que setores de indústria da cana-de-açúcar, incluindo fazendas de cana e indústria de maquinaria agrônoma e industrial para processos de conversão, têm avaliado o sorgo-energia com foco em novos negócios, visando competitividade e sustentabilidade do setor sucroenergético.

Inovação é, pois, o argumento que norteia estas novas buscas e os novos negócios. E hoje a Embrapa está focada nestas parcerias para negócios competitivos, por isso, demonstra resultados da experiência agrônômica e progressos na genética, boas práticas de manejo da cultura e uma inserção profissional para as oportunidades de processos de conversão.

Adicional e complementarmente, são relevantes as informações sistematizadas sobre a caracterização de matéria-prima e qualidade tecnológica do sorgo sacarino (enfoque tecnológico para processos e aproveitamento industriais).

Além de atender a uma forte e crescente demanda de mercado por informações sobre o sorgo sacarino, equipes de pesquisadores e técnicos da Embrapa, em parceria organizada, têm sistematizado dados e discussões sobre o tema, em três vertentes: desenvolvimento de tecnologia agrônômica, industrial e em estudos transversais (ciclo de vida, balanços de massa e de energia, economia de água e de carbono, socioeconomia, etc.).

A sistematização e divulgação técnica consolidada dessas informações demonstra o acervo de conhecimento à disposição do mercado, bem como objetiva analisar e divulgar o esforço acumulado e corrente que a Embrapa realiza, em seus laboratórios e campos experimentais. Apontam, ainda, em novas parcerias internas e externas, os procedimentos na busca de domínio tecnológico nas áreas de interesse para inserção do sorgo sacarino no rol de matérias-primas do setor sucroenergético do Brasil. Atualmente, novos modelos de transferência e negócios tecnológicos estão em andamento, na parceria público-privada, para cumprimento desta agenda.

A Embrapa, reconhecendo a dinâmica das necessidades globais da sociedade, e de mercados específicos e competitivos, requer um entendimento para as suas ações, expressas na sua programação de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e Transferência de Tecnologia (TT), focando o mercado como setor, cadeia, sistema integrado de terra-capital-trabalho-inovação.

PD&I, TT e Comunicação Empresarial para mercados competitivos têm no setor sucroenergético um forte apelo e grandes desafios. O setor sucroalcooleiro e energético demonstra uma evidente e histórica evolução do canavial e engenho para uma biorrefinaria – entendida como a integração de matérias-primas, processos, produtos e coprodutos.

Discutindo a oportunidade para o setor sucroalcooleiro em inserir o sorgo sacarino em um de seus modelos de sistema agroindustrial, são observados alguns pontos críticos meritórios de consideração e de governança adequada. **Primeiro**, especialistas e alguns estudos mostram a tendência de crescimento do setor sucroalcooleiro e energético no Brasil, e alguns desses estudos demonstram objetivamente a taxa de crescimento e as necessidades adicionais de tecnologia, incluindo as opções de matérias-primas, visando ampliar oferta e reduzir custos de produção. **Segundo**, o modelo tecnológico que admite a inserção do sorgo sacarino na entressafra da cana é prioritário, no curto prazo, porque aproveita a infraestrutura e a logística instaladas no campo agrícola e industrial. Ademais, este modelo conta com dois fatores importantes, nesta etapa, quais sejam: genética de variedades produtivas e boas práticas agrícolas com recomendações técnicas para o sistema de produção do sorgo sacarino. **Terceiro**, a escala prevista para este empreendimento de expansão do sorgo sacarino é ímpar, e a parceria de empresas de porte e experientes nos setores de produção de sementes, produção de matérias-primas energéticas e de processamento industrial, para o desenvolvimento de novos materiais genéticos, a exemplo de híbridos produtivos, e os ajustes de práticas de manejo de solo, planta e do gerenciamento do empreendimento, tornam-se absolutamente necessários, compartilhando esforços de exploração da variabilidade genética, cruzamentos assistidos e logística de produção. **Quarto**, um lastro mínimo de conhecimento e habilidades na execução de práticas agrícolas, industriais e de gerenciamento deve ser compartilhado, porque práticas aparentemente simples, e mesmo de conhecimento livre, a exemplo de plantio, espaçamento, adubação, ponto de colheita, dentre outras atividades, poderão criar obstáculos e se constituírem em fortes gargalos para a obtenção de resultados

significativos satisfatórios. O planejamento e o acompanhamento técnico por especialistas, de forma cooperativa, devem nortear os trabalhos em campo. A capacitação e o treinamento técnico continuado devem ser um exercício constante. Um exemplo formidável para estas questões é como o setor sucroalcooleiro vai se comportar utilizando uma administração e operacionalidade convencional de plantio de 10 a 12 toneladas de toletes de cana-de-açúcar por hectare, para uma nova situação de plantio de 5 a 7 kg de sementes de sorgo sacarino por hectare. A plantabilidade de uma nova espécie define o estande de plantas (densidade e espaçamento para um número ideal de plantas úteis por hectare, no plantio e na colheita), e o estande final determina a produtividade por área de seus diversos componentes, a saber: biomassa verde (kg de colmo/hectare), teor de açúcares (Brix%, Pol%, ART kg/t) em partes úteis da planta, etc. **Quinto**, a integração da visão agrícola (viés biológico e mecânico) e a visão industrial (viés físico-químico e mecânico) são passíveis de ajustamentos nos arranjos (institucionais, técnico-científicos e legais, e produtivos). A interação das visões e a comunicação empresarial são feitas na medida em que há entendimentos dos objetivos do negócio. Competência, comprometimento e dedicação são importantes entre as pessoas e as instituições, mas não discriminam os grupos per se. Os desafios são focados nos resultados que a interação entre instituições e grupos profissionais tem do negócio compartilhado. Adicionalmente, busca-se o entendimento do “domínio” ou “não domínio” tecnológico das questões científicas complexas, e da apropriação deste conhecimento à luz da legislação vigente e dos acordos de cooperação técnica, com confidencialidade, exclusividade, ou licenciamento livre. A busca, a compreensão, a oportunidade de aplicação dos arranjos técnico-científicos e os aparatos legais, resultam na incorporação e aplicação desse conhecimento nos negócios competitivos privados. Esta agenda é legítima e produz desenvolvimento, então, produz riqueza, gera emprego e renda. **Sexto**, as parcerias estratégicas nesta área não estão afetadas a uma safra, e o desenvolvimento de novos materiais genéticos, novas práticas de manejo de cultura, modelos gerenciais, capacitação e treinamento técnico e gerencial, e melhoria de índices de indústria e de logística definirão a cooperação baseada

em novos negócios, de base tecnológica. **Sétimo**, e finalmente, o negócio da parceira público-privada, implica dados e negociações para suporte às políticas públicas para o setor, bem como de políticas públicas capazes de “pavimentar” os caminhos para os investimentos privados. Os negócios tecnológicos entre empresas de base tecnológica devem se pautar pela competência, acordos de confidencialidade, resultados impactantes ao longo de um tempo adequado (médio prazo, 3 a 5 anos), e uma retroalimentação negocial e financeira dos sistemas de competência. Um fortalecimento de uma política neste campo é previsto, e os acordos de cooperação técnica e gerencial estão em andamento e serão ampliados, doravante. A rede PD&I Embrapa, liderada por um *pool* de suas Unidades de Pesquisa vinculadas, participa deste esforço técnico-científico e negocial e conta, correntemente, com importantes casos de comprovado êxito, no desenvolvimento de novas cultivares (por métodos clássicos e inserindo moderna biotecnologia), na determinação e aplicação de tecnologias de manejo agrônomo, e em processos de conversão industrial e aproveitamento de resíduos e coprodutos para o negócio da agroenergia.

Referências

ALMODARES, A.; SEPAHI, A. Comparison among sweet sorghum cultivars, lines and hybrids for sugar production. **Annals of Plant Physiology**, v. 10, p. 50-55, 1996.

AGROENERGIA EM REVISTA. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2011. Quadrimestral. Disponível em: <http://www.cnvae.embrapa.br/imprensa/agroenergia-em-revista/AgroenergiaEmRevista_ed03.pdf/view>. Acesso em: 21 jun. 2012.

BORGONOV, R. A.; SANTOS, F. G.; SANTOS, H. L. dos; FERREIRA, A. da S.; WAQUIL, J. M.; SILVA, J. B. da; CRUZ, I. **Recomendações para o plantio de sorgo sacarino**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1982. 16 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 8).

BRACONNIER, S.; GUTJHART, S.; TROUCHE, G.; REDDY, B.; RAO, S.; SHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C.; ZACHARIAS, A.; RETTENMAIER, N.; REINHARDT, G.; MONTI, A.; AMADUCCI, S.; MAROCCO, A.; SNIJMAN, W.; TERBLANCHE, H.; ZAVALA-GARCIA, F.; JANSSEN, R.; RUTZ, D. **Definition of new sorghum ideotypes to meet the increasing demand of biofuels**. Disponível em: <http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/VP1.3.78_Sorghum_Braconnier-110704.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2012.

DAMASCENO, C. M. B.; PARRELLA, R. A. C. Seleção genômica como estratégia do melhoramento de sorgo sacarino para altas performances. **Agroenergia em Revista**, Brasília, ano 2, n. 3, p. 12-13, ago. 2011.

HELSEL, Z. R.; ÁLVAREZ, J. **Economic potential of sweet sorghum for ethanol production in South Florida**. Gainesville: University of Florida, 2011. (EDIS Documento FE896). Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FE/FE89600.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

OLIVEIRA, A. J. de; RAMALHO, J. (Coord.). **Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

PARRELLA, N. N. L. D.; PARRELLA, R. A. C. Produção de sementes de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**, Brasília, ano 2, n. 3, p. 14-15, ago. 2011.

PARRELLA, R. A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Protocolo para confecção de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. Circulação restrita - interna.

PURCINO, A. A. C.; DURAES, F. O. M. Elementos do plano de negócios do sorgo sacarino da Embrapa. **Agroenergia em Revista**, Brasília, ano 2, n. 3, p. 46, ago. 2011.

SANTOS, F. G. dos. **Sorgo sacarino**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C.; MAY, A.; DURAES, F. O. M. Metas de rendimento e qualidade do sorgo sacarino.

Agroenergia em Revista, Brasília, ano 2, n. 3, p. 47, ago. 2011.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

