

# Colheita Mecanizada e Adequação da Tecnologia nas Regiões Produtoras de Cana-de-açúcar<sup>1</sup>

TORQUATO, Sérgio Alves<sup>2</sup>  
FRONZAGILA, Thomaz<sup>3</sup>  
MARTINS, Renata<sup>4</sup>

## 1- Introdução

Este estudo tem por objetivo discutir algumas implicações da mecanização da colheita da cana-de-açúcar frente às diferenças regionais e a participação das Instituições de pesquisa nas regiões produtoras.

O tema é tratado a partir do levantamento de informações, junto aos vários agentes que atuam na cadeia de produção, na busca por comparar as condições de produção do Estado de São Paulo com as regiões produtoras do Nordeste Brasileiro, focando, especialmente, as semelhanças e as diferenças entre as regiões, e na identificação dos gargalos tecnológicos a serem vencidos a fim de manter a sustentabilidade econômica, social e ambiental da atividade canavieira. Como resultado traçou-se um *roadmap* tecnológico para a colheita mecanizada, considerando seus impactos em cada região.

Na próxima seção deste artigo tratamos dos referencias sobre prospecção e monitoramento tecnológico, com foco na técnica de *roadmapping*. Na terceira seção, a inovação da mecanização da colheita da cana crua é tratada do ponto de vista do progresso técnico associado à mudança institucional. A quarta seção traz resultados preliminares da construção desse trabalho, com a descrição dos principais caminhos condutores do processo inovativo da mecanização da colheita da cana crua. Na quinta seção, faz-se uma discussão sobre os resultados.

## 2- Roadmapping Tecnológico

O entendimento dos vários aspectos que envolvem o processo tecnológico torna-se uma estratégia fundamental para que os sistemas de produção se adaptem com agilidade às mudanças inerentes ao ambiente em que inserem.

Conforme apontam Anselmo e Karuse (2004), o conhecimento do ambiente só se torna possível como o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e gestão de

---

<sup>1</sup> Agradecemos ao Prof. Dr. Gerd Sparovek da ESALQ/USP por nos ter fornecido dados da declividade do solo cultivado com cana. Os dados, informações e opiniões expressadas neste artigo são de responsabilidade dos autores e não refletem a opinião das instituições às quais pertencem.

<sup>2</sup> Economista, Mestre em Economia, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (IEA/APTA). E-mail: storquato@iea.sp.gov.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Mestre em Administração, Analista da Secretaria de Gestão e Estratégia da (SGE) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. E-mail: Thomaz.fronzaglia@embrapa.br

<sup>4</sup> Administradora, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (IEA/APTA). E-mail: renata@iea.sp.gov.br

informações que permita o acompanhamento das tendências tecnológicas e forneça subsídios à tomada de decisões estratégicas em tecnologia.

O monitoramento tecnológico proposto por Porter et al. (2001) considera que a evolução tecnológica deriva das mudanças ocorridas em aspectos sócio-econômicos e que estes por sua vez influenciam diretamente no desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, enfatiza a necessidade da construção de dois grupos de informações classificadas em monitoramento contextual que se refere às informações sócio-econômicas e o monitoramento tecnológico que abriga informações sobre a evolução histórica da tecnologia e seus impactos.

As várias técnicas e métodos que têm por objetivo identificar e organizar informações que permitam subsidiar a tomada de decisão na construção de estratégias tecnológicas, muitas vezes, se relacionam entre si, dentre elas, está o método de *roadmapping* tecnológico (RMT). O RMT tem na flexibilidade e adequação a vários contextos sua principal vantagem para atingir o objetivo de auxiliar a integração estratégica do trinômio: tecnologia, produto e mercado (GARCIA e BRAY, 1997; PHAAL et al., 2004 ).

De acordo com Drumond (2005) a raiz desse método foi a indústria automobilística norte-americana, porém o processo obteve sucesso em grandes corporações de tecnologia como a *Motorola*, que no final da década de 70 e início dos anos 80, adotava uma abordagem focada na evolução e no posicionamento de suas tecnologias. A partir de então, observa-se a aplicação do RMT em quadro grandes áreas: tendências tecnológicas, roadmaps setoriais, intra-indústrias, de produtos e de tecnologias.

A partir das definições e considerações aqui colocadas, a condução deste estudo foi baseada no método RMT para produto específico, ou seja, a colhedora de cana-de-açúcar.

Os estudos prospectivos são parte importante do trabalho de construção do TRM, e partem sempre de um entendimento das relações entre os principais fatores motrizes do desenvolvimento dos cenários possíveis. A prospecção tecnológica deve compreender não somente o caminho e a convergência entre conhecimentos tecnológicos e sua viabilização institucional, mas também os impactos que este venha trazer nas diversas dimensões.

O contexto evolutivo, em suas diversas dimensões, deve ser descrito, retrospectivamente, em geral o dobro do tempo a que se quer fazer uma prospecção para se observar a relação entre os fatores e imaginar suas possíveis rupturas. Esse esforço é empreendido a seguir, em relação à agroindústria canavieira, focando a colheita mecanizada e seus desdobramentos na região nordeste do Brasil e no Estado de São Paulo.

### **3– O processo inovativo na colheita da cana crua: mudança institucional, progresso técnico e seus impactos**

A crescente preocupação mundial com os desdobramentos da geração e consumo de energia pauta a ampla discussão centrada em questões ambientais e na substituição das matérias-primas não renováveis, como o petróleo, por fontes renováveis, como a biomassa. Neste sentido, a agricultura vista até então como um setor voltado para a produção de alimentos, passa a fazer parte da agenda que envolve a geração e distribuição de energia, e sua sustentabilidade.

A ampliação das plantas industriais e a construção de novas usinas de açúcar e álcool resultam de decisões da iniciativa privada, a partir da demanda do combustível líquido: no Brasil, o lançamento dos veículos *flex-fuel*, a partir de 2003, deu um novo impulso ao álcool combustível, criando maior flexibilidade ao consumidor; no mercado internacional, a alta do preço do petróleo e o interesse dos países desenvolvidos em reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> por meio da adição de combustível renovável na gasolina.

Entretanto, as transformações mais visíveis são da atual expansão da produção agrícola canavieira, advinda da demanda do mercado interno brasileiro. Por conta dessa pressão de demanda, a safra 2007/08, no Brasil, produziu em torno de 475 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para a indústria, um aumento de 11,5% em relação à produção da safra passada que foi de 426 milhões de toneladas.

A área plantada com cana-de-açúcar, no Brasil, já passa de 7 milhões de hectares. As principais regiões produtoras de cana no Brasil, nesta ordem, são: Centro-Sul e Norte-Nordeste. O Nordeste brasileiro participa com cerca de 12,8% da produção brasileira total de cana-de-açúcar. Dentre os estados que formam a região, destacam-se: Alagoas respondendo por 5,63% da produção brasileira, Pernambuco com 3,71% e Paraíba com 1,32%. Os novos investimentos avançam em áreas da região Centro-Oeste, nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Já para o Sul do Brasil, relaciona-se o estado do Paraná, o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do país.

O estado de São Paulo ainda se mantém como maior produtor de cana-de-açúcar para indústria, sendo responsável por cerca de 60% do total produzido em território brasileiro e também, concentra grande parte dos centros de pesquisas voltados para o desenvolvimento de tecnologias para a agroindústria canavieira, além das organizações que coordenam a atividade, formando um robusto sistema inovação e governança o que propicia a discussão e implantação de políticas públicas específicas para o complexo sucroalcooleiro.

Dentre essas políticas, no estado de São Paulo, vêm sendo debatidas entre o poder público e as entidades de representação do setor desde a época do Proálcool, a questão ambiental, em função da deposição da vinhaça, uso da água, uso de agroquímicos, queimada da palha, além do uso da mão-de-obra.

Na década de noventa, com a desregulamentação dos mercados e com a sociedade civil organizada mais atuante, houve um processo de mudança institucional que se arrastou em meio a um longo percurso de investimentos públicos e privados em pesquisa, desenvolvimento e inovação, cujo resultado foi o progresso técnico que viabilizou a evolução tecnológica da reciclagem e reuso da água, controle biológico, e a mecanização do corte da cana crua.

Com o avanço tecnológico em busca de ganhos de eficiência, finalmente, viabilizou-se perfis de sistema de produção capazes de dispensarem a mão-de-obra nos processos de plantio, corte e carregamento<sup>5</sup>. Por conseqüência, eliminou-se a queimada do processo produtivo, uma vez que a cana passou a ser colhida crua. Portanto, foi um processo de mudança institucional bastante complexo, em que interesses ambientais são conflitantes com interesses sociais. Ao passo que o interesse econômico acabou conduzindo à sua eficiência, em detrimento do aspecto social representado pela menor demanda de mão-de-obra, concentração e intensidade de capital, mas com ganhos ambientais e de qualidade do trabalho.

Essa evolução tecnológica propiciou uma consertação entre iniciativa privada, poder público e sociedade civil, para se estabelecer um prazo para se eliminar definitivamente a queimada da cana. Esse compromisso refere-se ao Decreto Estadual 42.056/97, que previa eliminação em 8 anos da queimada nas áreas planas e em 15 nas áreas acima de 12% de declividade. Entretanto, como as disposições legais estão à mercê das forças sociais, esse prazo foi prorrogado<sup>6</sup>. O Decreto foi atualizado, posteriormente, na Lei Estadual 11.241/02, que por sua vez, foi aperfeiçoada pelo Decreto 4.700/2003, que torna mandatório o fim da queima de cana no Estado de São Paulo até 2021 para as áreas com declividade inferior a 12% e até 2031 para as áreas acima de 12% de declividade. Essa mesma Lei exige uma revisão periódica de índices técnicos para re-estabelecer a programação de redução da queimada.

A partir de 2006, com a expansão intensa de novas áreas de cana e com a tecnologia bastante melhorada, os olhos do mercado internacional se voltaram para a qualidade ambiental da *commodity* etílica. Passou-se a discutir os chamados Protocolos

---

<sup>5</sup> Um grupo de profissionais de Motomecanização do Setor Canavieiro formado por engenheiros de 50 usinas reúne-se mensalmente, desde 1986.

<sup>6</sup> “O decreto sendo uma norma específica para a queima tinha efeito imediato e sua aplicação provocou uma intensa movimentação dos segmentos diretamente atingidos, como os produtores de açúcar e de álcool e os fornecedores de cana. Por força disso, alguns anos depois, a Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo aprovou nova legislação, vetada pelo governador. O veto foi derrubado passando então a vigorar a Lei no. 10.547, de maio de 2000. O objetivo dela era adequar os prazos de eliminação aos limites vigentes em lei federal, estendendo para 20 anos (25% da meta a cada 5 anos), com início do prazo a contar da vigência da lei, ou seja, ganhando-se 4 anos de prorrogação. Os órgãos governamentais responsáveis pela fiscalização/aplicação utilizaram-se do Decreto 42.056 como regulamentador da Lei 10.547, repondo na prática seus prazos e protocolos de operação. Novamente houve intensa movimentação e articulação dos principais atores afetados, o que levou a aprovar-se a Lei no. 11.241, de 19/09/2002” “no primeiro ano de vigência com um mínimo de 20% de área cortada sem queima. Se os prazos do Decreto 42.056 tivessem sido obedecidos, haveria que se ter, em 2001, quarto ano pelo decreto, um percentual de 40% de área colhida com cana crua para a área mecanizável, parecendo então que as negociações levaram a um meio termo” Veiga Filho (2006).

Agro-ambientais, uma nova edição da consertação para englobar boas práticas de produção sucroalcooleira. O intuito dos protocolos é minimizar os impactos ambientais da atividade canavieira paulista e implica na adoção da colheita mecanizada, que como já especificado na legislação citada acima, consiste em uma tecnologia que apresenta limitações quanto à declividade do solo<sup>7</sup>. Os protocolos foram assinados entre as usinas, os produtores de cana e o Governo do Estado, e estipulam metas para antecipação do fim da queimada de cana para 2014 em áreas com declividade menor que 12% e para 2017 para as áreas com declividade superior a 12%.

Esse processo determina a demanda por mão-de-obra, uma vez que, a erradicação da queima por meio da mecanização elimina os postos de trabalho da colheita manual. A cana é uma das últimas grandes culturas a mecanizar-se, sendo que na década de noventa, a cana, juntamente com arroz, café, feijão, mandioca e milho respondiam por 70% da demanda de mão-de-obra, e sua mecanização acarretou uma redução de 21,5% da demanda total brasileira, sobrando espaço para uma redução de 60%. No decênio de 1990-2000, a área de cana no Brasil teve um acréscimo de 13,5% e a variação da demanda por mão-de-obra na cana foi negativa em -50,5%, muito acima da mandioca (-44,0%), do café (-42,5%), do milho (-9,1%), do arroz (15,3%) e do feijão (22,8%), sendo que todas essas tiveram expressivas reduções de área. Em 2000, a cana-de-açúcar respondeu por 9,6% da demanda de mão-de-obra agrícola, ficando atrás do milho (16,7%), do café (11,6%), do feijão (10,6%), da mandioca (10,0%), e do arroz (9,0%), com exceção da soja (5,8%) (BALSADI *et al*, 2002).

Pode-se observar, na Tabela 1, o aumento da demanda por mão-de-obra de cana-de-açúcar na região Centro-Oeste, manutenção nas regiões Sul e Sudeste, contrastados com a redução drástica nas demais regiões Norte e Nordeste, principalmente, pelo efeito conjuntural das safras do final do período, que acarretou forte retração da produção agrícola canavieira.

Até 1999, no Estado de Pernambuco, havia 15% da área de cana que permitia o uso da mecanização em todas as operações, enquanto 65% de área permitia um sistema de produção “semi-mecanizado” e o restante, 20%, totalmente manual. No final da década de noventa a região Centro-Sul contava com a maior parcela 70,44% da demanda por mão-de-obra na cana (MAIA E OLIVEIRA, 1999).

---

<sup>7</sup> construto de limitação técnica que será parâmetro para a prospecção neste trabalho em andamento.

**Tabela 1** - Demanda anual de mão-de-obra na cana, nas regiões brasileiras - 1990, 1995 e 2000.

Região	EHA			Part. (%)
	1990	1995	2000	2000
Norte	5.842	5.345	2.696	0,47
Nordeste	772.865	635.634	166.645	29,09
Centro-Oeste	25.495	33.530	45.004	7,86
Sudeste	315.354	350.767	320.416	55,93
Sul	38.569	54.692	38.170	6,66
<b>Total</b>	<b>1.158.125</b>	<b>1.079.968</b>	<b>572.931</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Dados de Balsadi *et al* (2002).

Por mais paradoxal que tenha sido, o processo de modernização que seguiu foi financiado com recursos públicos, inclusive advindos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), portanto, recursos que financiaram o seu próprio desemprego por meio das políticas de subsídio ao crédito para financiamento do investimento em máquinas e implementos<sup>8</sup>. Entretanto, não seria um processo em que todas as categorias de produtores estariam participando conforme assinala Gonçalves (1999):

*“A mecanização da colheita traz embutida a necessidade de adequação da escala do empreendimento para lavouras de, em média 500 hectares, numa situação em que 93% apresentam produções totais inferiores a 10 mil toneladas anuais, o que corresponde a uma área colhida menor que 150 ha. Esses fornecedores pequenos produzem 47% do total produzido pela categoria”*

Portanto, perderiam importância os fornecedores que tivessem áreas em declive que não permitissem a colheita mecanizada, ou estivessem fora da faixa de produção eficiente.

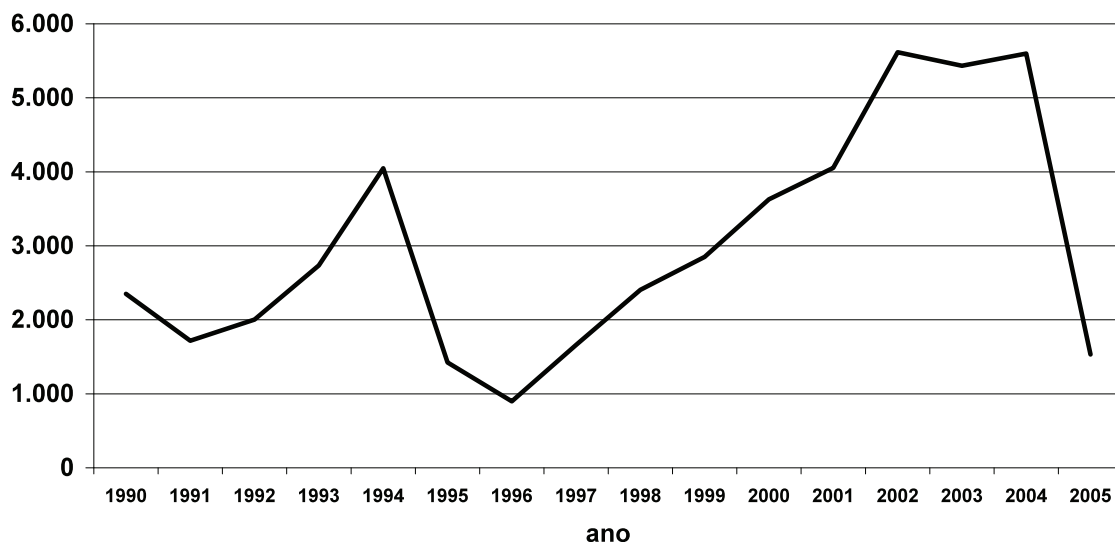
Balsadi *et al* (2002) ressalta que a parcela de produtores mais modernizada, que apesar de não ser a majoritária, tem participação majoritária no total da mão-de-obra empregada e têm renda suficiente e/ou acesso ao crédito para a aquisição das máquinas e implementos de última geração, portanto gera efeito de forte redução das ocupações agrícolas. Também há a possibilidade de as propriedades menores recorrerem à terceirização dos serviços de máquinas para as operações de colheita, e o fato de que a expansão da cana em novas áreas está sendo feita com elevados índices de mecanização em praticamente todas as regiões produtoras. Os prognósticos sugeriam a rápida redução da mão de obra em função da mecanização da colheita<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> A introdução das tecnologias para mecanização da colheita foi estimulada pela política de financiamentos com juros baixos pelo Fname Agrícola, pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) em sua finalidade de Investimento (BALSADI *et al*, 2002).

<sup>9</sup> *“A previsão é de serem colhidos, mecanicamente, 50% da área cultivada nos próximos dez anos no Estado de São Paulo. Um dos principais fatores responsáveis pela aceleração da mecanização da colheita da cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo, foi a proibição da queima antes desta operação de cultivo... ...A tendência é que toda a cana da região [Ribeirão Preto] venha a ser colhida mecanicamente até o ano de 2003. Segundo um levantamento da Associação de Motomecanização da Lavoura Canavieira, há 475 colhedoras de cana em operação, no Brasil, sendo 232 próprias para a colheita da cana sem queimar, das quais 197 estão no Estado de*

No Estado de São Paulo, a mecanização da colheita da cana crua, na região de Ribeirão Preto, reduziu 40% das queimadas até 2001 (BALSADI *et al*, 2002), passando a mais de 70% mecanizada em 2007. Pode-se observar a intensidade de investimentos do setor agrícola no início dos anos 2000, pelo número de colhedoras vendidas no mercado doméstico, Figura 1.

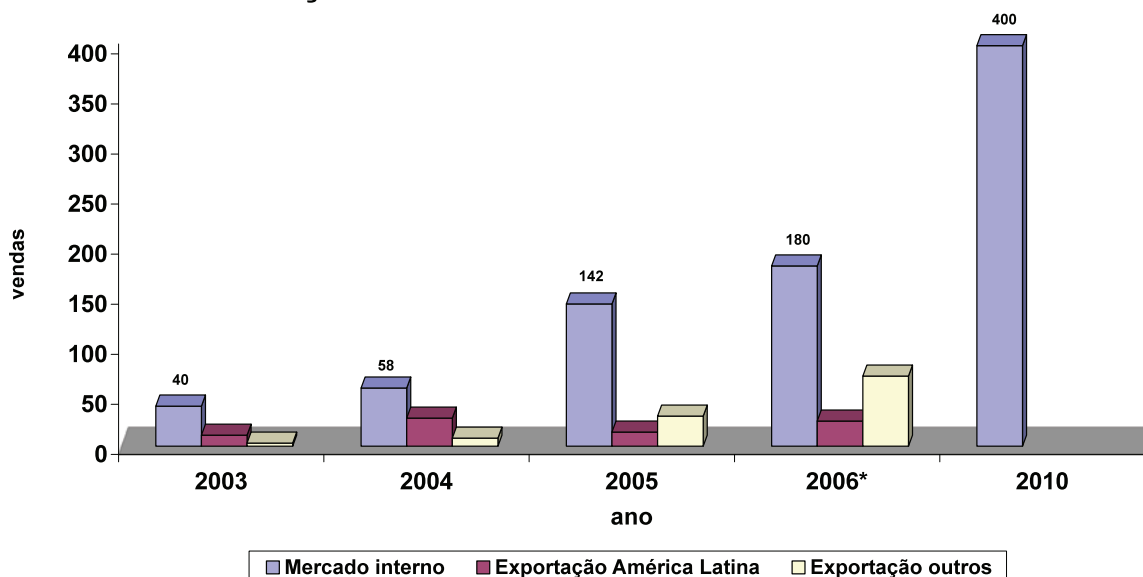
### Número de colheitadeiras vendidas no mercado Brasileiro 1990-2005



Fonte: Elaborado com dados de ANFAVEA (2006: 131).

Figura 1

### Evolução do mercado de colhedora mecanizada



Fonte: Gazeta Mercantil.

Figura 2

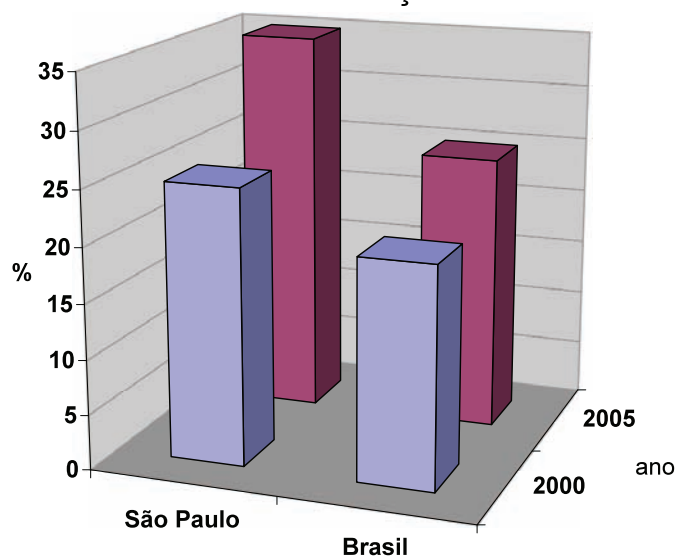
São Paulo. Uma máquina de colher cana crua corta, em média, 420 toneladas de cana por dia e a de cana queimada, 600. Um trabalhador colhe em média, de 4 a 6 toneladas por jornada, o que significa que cada máquina substitui cerca de 100 trabalhadores” Silva *et al* (1997).



Mesmo que todo o setor tenha sofrido uma ruptura na tendência com a crise que ocorreu em 2005, o segmento canavieiro estava em plena euforia, não só permaneceu investindo, como auferindo bons preços do açúcar. Esse movimento pode ser observado pela projeção de vendas de colhedoras de cana-de-açúcar no mercado doméstico, na Figura 2.

Entretanto, essa pujança em relação à modernização da colheita não ocorre na mesma proporção entre as regiões. O estado de São Paulo salta de 25% para 35% de áreas de cana com colheita mecanizada, sendo apenas 25% de cana crua, enquanto o Brasil sai de 20% para 25%, sendo apenas 20% sem queimar, de 2000 a 2005, respectivamente, Figura 3.

Evolução percentual da colheita mecânica no total da área colhida de cana-de-açúcar 2000-2005



Fonte: Gazeta Mercantil.

**Figura 3.**

Como consequência do bom desempenho do setor e sua forte expansão, no intervalo de 2001 a 2004, as pessoas ocupadas na cana de açúcar aumentaram para todas as categorias entre permanente e temporário, urbano e rural, totalizando um incremento de 17%, no período, com destaque para o maior incremento dos temporários urbanos (28,86%) e menor incremento para os temporários rurais (1,44%), Tabela 2.



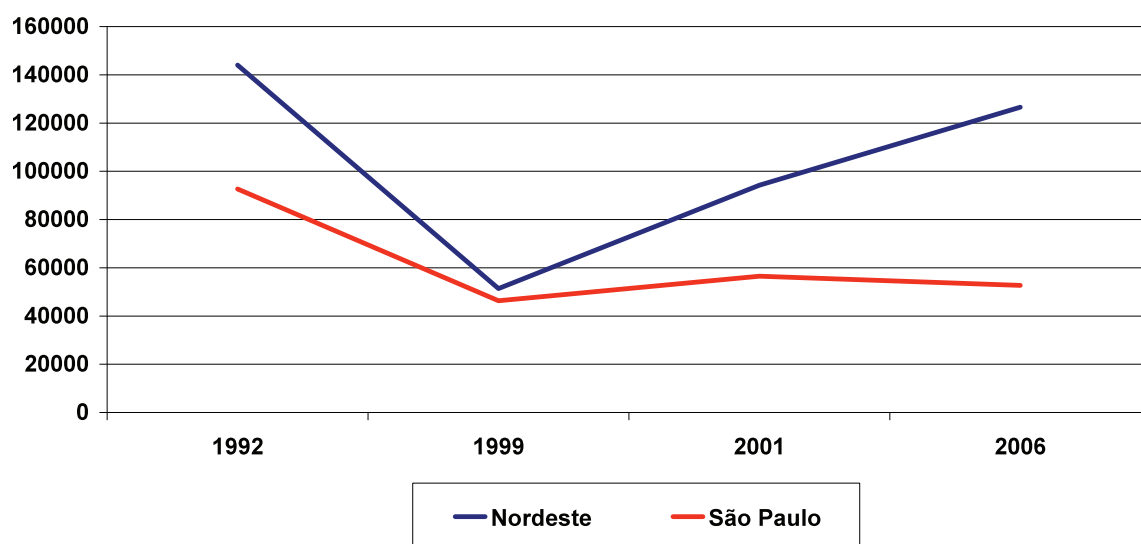
**Tabela 2** – Mão-de-obra na cana-de-açúcar por tipo, no Brasil entre 2001-2004.

Tipo de ocupação	Urbano			Rural			Total		
	2001	2004	Var. %	2001	2004	Var. %	2001	2004	Var. %
<b>Permanente</b>	115.186	139.044	17,16	98.455	112.436	12,43	213.641	251.480	15,05
<b>Temporário</b>	118.108	166.026	28,86	74.563	75.656	1,44	192.671	241.682	20,28
<b>Total</b>	233.294	305.070	23,53	173.018	188.092	8,01	406.312	493.162	17,61

Fonte: Elaborado a partir de dados de Balsadi (2007).

Entretanto, na análise regionalizada, a partir de 2001, percebe-se que esse fenômeno de aumento da demanda por mão-de-obra temporária, a qual é mais relacionada com a colheita da cana, é evidente na região Nordeste, enquanto no estado de São Paulo, a tendência de declínio da demanda de mão-de-obra temporária na cana permanece, Figura 4.

**Pessoas ocupadas nas amostras da Pnad para empregado Temporário na Cana-de-açúcar - SP e NE anos selecionados 1990-2006**



Fonte: Elaborado com dados de Balsadi (2008)

**Figura 4.**

Balsadi (2007) mostra também que todas as categorias de empregados na cultura da cana-de-açúcar tiveram aumento do Índice de Qualidade do Emprego (IQE), sendo o maior progresso relativo foi para os temporários rurais (5,2%). Porém, os permanentes e temporários urbanos têm um IQE muito maior do que os permanentes e temporários rurais. As melhorias no grau de formalidade também foram as mais relevantes para os temporários urbanos.

#### **4- Roadmap da colheita mecanizada de cana crua**

O objetivo do trabalho é avaliar e identificar as similaridades e discrepâncias de tecnologias de colheita mecanizada da cana nas regiões tradicionais e novas de São Paulo e do Nordeste e a participação das Instituições de pesquisa nas duas regiões

O método de RMT adotado foi estruturado em duas partes. A primeira definida como necessidades e capacidades tecnológicas, contempla os seguintes itens específicos: identificação do produto; identificação dos requisitos críticos; identificação das áreas tecnológicas a serem exploradas e especificação dos condutores tecnológicos.

A segunda etapa, estratégia de desenvolvimento tecnológico, visa identificar as alternativas tecnológicas e seus horizontes de tempo e recomendar caminhos tecnológicos.

A estrutura metodológica foi tratada com base no levantamento de informações, junto aos vários agentes que atuam na cadeia de produção, buscando comparar as condições de produção do Estado de São Paulo com as regiões produtoras do Nordeste Brasileiro, focando especialmente, as semelhanças e as diferenças entre as regiões, no sistema de colheita da cana-de-açúcar.

Outro aspecto abordado refere-se ao sistema de inovação presente nas regiões analisadas, buscando identificar a integração entre eles e a troca de experiência de tecnologia.

Em atenção à limitação da adoção colheita mecanizada, em áreas com declividade superior a 12%, utilizou-se o banco de dados que consolida informações sobre qualidade do solo e aptidão para mecanização nas várias regiões produtoras do Brasil e dados de 2006 dos municípios brasileiros que plantaram cana-de-açúcar, coletados junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Em relação à declividade do solo, no Estado de São Paulo, os municípios que detêm as maiores extensões de área plantada com cana-de-açúcar, na faixa de 87 a 40 mil ha, apresentam em média 94,6% de área onde a mecanização da colheita é adequada, a exceção é o município de Piracicaba com 80,3% de áreas mecanizáveis. Para a faixa de 40 a 30 mil ha, a média cai para 80 %, com destaque para o município de Batatais com 76% de área adequada à mecanização. Considerado o total da área plantada no estado, em torno de 90,5% são mecanizáveis, por outro lado, quando são reunidos os municípios que respondem por 75% da área plantada, o percentual cai para 68,3%, Tabela 3.

Na região Nordeste as áreas plantadas com cana onde a mecanização da colheita é viável são bem menores. Em Alagoas, o principal estado nordestino no plantio de cana, o município de Coruripe que responde por 11,4% do total da área alagoana plantada, possui 82,5% de aptidão à mecanização; em São Miguel dos Campos, a média de possibilidade de mecanização cai para 78,6%. Conforme a Tabela 3, quando considerado o total da área o

percentual médio de mecanização é de cerca de 61% e de 48,2%, quando reunidos os municípios que respondem por 75% do total da área plantada com cana.

**Tabela 3** – Área de colheita mecanizável (>12% de declividade) dos principais estados do nordeste brasileiro produtores de cana e do Estado de São Paulo.

Estado	Área de cana dos municípios que participam com 75% área de cana do estado		Área total de cana	
	ha	% mecanizável*	ha	% mecanizável*
Paraíba	89.200	63,34	116.115	80,93
Pernambuco	253.918	38,42	336.765	49,97
Alagoas	305.467	48,23	402.253	61,51
São Paulo	2.455.813	68,38	3.266.867	90,52
<b>Total</b>	<b>3.104.398</b>	<b>63,80</b>	<b>4.122.000</b>	<b>84,10</b>

Fonte: Elaborado a partir de dados do IBGE, para área plantada com cana no ano de 2006.

Em Pernambuco, o estado que apresenta os menores percentuais de áreas favoráveis à mecanização, em média 49,9% (Tabela 3), o município de Itambé apresenta 66,4% de áreas mecanizáveis e o município de Goiana 77,8%, ambos respondem por cerca de 12% do total de área pernambucana plantada com cana-de-açúcar. Na consolidação das informações dos municípios que participam de 75% da área total plantada o percentual favorável a mecanização cai para 38,42%.

O município de Pedras de Fogo, responsável por 25% do total da área plantada com cana no Estado da Paraíba, apresenta cerca 78,4% de aptidão à colheita mecanizada. A média paraibana para mecanização é de 80,93% e quando considerados os municípios que representam 75% da área com canaviais a média cai para 63,3% (Tabela 3).

#### 4.1- Sistema de inovação canavieira

A iniciativa privada tem importante participação nesse sistema, representada pelas empresas de máquinas e implementos agrícolas, como John Deer (produtos CAMECO), Case New Holland – CNH (produtos CASE), AGCO ALLIS Massey Ferguson.<sup>10</sup> O Centro de Tecnologia Canavieira – CTC é uma das mais importantes instituições privadas de pesquisa e desenvolvimento no setor sucroalcooleiro, que têm grande inserção junto ao setor produtivo em todo o Brasil, uma vez que, mais de 100 usinas são mantenedoras da instituição e usuárias dos produtos tecnológicos.

Entre as instituições de ciência e tecnologia, a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), da Secretaria de Agricultura de São Paulo, é composta de seis institutos de pesquisa e 15 pólos regionais. O Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio da Cana, sediado em Ribeirão-Preto, articula as atividades em cana de açúcar descentralizada nas unidades de pesquisa da APTA. O Instituto Agrônomo – IAC tem uma unidade de mecanização e automação em Jundiaí (SP) que atua com pesquisas sobre

<sup>10</sup> Na área de processamento industrial destaca-se a DEDINI.

colheita mecanizada na cana. A interação com outras organizações<sup>11</sup>, apresenta-se complexa em diversas linhas de pesquisas, regiões e objetivos incluindo beneficiários como cooperativas de fornecedores de cana, Universidades, a EMBRAPA e empresas privadas<sup>12</sup>.

#### **4.2- Aspectos ambientais**

O principal incentivo para a substituição dos combustíveis fósseis pelo biocombustíveis como o etanol, está na menor emissão de partículas poluentes no meio ambiente, vistas então como causadoras das mudanças climáticas, e nos efeitos líquidos positivos em relação à absorção de CO<sub>2</sub>. Dessa forma, a queima da cana para a sua colheita vem em sentido contrário a esse princípio e seus efeitos na qualidade do ar nas áreas urbanas e rurais. Porém, deve-se considerar que todo o processo de colheita mecanizada da cana favorece a compactação do solo, causada especialmente pelo peso das máquinas e equipamentos utilizados atualmente. Entretanto, a colheita da cana crua permite que se deixe uma cobertura no solo, protegendo-o contra a perda de solo e melhorando suas características de fertilidade e diminuindo a incidência de plantas invasoras. Ainda assim, essa condição de cobertura do solo favorece o aparecimento de pragas e com elas a aplicação de defensivos agrícolas.

#### **4.3- Aspectos econômicos**

Segundo Veiga Filho (1998), os aspectos econômicos tanto são influenciados por fatores do lado da demanda, compreendidos pelos custos dos sistemas de corte, nível de rentabilidade setorial e valor dos investimentos, como por fatores situados no lado da oferta da tecnologia, que abarcam a eficiência técnica, complementaridades tecnológicas, capacitação, legislação e limitações físicas de solo e clima.

De acordo com Moraes (2007), a produtividade com a colheita manual cai (em média de 6 toneladas por dia por empregado para 3 toneladas por dia por empregado), o que inviabiliza a adoção desta prática em ambiente de livre mercado, além do fato de as próprias

---

<sup>11</sup> Dentre estas organizações citadas, participam do sistema paulista a UNICAMP, UNESP e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), uma empresa pública do estado de São Paulo, com desenvolvimento nas áreas de bioquímica de fermentação industrial e serviços de análises laboratoriais de álcool. A Universidade Federal de São Carlos (UFScar) mantém o programa de melhoramento genético no Centro de Ciências Agrárias (CCA) e de tecnologia agroindustrial. A Universidade de São Paulo (USP) passa a incorporar a extinta Faculdade de Engenharia Química de Lorena – FAENQUIL que passou a constituir Escola de Engenharia de Lorena (EEL), que desenvolve pesquisa microbiológica em biotecnologia industrial oferecendo suporte aos processos de fermentação. Outras escolas da USP como a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ têm mantido programas de pesquisa voltados ao setor. O sistema nacional de inovação sucroalcooleiro ainda conta com a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucoalcooleiro (RIDESA), dando continuidade ao programa de pesquisa em melhoramento genético do Planalsucar, iniciada em 1991, formada por 7 universidades federais com 12 estações experimentais.

<sup>12</sup> Na área de desenvolvimento de variedades de cana, o Banco do Grupo Votorantim administradora o fundo de investimento Votorantim Novos Negócios, cujo portfólio é composto por negócios nos setores de ciência da vida e tecnologia da informação. Dentre eles estão a Alellyx e Canaviallis. A Alellyx Applied Genomics, fundada em 2002, em Campinas (SP), por cientistas brasileiros pioneiros em genômica de plantas e de fitopatógenos, para aumentar a competitividade da cana-de-açúcar, laranja e eucalipto. A Canaviallis foi criada por ex-pesquisadores da UFScar, que participaram do Programa Nacional de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar dentro do

convenções coletivas de trabalho estipulem que o corte manual deve ser de cana queimada, tendo em vista as dificuldades no corte manual da cana crua. A colheita mecânica da cana crua é economicamente mais eficiente, dados os menores custos de produção. Porém conforme apontam Mello e Harris (2003), as colhedoras cortam a cana crua em sua base pelo impacto, usando um disco rotativo com múltiplas lâminas, neste processo ocorrem perdas de 10 a 15%, por conta dos danos causados na cana colhida e na soqueira<sup>13</sup>. Embora, apresente perdas quando comparada à colheita manual, o processo mecanizado torna-se de menor custo e mais eficiente. Nesse aspecto deve-se considerar, também, que além do bagaço, a palha da cana crua também está sendo utilizada como matéria-prima para a co-geração de energia nas usinas processadoras.

Conforme menciona, Lima e Sicsú, (2001) alguns fatores favorecem o Centro/Sul, no aspecto econômico que podem ser relevantes como melhores condições físicas, ou seja, solos férteis e planos e clima propício. Pesam também o ambiente econômico mais estimulador de mudanças tecnológicas, com maior esforço de pesquisas, que se traduzem na adaptação e introdução de variedades de cana mais produtivas, menores custos agrícolas, entre outras vantagens. A maior lucratividade do segmento, por sua vez, encoraja mais investimentos em busca de maior eficiência, fechando o círculo que leva ao crescimento que são fatores estimulantes para o fortalecimento da mecanização da colheita. Especialmente em São Paulo, o custo da colheita mecanizada da cana pode ser até 30% mais barato que da colheita manual, portanto, o processo de mecanização da colheita da cana-de-açúcar nesse estado pode, ao se considerar o valor médio estadual de R\$ 3,30 pagos por tonelada colhida, eliminar o pagamento de uma massa salarial estimada no valor de R\$ 616,7 milhões, que refletem sobre os setores de comércio e serviços, principalmente, no âmbito dos municípios que alojam os cortadores de cana.

No Norte/Nordeste, as condições físicas apresentam-se menos favoráveis, com solos declivosos e pluviosidade às vezes insatisfatória. A presença de condições de solo e de chuvas é por vezes desconhecida. Onde há maior pluviosidade observam-se solos mais úmidos, havendo nas regiões mais planas muitas vezes deficiências pluviométricas. Dificultando a adoção mais acelerada de mecanização da lavoura com os atuais níveis tecnológicos. Mesmo assim, estes fatores não explicam tudo.

#### **4.4- Aspectos sociais**

Segundo Fredo et al. (2008), estima-se que a introdução de máquinas na colheita da cana-de-açúcar desemprega cerca de 2.700 pessoas por safra para cada um por cento de área mecanizada. A introdução da colheita mecanizada tem causado um aumento do

---

Planalsucar do IAA. Desenvolve variedades de cana e implementa o processo de produção nas usinas, desde o diagnóstico até a escolha da variedade, a propagação e a gestão do canavial.

<sup>13</sup> O sistema de produção da cana-de-açúcar permite o corte de ciclos, em média até 6 cortes mantendo a mesma soqueira.

desemprego de mão-de-obra pouco qualificada no estado de São Paulo, porém com aumento da demanda para as novas funções advindas da mecanização. Entretanto, somente 15% dos cortadores de cana seriam absorvidos para essas novas funções, pois há dificuldade de retorno ao mercado de trabalho até mesmo em outros setores econômicos.

Para que se tenha uma eficiência nas políticas públicas voltadas para o setor é fundamental conhecer o perfil desse trabalhador, no que diz respeito à sua origem, gênero, grau de instrução e faixa etária, para uma política eficaz de realocação. Mais do que isso, é preciso conhecer também o perfil dos outros grupos de trabalhadores inseridos na cadeia de produção da cana, como tratoristas, operadores de máquinas e supervisores, além de outras ocupações agrícolas e não-agrícolas.

## **5- Considerações Finais**

Alternativas tecnológicas estão surgindo para o emprego de implementos de corte mecânico para áreas em declive maior que 12%, com maior uso de mão-de-obra que a mecanização convencional da colheita, portanto com menor impacto social (BRAUNBECK e OLIVEIRA, 2006). Entretanto, para que esse tipo de inovação ocorra, é imprescindível direcionar os programas de financiamentos com juros reduzidos a custo público a essas tecnologias que diminuem o custo social, em maior vantagem que os financiamentos mais desempregadores da mão-de-obra.

Há espaço para avanços tecnológicos no corte da cana para não comprometer a soqueira, para evitar perdas, para superar a limitação da declividade, para diminuir a compactação do solo, e para reduzir o custo do investimento. Enquanto essas inovações vêm ocorrendo incrementalmente, a sociedade do estado de São Paulo vem exigindo a eliminação da queima da cana, o que tem se tornado uma realidade, gradualmente, nas regiões mais planas. As regiões que ainda não aderiram à mecanização da colheita da cana crua, por questões tecnológicas, econômicas ou institucionais, deverão invariavelmente, buscar alternativas que permitam a colheita sem a queima, tanto para se adaptar às demandas da sociedade, quanto para que se mantenham economicamente viáveis frente à secular pressão de competição de novas regiões canavieiras. Nessas regiões tradicionais, as condições são mais complexas e, portanto, mais criativas deverão ser suas soluções.

Existe a necessidade de políticas públicas regionalizadas, pois as realidades das regiões são muito distintas, especialmente em relação às condições sociais, tecnológicas, topográficas, edafoclimáticas e capacidade de investimento. Embora o sistema de inovação esteja concentrado no Estado de São Paulo existe a troca de tecnologia e de experiências entre as regiões produtoras.



## Referências bibliográficas

- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. Capítulo 3 - Máquinas agrícolas automotrizes - Produção, vendas internas e exportações. pp.131, 2006.
- ANSELMO, J. L.; KRAUSE, W. G. Maturidade em inteligência tecnológica: o caso Promon. In: *XXIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica*, Curitiba, outubro de 2004.
- BALSADI, O. V.; BORIN, M. R.; SILVA, J. G.; BELIK, W. Transformações Tecnológicas e a Força de Trabalho na Agricultura Brasileira. *Agricultura em São Paulo (Revista de Economia Agrícola)*. SP, 49 (1) : 23-40, 2002.
- BALSADI, O. V. Mercado Assalariado na Cultura da Cana-de-açúcar no Brasil no Período 1992-2004. *Informações Econômicas*. SP, v. 37, n.2, 38-54, fev., 2007.
- BALSADI, O. V. **O mercado de trabalho assalariado na cultura de cana-de-açúcar no período 1992-2006**. Relatório de Pesquisa. Brasília: FAO, 2008.
- BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Colheita De Cana-De-Açúcar Com Auxílio Mecânico. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v.26, n.1, p.300-308, jan./abr. 2006
- DRUMMOND, P. H. F. **O planejamento tecnológico de uma empresa de base tecnológica de origem acadêmica por intermédio dos métodos de Technology Roadmapping (TRM), Thecnology Stage-gate (TSG) e o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) tradicional**. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia de Produção – UFMG, 2005.
- FREDO, C. E. et. al. Índice De Mecanização Na Colheita Da Cana-de-Açúcar No Estado De São Paulo E Nas Regiões Produtoras Paulistas, Junho De 2007. *Análises e Indicadores do Agronegócio*. SP. V.3, n.3, março de 2008.
- GARCIA, M. L.; BRAY, O. H. **Fundamentals of Technology Roadmapping**. Strategic Business Development Department. Sandia National Laboratories. SAND97-0665. UC-900. 1997.
- GONÇALVES, J. S. Avanço da mecanização da colheita e da exclusão social na produção canavieira paulista nos anos 90. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*. Brasília, v. 16, n. 1, p. 67-86, jan./agr. 1999.
- LIMA, J. P. R e SICSÚ, A. B. Revisitando o setor sucro-alcooleiro do Nordeste: o Novo Contexto e a Reestruturação Possível. *Estudos Infosucro*, nº 4. NUCA- IE-UFRJ, 2001.
- MAIA, S. F.; OLIVEIRA, A. C. S. Análise da Produção da Cana-de-Açúcar no Estado de Pernambuco: Uma Abordagem pelos Custos dos Recursos Domésticos (Crd). *Revista Econômica do Nordeste*. Fortaleza, v. 30, n. Especial, 468-482, dezembro, 1999.
- MELLO, R. C.; HARRIS, H. Desempenho de cortadores de base para colhedoras de cana-de-açúcar com lâminas serrilhadas e inclinadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.7, n. 2, p. 355-358, 2003.
- MORAES, M. A. F. D. O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. *Revista de Economia Aplicada*, Ribeirão Preto - SP, v. 11, out/dez. 2007.
- PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D. Technology Roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*, 71, p. 5–26, 2004.
- PORTER, A. L. et al. Monitoring. In: **Forecasting and Management of Technology**. New York: Wiley Interscience, 1991.
- SILVA, J. G.; BALSADI, O. V.; DEL GROSSI, M. E. O emprego rural e a mercantilização do espaço agrário. *São Paulo em Perspectiva*. 11(2) 1997.
- VEIGA FILHO, A. A. Estudo do processo de mecanização do corte na cana-de-açúcar: o caso do estado de São Paulo, Brasil.
- 
- \_\_\_\_\_. **Comentários sobre aspectos técnicos e políticos das queimadas da cana**. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Departamento de Descentralização do Desenvolvimento. Pólo Regional do Cetro Oeste – UPD de Piracicaba. 2006.
- 
- \_\_\_\_\_. **Mecanização da colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma fronteira de modernização tecnológica da lavoura**. (dissertação de mestrado). Campinas: UNICAMP, 1998. 127p.