

# ASPECTOS ECONÔMICOS DA GERAÇÃO DE TECNOLOGIA E A UTILIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS PRODUTOS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DO BRASIL\*

*Pery Francisco Assis Shikida* \* \*  
*Carlos José Caetano Bacha* \* \*\*

**RESUMO** - Este artigo analisa o processo de geração de tecnologia na agroindústria canavieira do Brasil, no período de 1975 a 1995, abordando como essa tecnologia tem impactado a melhoria e o uso dos produtos e subprodutos gerados por essa agroindústria. Para tanto, foram diagnosticados os principais agentes responsáveis pela geração de tecnologia nessa agroindústria e como podem ser classificadas suas estratégias tecnológicas. Em seguida, avaliou-se como a tecnologia gerada tem impactado a melhoria dos subprodutos gerados na agroindústria canavieira e como tem sido a evolução do aproveitamento desses subprodutos. Constatou-se que a tecnologia na agroindústria canavieira é gerada pelo Estado, pelas cooperativas, pelas empresas privadas industriais e pelas próprias destilarias e usinas. A adoção de estratégias tecnológicas é diferenciada entre as empresas.

**Palavras-chaves:** agroindústria canavieira, tecnologia, subprodutos.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva analisar o processo de geração de tecnologia na agroindústria canavieira do Brasil, no período de 1975 a 1995, abordando como essa tecnologia tem impactado a melhoria e o uso dos produtos e subprodutos gerados por essa agroindústria.

---

\* Este artigo baseia-se, em parte, na tese de doutorado do primeiro autor, orientada pelo co-autor deste artigo.

\*\* Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

\*\*\* Professor Associado da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP.

Primeiramente, faz-se necessário salientar que essa delimitação temporal proposta intenciona englobar boa parte da evolução do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), no Brasil. Outro elemento que merece destaque nessa delimitação temporal refere-se à possibilidade de exame do tema discutido (processo de geração de tecnologia na agroindústria canavieira), diante de dois aspectos: primeiro, enfoca o período no qual o intervencionismo estatal constituiu-se num elemento fundamental para regulamentação do setor; segundo, incorpora à análise a fase de arrefecimento relativo desse intervencionismo, sobretudo a partir da extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), em 1990.

Diversos trabalhos já analisaram a geração de tecnologia e os seus impactos na agroindústria canavieira (ver, entre outros, Belik, 1985; Eid, 1996; Macedo, 1996; Olalde, 1993; Szmrecsányi, 1994). Contudo, ainda não foi feito um esforço de associar a geração de tecnologia na agroindústria canavieira aos conceitos advindos da Economia da Tecnologia, principalmente com os conceitos de estratégias tecnológicas, de Freeman (1974). Ao mesmo tempo, já foram feitos alguns trabalhos que analisaram os subprodutos gerados na agroindústria canavieira e seus possíveis usos (ver, por exemplo, Stalder & Burnquist, 1995; Olalde, 1993; Szmrecsányi, 1994). Entretanto, ainda não se avaliou, a contento, como a geração de tecnologia na agroindústria em questão tem melhorado esses subprodutos e, principalmente, qual tem sido a evolução no uso destes.

Este artigo tenta cobrir as lacunas comentadas no parágrafo anterior, fazendo uma abordagem dos aspectos econômicos da geração de tecnologia, e avaliando como essa tecnologia afetou a qualidade e o uso dos principais produtos e subprodutos da agroindústria canavieira do Brasil. Contudo, vale frisar que não é intento deste trabalho fazer menções comparativas com outras agroindústrias no que se refere ao tema em análise.

Para tanto, a primeira seção expõe a organização atual da agroindústria canavieira, destacando os agentes que atuam na determinação da dinâmica desse setor. Em seguida, é analisada a geração de tecnologia, evidenciando como os principais agentes que atuam sobre esse setor foram responsáveis pela geração de tecnologia (segunda seção). A terceira seção avalia os impactos da geração de tecnologia sobre os principais

produtos e subprodutos gerados pela agroindústria canavieira brasileira. Nas considerações finais (quarta seção), resumam-se as principais constatações deste trabalho.

## A ORGANIZAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA

Inicialmente, faz-se necessário explicar o significado do termo agroindústria canavieira, ora empregado, e diferenciá-lo do termo complexo agroindustrial canavieiro.

Entende-se por complexo agroindustrial canavieiro as atividades produtivas e comerciais que envolvem o produtor de insumos; a produção de cana-de-açúcar propriamente dita, sendo esta feita por fornecedores e, ou, proprietários de usinas e destilarias; e a transformação industrial, geradora de uma gama de produtos e subprodutos que, conforme sua especificação, destinam-se ao mercado interno e, ou, externo, e que também podem advir tanto de empresas individuais como de cooperativas (vide Figura 1).

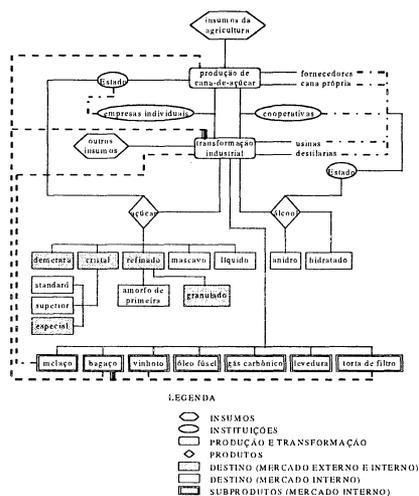


Figura 1 - Fluxograma do complexo agroindustrial canavieiro

O subconjunto do complexo agroindustrial canavieiro, composto pelo segmento agrícola e pelo segmento industrial processador da cana-de-açúcar, é conhecido na literatura como agroindústria canavieira.

Os principais agentes que atuam na determinação da dinâmica da agroindústria canavieira são empresas privadas, cooperativas e Estado.

As empresas privadas são representadas, principalmente, pelos fornecedores de insumos à agroindústria canavieira, pelos fornecedores de cana-de-açúcar e pelas usinas e destilarias. A maior parte da cana moída é elaborada pelas usinas e destilarias, em terras próprias ou arrendadas. Segundo dados das safras 87/88 e 88/89 (Anuário Estatístico do Brasil, 1990), em média, cerca de 35,9% da cana moída nas usinas vieram de fornecedores, enquanto 64,1% foram produzidas pela própria usina ou destilaria. Na safra 1994/95, 38,3% da cana moída nas usinas vieram de fornecedores e 61,7% foram produzidas pelos usineiros, conforme dados reunidos por Carvalho (1996).

Evidencia-se, na agroindústria canavieira, uma relativa atuação das cooperativas. Segundo Cooperativa dos Produtores da Cana, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo Ltda - COPERSUCAR (1989a, p.14), “no Brasil (...) o açúcar é fabricado por usinas localizadas principalmente em São Paulo, Pernambuco, Alagoas e Rio de Janeiro. Das mais de 200 usinas situadas nesses Estados (...) cerca de 80% fazem parte de cooperativas.” Atualmente, a maior cooperativa em atividade no setor sucroalcooleiro é a própria COPERSUCAR.

Embora o controle governamental sobre a agroindústria canavieira já se fizesse presente antes da criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), o Estado, no período de 1933 (ano de criação do IAA) até o ano de 1990 (quando foi extinto o IAA), desempenhou diversas formas de intervenção direta no setor, praticamente fomentando, dirigindo e controlando as produções de açúcar e do álcool em todo o País. Segundo Moreira (1989, p.107), um dos papéis do Estado na agroindústria canavieira, a partir da edição do PROÁLCOOL, foi o de “criar” mercado:

*“O Estado, que antes do PNA baseava sua intervenção no controle da oferta e na neutralização das flutuações dos preços do açúcar no mercado internacional, vai ampliar sua presença através da ‘criação’ da demanda para o álcool combustível, seja fixando percentuais de mistura à gasolina,*

*seja mantendo os diferenciais de preços entre os dois combustíveis”.*

Após a extinção do IAA, por meio da Medida Provisória nº 151 (15/03/1990), foi visível o arrefecimento do intervencionismo estatal na agroindústria canavieira. Não obstante, tal arrefecimento foi apenas relativo (principalmente se comparado com fases anteriores), posto que todas as atribuições do IAA foram, pelo Decreto nº 99.288 (06/06/1990), transferidas à Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR), que é subordinada à Presidência da República (Lima, 1992). Nesse contexto, Olalde (1993) ressalta que, embora tenha continuado a vigorar a prática de fixação de quotas e planejamento de safras, desta vez a cargo da SDR, no âmbito do Departamento de Assuntos Sucroalcooleiros, a privatização das exportações foi a principal mudança verificada nesse novo panorama de desregulamentação gradual na agroindústria canavieira na primeira metade da década de 90.

Atualmente, cabe ao Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo (MICT) boa parte da regulamentação estatal feita na economia canavieira (MINISTERIO cria certificado para impedir fraudes de usineiros, 1997).

Na agroindústria canavieira brasileira verifica-se uma centralização do capital, via concentrações industrial e fundiária, que se reverte, nesse caso, em concentrações técnica e econômica (Ramos, 1983 e 1991). Embora exista essa concentração, as empresas marginais possuem uma parcela não desprezível da produção. Ademais, pelo fato de a concorrência via preços não ser muito forte, em razão do intervencionismo estatal nesse setor - responsável, entre outras práticas, pela fixação de preços e pela distribuição de quotas de produção -, mas onde bom número de produtores sofre grandes variações em virtude da fase do ciclo econômico, podem-se aferir à agroindústria canavieira características próximas a um oligopólio competitivo (Moreira, 1989). Uma das formas de caracterizar esse oligopólio competitivo é por meio das estratégias tecnológicas adotadas pelas usinas e destilarias, assunto este relativo à próxima seção.

## GERAÇÃO DE TECNOLOGIA

Nessa seção, discute-se, primeiramente, a classificação teórica de Freeman sobre as estratégias tecnológicas adotadas pelas empresas. Em seguida, analisa-se como os três principais agentes que operam na determinação da dinâmica da agroindústria canavieira (as empresas privadas, as cooperativas e o Estado) atuaram na geração de tecnologia e como suas estratégias podem ser classificadas, segundo Freeman.

### Classificação de Estratégias Tecnológicas Segundo Freeman

Christopher Freeman trabalhou o tema da tecnologia ressaltando os diferentes tipos de estratégias tecnológicas adotadas pelas empresas (Freeman, 1974; Freeman et al., 1982). Nesse tocante, as estratégias tecnológicas verificadas nas empresas podem seguir, segundo ele, a seguinte classificação: ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, oportunista e tradicional.

A estratégia ofensiva é caracteristicamente intensiva em P&D - Pesquisa e Desenvolvimento - e com elevado nível de pesquisa aplicada. Adotando essa estratégia, a firma objetiva a liderança técnica e de mercado a partir do lançamento de novos produtos.

A estratégia defensiva é também intensiva em P&D, mas a empresa usa essa estratégia para evitar um distanciamento tecnológico significativo, pois é avessa ao risco, não optando pelo lançamento de novo produto no mercado, mas sim pelo ajustamento técnico-legal às inovações introduzidas.

A estratégia imitativa é por excelência copiativa, em que a firma busca competir com firmas mais capacitadas por meio de custos menores, direcionando atenções especiais ao sistema de informação e seleção de itens para a geração de tecnologia própria, necessitando amiúde trabalhar aspectos institucionais e legais de licença e know-how.

Com a estratégia dependente a firma não possui atividade de P&D, pois estabelece relação de dependência institucional e, ou, econômica com outras firmas.

Na estratégia oportunista a firma busca preencher nichos de mercado, não desenvolve atividade de P&D e depende, basicamente, do *feeling*

de uma pessoa – ou de grupo de pessoas - capaz de analisar conjunturas de mercado.

Com a estratégia tradicional a firma não possui atividade de P&D, pois sua área de atuação é em mercados próximos à concorrência perfeita - isto é, atomizados - ou oligopolizados, onde a concorrência geralmente não estimula a inovação.

## **Desenvolvimento Tecnológico da Agroindústria Canavieira, no Período de 1975 a 1995**

Em termos de desenvolvimento tecnológico da agroindústria canavieira, Macedo (1996) destaca três importantes fases entre 1975 e 1995: entre 1975 e 1981-1982, ocorreu a fase da busca da maior produtividade; posteriormente, entre 1981-1982 e 1985, ocorreu a busca da maior eficiência na conversão da sacarose para o produto final e redução de custos; a fase atual, cujo início data de 1985, está sendo caracterizada pelo gerenciamento global da produção agrícola e industrial. Nesse esforço de geração de tecnologia, destacam-se a COPERSUCAR, o PLANALSUCAR (até sua extinção) e algumas empresas mistas e industriais (IPT, Dedini, entre outras) e usinas independentes.

No tocante às estratégias tecnológicas verificadas pelas firmas na agroindústria canavieira, as empresas mais modernas filiadas à COPERSUCAR são um bom exemplo de adoção de uma estratégia semelhante à estratégia ofensiva descrita por Freeman (1974), ou seja, caracteristicamente intensiva em P&D e com elevado nível de pesquisa aplicada.

Constata-se, a partir da interpretação de estudos de Lima (1988a e 1988b), Lima & Melo (1989), Olalde (1993) e Eid (1996), que as demais empresas da agroindústria canavieira oscilam entre as outras estratégias ressaltadas por Freeman (1974). É o caso de algumas grandes usinas paulistas não filiadas à COPERSUCAR, que adotam estratégia semelhante à defensiva (também intensiva em P&D, mas avessa ao risco); ou, em outro extremo, no caso de boa parte das usinas e destilarias nordestinas, mineiras e fluminenses, que adotam estratégia semelhante à dependente (estabelece relação de dependência institucional e, ou,

econômica com outras firmas) e oportunista (a firma busca preencher nichos de mercado).

Segundo Belik (1985) e Macedo (1996), o esforço de pesquisa da COPERSUCAR tem refletido, positivamente, em diversas áreas da agroindústria canavieira. Na área de melhoramento genético há o desenvolvimento das variedades SP, sendo que esse programa da COPERSUCAR produz cerca de 600.000 plantas independentes por ano, num ramo onde são necessários de dez a doze anos para produção de uma nova variedade para fins comercial. O gerenciamento da produção agrícola tem utilizado instrumentos, como mapas do solo e imagens de satélite, para identificação varietal e registro de microclima, declividades, adubação, distância, etc. Outros melhoramentos estão sendo obtidos na colheita, com redução do consumo médio de combustível; no transporte, com o uso do rodotrem, um veículo mais eficiente constituído de cinco contêineres para transporte da cana, acoplado a uma estação de transbordo; no gerenciamento agrícola, com o reaproveitamento da vinhaça, desenvolvimento e aplicação do misturador de resíduos no campo e do rastelo rotativo; e na área de organização do trabalho agrícola, destacando-se o corte de cana em sete ruas, que diminuiu as perdas e reduziu em muito a ocorrência de impurezas carregadas juntamente com a cana. Na área industrial a COPERSUCAR vem obtendo êxitos no nível de extração, no tratamento do caldo e fermentação, na destilação e na área energética - com o aproveitamento do bagaço da cana. Convém ressaltar que a tecnologia desenvolvida pelo Centro Tecnológico da COPERSUCAR (CTC) permite a redução adicional do custo médio do álcool em cerca de 30%, considerando-se o potencial de redução dos custos agrícolas (22,2%) e dos custos industriais (8,1%), segundo Lopes(1996).

Todo este trabalho da COPERSUCAR é um elemento capaz de distinguir suas usinas e destilarias associadas das demais, contribuindo para evolução diferenciada da agroindústria canavieira, à medida que os estabelecimentos associados a essa Cooperativa se concentram em São Paulo. Não obstante, Eid (1996) enfatiza a heterogeneidade em termos de uso de novas tecnologias e novas técnicas de gestão dentro da própria COPERSUCAR, onde coexistem usinas entre as mais modernas do País e outras menos modernas. Deve-se levar "(...) em consideração que entre as usinas cooperadas da COPERSUCAR

encontram-se usinas modernas em termos de uso de novas tecnologias e, outras menos modernas, com uso da tecnologia tradicional” (Eid, 1996, p.34).

Nos apontamentos de Belik (1985), constata-se que a COPERSUCAR gastava, em meados dos anos 80, o equivalente a US\$ 7 milhões por ano em pesquisa (0,8% da receita bruta da empresa), absorvendo cerca de 120 técnicos, sendo 30% com qualificação profissional em termos de mestrado e doutorado, contando também com razoável infra-estrutura física, disposta em 10.000 m<sup>2</sup> de laboratórios e 3.000 ha de campos experimentais.

Todavia, a partir de 1990, a COPERSUCAR iniciou um processo de contenção de despesas na área tecnológica. Diante de uma avaliação técnica de que seu programa de capacitação tecnológica estaria superdimensionado, e tendo em conta a crise de rentabilidade que afetou a agroindústria canavieira a partir da segunda metade dos anos 80, foram demitidos 54% do pessoal ocupado nessa atividade, além de serem fechadas cinco das nove estações experimentais da COPERSUCAR (Olalde, 1993). Mesmo com essa conjuntura de cortes de despesas, a presença da COPERSUCAR na área de capacitação tecnológica continua sendo significativa e hegemônica, principalmente após a extinção do PLANALSUCAR (em 1990).

No que concerne ao desenvolvimento tecnológico da lavoura canavieira, o IAA implementou, em 1971, o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR), com a finalidade de melhorar a qualidade da matéria-prima para a agroindústria açucareira, bem como racionalizar sua produção. A atuação do PLANALSUCAR, diferentemente da COPERSUCAR, estendeu-se também ao Nordeste, permitindo, inclusive, a elevação de 8% a 25% do total produzido de açúcar, a partir de cada hectare cultivado com cana-de-açúcar nessa região (Carvalho & Caron, 1982).

Belik (1985, p.110), a partir de estudos de Benakouche (1981), destaca “(...) que para o Centro-Sul houve uma clara divisão de tarefas entre o PLANALSUCAR e COPERSUCAR, cabendo ao primeiro mais o domínio não-econômico e à COPERSUCAR o domínio econômico”. Nesse caso, considera-se domínio não-econômico uma parcela da pesquisa tecnológica não prontamente transformável em cifras monetárias (Benakouche, 1981).

Após a extinção do IAA, em 1990, o PLANALSUCAR passou por uma crise de indefinição institucional, sendo esta crise parcialmente “solucionada” a partir da proposta de absorção dos técnicos e de toda a infra-estrutura desse órgão pelas universidades federais de cada região de atuação desse órgão. Entretanto, o locus da pesquisa canavieira permanece indefinido, e ainda não existe uma dotação orçamentária específica para tais atividades; os pesquisadores, agora também docentes, vivem um processo de adaptação às novas funções, muitos dos quais buscando melhor qualificação (Olalde, 1993).

Além da COPERSUCAR e do extinto PLANALSUCAR, existem alguns estabelecimentos independentes na agroindústria canavieira que também se preocupam com o desenvolvimento tecnológico. Eid (1996) chama atenção para duas usinas de grande porte e não filiadas à COPERSUCAR, Usina da Barra e Usina Santa Elisa (ambas em São Paulo), que introduziram novas tecnologias, inovações organizacionais e o reaproveitamento integral dos resíduos do processamento industrial. A Usina da Barra, por exemplo, ainda possui um laboratório entomológico, desenvolvendo importantes pesquisas para o controle biológico da broca da cana (*Diatraea Saccharalis*).

Numa direção contrária, a estratégia das pequenas empresas da agroindústria canavieira não tem sido o desenvolvimento interno de tecnologia, mas sim a incorporação de insumos melhorados comercializados pelas grandes empresas (Olalde, 1993). Remontando aos conceitos apresentados por Freeman (1974), pode-se caracterizar a estratégia dessas pequenas empresas como próximas às estratégias dependente ou oportunista.

Especificamente na área de pesquisa industrial do segmento canavieiro, a maior parte das atividades de P&D se concentra “(...) no redesenho dos componentes que apresentam-se como um gargalo nos equipamentos já disponíveis e na atualização tecnológica, a partir da transferência e adaptação da tecnologia estrangeira” (Olalde, 1993, p.66). Nesse aspecto, o aprendizado dos processos industriais, learning-by-using (LBU), é o mais comum, embora sejam verificados casos de

*learning-by-doing*<sup>1</sup> (LBD) no próprio Centro Tecnológico da COPERSUCAR, na indústria brasileira de equipamentos para o setor produtor de açúcar e álcool - por exemplo, por meio dos grupos Dedini e Zanini (Negri, 1981) -, e no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) - em trabalhos de pesquisa ligados à área de fermentação alcoólica e, mais recentemente, no desenvolvimento do ecoplástico a partir de cana-de-açúcar.

Vale anotar que, com a implantação do PROÁLCOOL (em 1975), a indústria automobilística, após lacônico receio, contribuiu para desenvolver uma moderna tecnologia para veículos movidos a álcool (mas ainda não suficiente para tornar esse veículo mais atraente, do ponto de vista econômico, diante do veículo movido a gasolina), contando com o apoio de vários centros de pesquisas ligados às universidades brasileiras.

Embora os arranjos institucionais que vigoraram por um bom tempo na agroindústria canavieira não estimulem maiores inversões em pesquisas, toda essa geração de tecnologia apontada tem como intento desenvolver novas técnicas de produção e gestão, bem como oferecer ao mercado produtos cada vez mais competitivos. Nesse tocante, pela sua própria especificidade, a importância econômica da cana-de-açúcar está diretamente ligada aos diversos produtos e subprodutos advindos dessa cultura e à sua multiplicidade de funções (Szmrecsányi, 1979).

## **IMPACTOS DA GERAÇÃO DE TECNOLOGIA NO USO DOS PRINCIPAIS PRODUTOS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA**

Essa seção examina como o esforço tecnológico existente na agroindústria canavieira permitiu melhoria ou ampliação do uso de

---

<sup>1</sup> A idéia geral do *learning* está associada ao processo de aprendizado tecnológico, cujo aperfeiçoamento advém do processo de difusão. Para Rosenberg (1982), no caso do LBU tem-se o resultado derivado do aprendizado via uso, que é conscientemente perseguido, e que é revertido numa melhoria das condições de produção e uso de um produto. No caso do LBD, o resultado é derivado do aprendizado via processo produtivo, que pode surgir mediante a existência de "gargalos" nesse processo. O LBD consiste no desenvolvimento cada vez maior da habilidade nos estágios de produção.

produtos e subprodutos gerados por essa agroindústria. Em seguida, examina-se, para uma amostra selecionada, como as empresas têm ampliado o aproveitamento econômico dos subprodutos que geram.

### **Principais Produtos e Subprodutos Gerados pela Agroindústria Canavieira e sua Utilização**

Na Figura 1 foram destacados os principais produtos e subprodutos (também chamados de co-produtos) da agroindústria canavieira brasileira. A maioria dos itens realçados tem como destino o mercado interno. Apenas o açúcar demerara, cristal especial e refinado granulado possuem duplo destino, isto é, podem direcionar-se ao mercado interno e, ou, externo, de acordo com a conjuntura.

Os principais produtos da agroindústria canavieira são o açúcar e o álcool, que podem ser produzidos independentemente ou de forma conjunta<sup>2</sup>. Cabe ressaltar que as proporções existentes entre os produtos e subprodutos da transformação industrial da cana-de-açúcar irão depender do tipo de especificação da unidade produtora, variando ainda “(...) de acordo com as condições de solo e clima e eficiência dos métodos e maquinaria adotados” (Renault, 1978, p.54).

Quanto ao produto açúcar, este pode materializar-se em cerca de cinco tipos, quais sejam: o açúcar demerara, cristal, refinado, mascavo e líquido<sup>3</sup>. Trata-se de produtos tradicionais.

O desenvolvimento tecnológico atual na produção de açúcar tem sido o de elaborar um açúcar não calórico. Trata-se de um açúcar semelhante ao comum, originário da própria cana-de-açúcar, que permanece com a capacidade de adoçar comidas e bebidas, mas que não é metabolizado pelo estômago, não produzindo calorias, não sendo cariogênico e nem provocando o acúmulo de glicose no sangue (“NOVO açúcar beneficia diabéticos e obesos”, 1997).

Esse açúcar foi criado por dois pesquisadores do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Estadual de Campinas

<sup>2</sup> Veja Canto (1986) e Stalder & Burnquist (1995), sobre os rendimentos obtidos segundo a forma de produção.

<sup>3</sup> Esta descrição técnica de produtos e subprodutos da cana-de-açúcar baseia-se em Renault (1978) e CEMIG (1990).

(UNICAMP) - Yong K. Park e Gláucia Maria Pastore -, e a tecnologia de produção baseia-se, fundamentalmente, na produção da enzima frutossiltransferase, a partir de um fungo denominado *Aspergillus niger*, encontrado no próprio solo dos canaviais.

Essa novidade para os mercados interno e externo do açúcar, a ser comercialmente testada a partir de 1998, está em fase de produção piloto a cargo da Usina da Barra (SP), considerada uma das mais modernas do País (“NOVO açúcar beneficia diabéticos e obesos”, 1997) e deverá ser importante na disputa de mercado entre açúcar e produtos adoçantes sintéticos não-calóricos.

A partir da cana-de-açúcar são produzidos dois tipos de álcool: álcool hidratado e álcool anidro, que se destinam, em grande parte, ao mercado interno, tendo sido o álcool hidratado a principal inovação, visto que permite a substituição completa da gasolina por esse combustível. O álcool, como combustível, apresenta as seguintes vantagens em relação à gasolina: é menos poluente do ar e é um produto obtido de fonte renovável. Contudo, a indústria automobilística ainda não foi capaz de desenvolver uma tecnologia que amplie a eficiência do álcool como combustível (isto é, que amplie a quilometragem rodada com 1 litro de álcool), como o fez com o motor movido a gasolina.

Nos processos de transformação industrial do açúcar e, ou, álcool são gerados alguns subprodutos (vide Figura 1). Entretanto, somente a partir do recrudescimento da crise na agroindústria canavieira, a partir de 1986, é que esses subprodutos começaram a ganhar maior interesse de mercado. Nesse contexto, esforços estão sendo dirigidos a usinas e destilarias para otimizar o uso desses subprodutos, seja na sua própria agroindústria (para principalmente reduzir custos de produção), seja na venda a outro setor da economia (para aumentar a receita da empresa).

Com relação à aplicabilidade dos principais subprodutos da cana-de-açúcar, o melaço - resíduo não cristalizável da produção de açúcar, conhecido também pela denominação de mel pobre ou mel esgotado - pode ser aproveitado como ração animal, servindo, ainda, como matéria-prima para a produção de álcool em destilarias anexas. O melado, que é o melaço purificado, pode ser utilizado para consumo humano.

O bagaço - resíduo da cana-de-açúcar após extração do caldo, constituído de material celulósico, cinzas, açúcar residual, sais minerais

e outros solúveis além de água - apresenta utilidade como ração animal, combustível utilizado na transformação industrial da própria cana ou de outro estabelecimento que necessite dessa fonte. Pode ser utilizado ainda como adubo, na co-geração de energia elétrica e para produção de celulose.

De acordo com COPERSUCAR (1989b), o mercado de bagaço no estado de São Paulo é estimado em cerca de 1,7 milhão de toneladas anuais, sendo a comercialização desse produto feita a um preço correspondente a 45% do preço do óleo combustível energeticamente equivalente. Segundo a referência citada, as usinas e destilarias filiadas à COPERSUCAR auto-produzem, aproximadamente, 80% do total de energia elétrica que consomem. Outrossim, já existem contratos no Nordeste e em São Paulo para a co-geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana, sendo fornecidos 14,9 mw e 8 mw, respectivamente. Os dois principais obstáculos para a ampliação dessa co-geração estão relacionados com o baixo preço pago pela energia gerada e com os altos investimentos necessários nas caldeiras de alta pressão e gaseificação do bagaço (Olalde, 1993).

O resíduo da destilação do vinho, denominado vinhoto (ou, ainda, vinhaça ou restilo), pode ser utilizado, sob determinados critérios técnicos, como fertilizante no próprio canavial. Este resíduo, produzido numa proporção de 12 a 15 litros para cada litro de álcool, é rico em potássio, além de conter outros nutrientes como o nitrogênio, enxofre, cálcio e magnésio. "A aplicação de 150 m<sup>3</sup> do resíduo (em um hectare) substitui 412 kg de potássio ou 690 kg de cloreto de potássio, correspondendo a um benefício de US\$ 83" (COPERSUCAR, 1989b, p.43). Segundo Szmrecsányi (1994), embora o vinhoto possa ser empregado com sucesso como fertilizante, sua aplicabilidade não pode ser excessiva nem indiscriminada, em razão de problemas com a salinização dos solos e, ou, a poluição dos cursos d'água subterrâneos.

A utilização do vinhoto para a produção de biogás - que pode ser direcionado tanto para a redução do consumo de diesel na frota motomecanizada das usinas e destilarias, quanto para a queima em caldeiras - ainda demanda estudos. Contudo, alguns estabelecimentos já estão implantando sistemas de biodigestores. Mesmo assim, parte desse resíduo continua sendo rejeitada, fato este que requer tratamento prévio, nem sempre efetuado, em virtude de sua alta carga poluidora e

seu baixo pH.

O óleo fúsel, constituído de álcoois homólogos superiores, é obtido como produto secundário da fermentação e separado na destilação. Pode ser utilizado na indústria química, particularmente na indústria de tintas e solventes, e na obtenção de aromatizantes industriais.

O gás carbônico (CO<sub>2</sub>) continua tendo pouca utilização econômica, pois grande parte das usinas utiliza dornas (recipientes onde ocorre a fermentação) abertas, o que impossibilita o aproveitamento desse elemento. O CO<sub>2</sub> pode ser aproveitado para a produção de gelo seco e para a gaseificação de bebidas.

As leveduras (provenientes da fermentação alcoólica) e a torta de filtro (provenientes do processo de tratamento do caldo) podem ser utilizadas, respectivamente, como ração de gado ou como adubo. No caso das leveduras, é preciso ressaltar que sua comercialização ainda é problemática, visto que os preços obtidos não têm sido atraentes. Ademais, no mercado de ração para gado existe um sério concorrente, de menor custo de produção, o farelo de soja (Olalde, 1993).

A obtenção de resinas termoplásticas, derivadas de culturas bacterianas alimentadas com sacarose, apresenta-se como alternativa produtiva para a agroindústria canavieira, principalmente se se considerarem as pressões cada vez maiores dos movimentos ambientalistas. Esse novo plástico biodegradável - poli-hidroxi-butilato (PHB) - pode contribuir efetivamente para diminuição do acúmulo de lixo plástico convencional na terra, desaparecendo nos aterros sanitários em, aproximadamente, um ano, em lugar dos 20 a 40 anos necessários para o desaparecimento de seus análogos de procedência fóssil (Nothenberg, 1995). No Brasil, o IPT, em conjunto com a COPERSUCAR e Universidade de São Paulo (USP), está desenvolvendo pesquisas sobre a obtenção e aproveitamento econômico desse polímero biodegradável. Por enquanto, a justificativa para a utilização desse material é puramente ecológica, haja vista que seu custo de produção tem sido maior do que o do plástico convencional.

A seção seguinte fornece uma visão da evolução e da situação atual do uso de subprodutos gerados pela agroindústria canavieira.

## O Uso de Subprodutos pelas Empresas

Mediante pesquisa de campo realizada<sup>4</sup> junto a 93 usinas e destilarias dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Pernambuco e Alagoas, no período de abril a junho de 1997, pôde-se avaliar a evolução do aproveitamento de subprodutos da cana-de-açúcar, por parte dessas empresas, entre as safras 1985/86 e 1995/96 (ver Tabela 1).

Constata-se que, de modo geral, houve ampliação no percentual de aproveitamento dos subprodutos gerados na agroindústria canavieira, principalmente no Estado de São Paulo. Não obstante, ainda há, em vários estados, percentagens relativamente elevadas de subprodutos que ainda são descartados.

A grande concentração de geração de tecnologia em São Paulo é uma das explicações para o melhor desempenho deste Estado no aproveitamento dos subprodutos gerados na agroindústria canavieira.

O CO<sub>2</sub> ainda é um subproduto pouco utilizado em todos os estados pesquisados. As leveduras são pouco utilizadas em Minas Gerais e no Paraná e o óleo fúsel é pouco utilizado em Alagoas. O melaço foi “outro subproduto” que apareceu (em nossa pesquisa de campo, ver Tabela 1) como sendo utilizado, apesar de apenas no Estado de São Paulo.

---

<sup>4</sup> Ver Shikida (1997, p. 134 a 152), sobre metodologia dessa pesquisa e outros resultados.

Tabela 1 - Aproveitamento de subprodutos - safras 1985/86 e 1995/96 - (valores em %).

ITENS E ESPECIFICAÇÕES		SP		MG		PR		RJ		PE		AL	
		85/6	95/6	85/6	95/6	85/6	95/6	85/6	95/6	85/6	95/6	85/6	95/6
APROVEITAMENTO DO BAGAÇO	1 - Venda	11,4	11,4	-	-	-	-	-	-	21,4	14,3	11,1	11,1
	2 - USO INTENSIVO NA PRODUÇÃO	27,3	25,0	77,8	77,8	30,8	76,9	100	100	50,0	50,0	55,6	55,6
	3 - USO PARCIAL NA PRODUÇÃO	4,5	2,3	-	-	23,1	7,7	-	-	-	-	11,1	-
	4 - EM FASE DE PESQUISAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5 - DESCARTADO	2,3	2,3	-	-	30,8	-	-	-	-	-	11,1	11,1
	COMBINAÇÃO 1 e 2 (ver acima)	20,5	22,7	11,1	11,1	-	-	-	-	14,3	28,6	-	11,1
	COMBINAÇÃO 1 e 3 (ver acima)	22,7	27,3	-	-	7,7	7,7	-	-	7,1	7,1	-	-
	COMBINAÇÃO 3 e 4 (ver acima)	-	-	-	-	7,7	7,7	-	-	-	-	-	-
	NENHUMA RESPOSTA	11,4	9,1	11,1	11,1	-	-	-	-	7,1	-	11,1	11,1
APROVEITAMENTO DO VINHOTO	2 - USO INTENSIVO NA PRODUÇÃO	72,7	86,4	66,7	66,7	23,1	69,2	50,0	75,0	42,9	78,6	33,3	66,7
	3 - USO PARCIAL NA PRODUÇÃO	11,4	6,8	-	-	53,8	7,7	-	-	28,6	-	33,3	11,1
	4 - EM FASE DE PESQUISAS	-	-	-	-	-	7,7	-	-	14,3	-	-	-
	5 - DESCARTADO	2,3	-	11,1	11,1	23,1	15,4	50,0	25,0	-	-	11,1	11,1
	NENHUMA RESPOSTA	13,6	6,8	22,2	22,2	-	-	-	-	14,3	21,4	22,2	11,1
	1 - Venda	81,8	84,1	88,9	88,9	53,8	61,5	50,0	50,0	42,9	35,7	22,2	22,2
APROVEITAMENTO DO ÓZEO FÚSEL	2 - USO INTENSIVO NA PRODUÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	14,3	14,3	-	-
	3 - USO PARCIAL NA PRODUÇÃO	-	-	-	-	-	-	25,0	25,0	7,1	7,1	-	-
	4 - EM FASE DE PESQUISAS	-	-	-	-	-	30,8	-	-	-	-	-	-
	5 - DESCARTADO	2,3	2,3	-	-	46,2	7,7	25,0	-	7,1	7,1	11,1	11,1
	COMBINAÇÃO 1 e 2 (ver acima)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	-	-
	COMBINAÇÃO 1 e 3 (ver acima)	-	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	NENHUMA RESPOSTA	15,9	11,4	11,1	11,1	-	-	-	25,0	28,6	28,6	66,7	66,7
	2 - USO INTENSIVO NA PRODUÇÃO	2,3	4,5	-	11,1	-	7,7	-	-	-	-	-	-
	3 - USO PARCIAL NA PRODUÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	-	-
4 - EM FASE DE PESQUISAS	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	7,1	-	-	
5 - Descartado	72,7	68,2	55,6	55,6	84,6	69,2	75,0	75,0	57,1	42,9	33,3	33,3	
Nenhuma resposta	25,0	27,3	44,4	33,3	15,4	23,1	25,0	25,0	35,7	42,9	66,7	66,7	
Aproveitamento das Leveduras	1 - Venda	18,2	22,7	-	-	-	-	-	-	21,4	28,6	-	-
	2 - Uso intensivo na produção	13,6	11,4	22,2	33,3	7,7	7,7	75,0	75,0	14,3	28,6	11,1	22,2
	3 - Uso parcial na produção	2,3	4,5	-	-	-	7,7	25,0	25,0	7,1	7,1	11,1	22,2
	4 - Em fase de pesquisas	4,5	2,3	-	-	23,1	15,4	-	-	7,1	-	11,1	-
	5 - Descartado	38,6	31,8	22,2	33,3	53,8	53,8	-	-	14,3	21,4	22,2	11,1
	Combinação 1 e 2 (ver acima)	-	2,3	11,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Combinação 1 e 3 (ver acima)	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Combinação 3 e 4 (ver acima)	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nenhuma resposta	20,5	20,5	44,4	33,3	15,4	15,4	-	-	35,7	14,3	44,4	44,4
Aproveitamento da Torta de Filtro	1 - Venda	2,3	2,3	-	-	7,7	7,7	-	-	7,1	7,1	-	-
	2 - Uso intensivo na produção	54,5	72,7	77,8	66,7	23,1	76,9	75,0	75,0	50,0	64,3	33,3	44,4
	3 - Uso parcial na produção	11,4	6,8	-	-	30,8	-	-	-	-	-	11,1	-
	4 - Em fase de pesquisas	-	-	-	-	7,7	-	-	-	7,1	-	-	-
	5 - Descartado	11,4	6,8	-	-	23,1	15,4	25,0	25,0	-	-	-	-
	Combinação 1 e 2 (ver acima)	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	7,1	-	-
	Combinação 1 e 3 (ver acima)	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1	7,1	-	-
	Nenhuma resposta	20,5	11,4	22,2	33,3	7,7	-	-	-	21,4	14,3	55,6	55,6
Outros subprodutos	2 - Uso intensivo na produção	-	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 - Em fase de pesquisas	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Combinação de venda e uso intensivo na produção	2,3	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Não assinalou outro subproduto	95,5	90,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: Shikida (1997).

Nota: não foram diagnosticados casos de venda de vinhoto e de CO<sub>2</sub>. As combinações referem-se a mais de um uso. Por exemplo, combinação 1 e 2 implica no produto ser vendido e utilizado intensivamente na produção.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou o processo de geração de tecnologia na agroindústria canavieira do Brasil, no período de 1975 a 1995, abordando como essa tecnologia tem impactado a melhoria e o uso dos produtos e subprodutos gerados por essa agroindústria.

A tecnologia na agroindústria canavieira é gerada pelo Estado (por meio do extinto PLANALSUCAR), pelas cooperativas, pelas empresas privadas industriais e pelas próprias destilarias e usinas. Constatou-se que a COPERSUCAR é um bom exemplo de adoção de uma estratégia semelhante à estratégia ofensiva, ou seja, caracteristicamente intensiva em P&D e com elevado nível de pesquisa aplicada. As demais empresas da agroindústria canavieira oscilam entre as outras estratégias ressaltadas por Freeman: algumas grandes usinas paulistas não filiadas à COPERSUCAR adotam estratégia semelhante à defensiva (também intensiva em P&D, mas avessa ao risco) e boa parte das usinas e destilarias nordestinas, mineiras e fluminenses adota estratégia semelhante à dependente (que estabelece relação de dependência institucional e, ou, econômica com outras firmas) ou oportunista (em que a firma busca preencher nichos de mercado).

A tecnologia gerada e as dificuldades da agroindústria canavieira, a partir de 1986, têm permitido melhor aproveitamento dos subprodutos gerados nessa agroindústria. Esse maior aproveitamento de subprodutos ocorre no Estado de São Paulo, onde também se concentra o processo de geração de tecnologia. Não obstante, ainda há parcela expressiva dos subprodutos que são descartados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 96 (Anuário estatístico da agricultura brasileira). São Paulo, 1996. 392p.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1990 -, Rio de Janeiro.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BACEN). Setor externo da economia brasileira. Relatório de 1991, v.28, p. 78-120, 1992.
- Belik, W. A tecnologia em um setor controlado: o caso da agroindústria canaveira em São Paulo. Cadernos de Difusão de Tecnologia, v.2, n.1, p. 99-136, jan./abr. 1985.
- Benakouche, R. A tecnologia enquanto forma de acumulação. Revista Economia e Desenvolvimento, n.2, p. 11-48, 1981.
- Canto, W. L. do Sistema ponderal de conversões e determinação de margens de comercialização. Estudos econômicos - alimentos processados. Campinas: ITAL, 1986. 59p. n.22
- Carvalho, L. C.; CARON, D. Transferência de tecnologia na área canaveira. Boletim Técnico PLANALSUCAR. São Paulo: MIC/IAA/PLANALSUCAR, v.4, n.1, 16p. 1982.
- Carvalho, L. C. C. de A visão do setor sucroalcooleiro. In: FERNANDES, E. S. L.; COELHO, S. T. orgs. Perspectivas do álcool combustível no Brasil. São Paulo: USP - Instituto de Eletrotécnica e Energia, 1996. p. 28-48.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). Uso de energia na indústria de açúcar e álcool em Minas Gerais. Belo Horizonte: CEMIG, 1990. 79p.
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DA CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA (COPERSUCAR). Cana, açúcar e álcool. São Paulo: COPERSUCAR, 1989a. 55p.
- COOPERATIVA DOS PRODUTORES DA CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA (COPERSUCAR). Proálcool: fundamentos e perspectivas. São Paulo: COPERSUCAR, 1989b. 121p.

- Eid, F. Progresso técnico na agroindústria sucroalcooleira. *Informações Econômicas*, v.26, n.5, p. 29-36, mai. 1996.
- Freeman, C. Innovation and the strategy of the firm. In: FREEMAN, C. *The economics of industrial innovation*. Harmondsworth: Penguin Books Ltda, 1974. p.225-282.
- Freeman, C.; CLARK, J.; SOETE, L. *Unemployment and technical innovation*. London: Frances Pinter, 1982. 214p.
- Lima, J. C. de S. *A intervenção governamental no setor açucareiro: ênfase à problemática do subsídio de equalização*. São Paulo, 1992. 118p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.
- Lima, J. P. R. O Estado e a agroindústria canavieira do Nordeste: a acumulação administrada. *Revista Econômica do Nordeste*, v.19, n.4, p. 431-449, out./dez. 1988a.
- Lima, J. P. R. Estado e grupos não hegemônicos; o lobby sucroalcooleiro do Nordeste. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 16., Belo Horizonte, 1988. Anais. Brasília: ANPEC, 1988b. p. 579-598.
- Lima, J. P. R.; MELO, L. C. P. de Cana-de-açúcar no Nordeste; ostracismo tecnológico, caminhos alternativos e rebatimentos regionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 17., Fortaleza, 1989. Anais. Brasília: ANPEC, 1989. p. 1287-1301.
- Lopes, L. A. Vinte anos de Proálcool: avaliações e perspectivas. *Economia & Empresa*, v.3, n.2, p. 49-57, abr./jun. 1996.
- Macedo, I. de C. A tecnologia para o setor sucroalcooleiro: situação atual e perspectivas. In: FERNANDES, E. S. L.; COELHO, S. T. orgs. *Perspectivas do álcool combustível no Brasil*. São Paulo: USP - Instituto de Eletrotécnica e Energia, 1996. p. 57-64.
- MINISTÉRIO cria certificado para impedir fraudes de usineiros. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 2 ago. 1997. p.B-5.
- Moreira, E. F. P. *Expansão, concentração e concorrência na agroindústria canavieira em São Paulo: 1975 a 1987*. Campinas, 1989. 119p. Dissertação (M. S.) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas.

- Negri, B. Indústria brasileira de equipamentos para o setor produtor de açúcar e álcool: um estudo de oligopólio. *Revista de Economia Política*, v.1, n.3, p.83-105, jul./set. 1981.
- Nothenberg, M. Bactéria produz resina biodegradável de açúcar. *Plástico Moderno*, p. 28-33, set. 1995.
- NOVO açúcar beneficia diabéticos e obesos. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 9 mar. 1997. p. A-30
- Olaide, A. R. Desenvolvimento tecnológico e competitividade da indústria brasileira: a indústria sucro-alcooleira. Campinas: Relatório Final - Contrato - SCTDE/FECAMP/ UNICAMP-IE, 1993. 76p.
- Ramos, P. Um estudo da evolução e da estrutura da agroindústria canvieira do Estado de São Paulo (1930-1982). São Paulo, 1983. 258p. Dissertação (M. S.) - Escola de Administração e Economia, Fundação Getúlio Vargas/SP.
- Ramos, P. Agroindústria canvieira e propriedade fundiária no Brasil. São Paulo, 1991. 331p. Tese (Doutorado) - Escola de Administração e Economia, Fundação Getúlio Vargas/SP.
- Renault, C. M. A cana-de-açúcar e a agroindústria açucareira em Minas Gerais. Belo Horizonte: CEPA/MG, 1978. 131p.
- Rosenberg, N. Inside the black box: technology and economics. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 304p.
- Shikida, P. F. A. A evolução diferenciada da agroindústria canvieira no Brasil de 1975 a 1995. Piracicaba, 1997. 191p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Stalder, S. H. G. de M.; Burnquist, H. L. A importância dos subprodutos da agroindústria sucroalcooleira. *Preços Agrícolas*, n. 108, p. 8-9, out. 1995.
- Sznrecsanyi, T. O planejamento da agroindústria canvieira do Brasil (1930-1975). São Paulo: HUCITEC/UNICAMP, 1979. 540p.
- Sznrecsanyi, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canvieira no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, v.24, n.10, p. 73-81, out. 1994.

