

**SÉRGIO ALVES
TORQUATO***

condicionantes e impactos da colheita
mecanizada em alguns estados
produtores de cana-de-açúcar

**THOMAZ
FRONZAGLIA****

RENATA MARTINS***

*Economista,
Mestre em
Economia,
Pesquisador
Científico do
Instituto de
Economia Agrícola
(IEA/APTA)

**Eng. AMgrônomo,
Mestre em
Administração,
Analista da
Secretaria de
Gestão e Estratégia
da (SGE) da
Empresa Brasileira
de Pesquisa
Agropecuária -
Embrapa

***Administradora,
Pesquisadora
Científica do
Instituto de
Economia Agrícola
(IEA/APTA)

RESUMO

O protocolo paulista agroambiental, dentre várias diretrizes, reduz a data limite para a eliminação da queimada da cana, o que induz à adoção da colheita mecanizada. Este estudo tem por objetivo discutir algumas implicações frente a necessidade da utilização dessa tecnologia. O tema será tratado a partir do 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, focalizando especialmente, as semelhanças e as diferenças entre as regiões, apontando os gargalos tecnológicos a serem vencidos a fim de manter a sustentabilidade da atividade canavieira.

PALAVRAS-CHAVE

Cana-de-açúcar. Mecanização. Protocolo.

ABSTRACT

An example is the agro-environmental protocol in the state of São Paulo, among various guidelines, reduces the deadline for the elimination of sugarcane burning, which has led to the adoption of mechanical harvesting. The purpose of this paper is to discuss some implications as to the need for this technology. The topic will be addressed from information collected with several institutions working in the production chain, aiming to compare the production conditions in the State of Sao Paulo to those in the productive regions of Northeastern Brazil. This study focuses especially on the similarities and on the differences between the regions, pointing to the technological problems to be overcome in order to maintain the sustainability of sugarcane cultivation.

KEY WORDS

Sugarcane. Mechanization. Protocol.

INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo discutir algumas implicações da mecanização da colheita da cana-de-açúcar frente às diferenças regionais de São Paulo e do Nordeste, e a participação das Instituições de pesquisa nessas regiões.

O tema é tratado a partir do levantamento de informações, junto aos vários agentes que atuam na cadeia de produção, e verificar 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, na busca por identificar os 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, são tratados os referenciais sobre a inovação do ponto de vista do progresso técnico associado à mudança institucional. Na terceira seção, descreve-se a metodologia, abordando técnicas de prospecção e monitoramento tecnológico e *roadmapping*. A quarta seção traz resultados preliminares da construção desse trabalho, com a quantificação dos principais fios condutores do processo inovativo da mecanização da colheita da cana crua. Na quinta seção, faz-se uma discussão sobre os resultados, limitações e propõem-se ajustes ao desenvolvimento deste trabalho.

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 se 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 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 socioeconômicos 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 socioeconômicas e o monitoramento tecnológico que abriga informações sobre a evolução histórica da tecnologia e seus impactos.

As várias técnicas e métodos que tem 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 na adequação a vários contextos sua principal vantagem para atingir o objetivo de auxiliar a integração estratégica do trinômio tecnologia, produto e mercado (PHAAL, *et al.*, 2004).

De acordo com Drumond (2005), em referência à Probert & Radnor (2003) e à Kappel (2001); 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 centrada na evolução e no posicionamento de suas tecnologias. A partir de então, observa-se a aplicação do RMT em quatro grandes áreas: *science/technology* (tendências tecnológicas gerais); *industry/roadmaps* (inter-empresarial); *product/technology* (produto específico) e *product roadmaps* (evolução de produtos).

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 esta 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, focalizando a colheita mecanizada e seus desdobramentos na região nordeste do Brasil e no Estado de São Paulo.

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 sustentabilidade¹.

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; e no mercado internacional, provocou a alta do preço do petróleo e o interesse dos países desenvolvidos em reduzir a emissão de CO₂ por meio da adição de combustível renovável na gasolina.

Entretanto, as transformações mais visíveis são da atual expansão da produção agrícola canavieira, principalmente em São Paulo e no Centro Oeste, que ainda são advindas da demanda do mercado interno brasileiro. Por conta dessa pressão de demanda, a última safra 2009/2010, no Brasil, produziu

¹ Isso evidencia, conforme apontado por Paterniani (2001), que muito embora a agricultura moderna, baseada em alto desenvolvimento tecnológico, aumente a produtividade e de certa forma proteja e economize o meio ambiente, há uma crescente preocupação em minimizar danos. O que tem levado à intensa discussão sobre o que vem a ser agricultura sustentável. Na agricultura, o conceito de sustentabilidade não é estático, ou seja, não basta manter ou aumentar os níveis de produção, sendo o conceito dinâmico mais apropriado para atender à evolução e ao desenvolvimento da sociedade, em que a sustentabilidade deve considerar mudanças temporais nas necessidades humanas, bem como uma adequada percepção da relação ambiental com a produção agrícola (PATERNIANI, 2001). A partir do exposto, pode-se inferir que a sustentabilidade da produção canavieira concentra-se em três dimensões, a econômica, a social e a ambiental e que as mudanças tecnológicas podem influenciar de forma decisiva os parâmetros para atender o conceito dinâmico de agricultura sustentável.

em torno de 592 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para a indústria, um aumento de 3,8% em relação à produção da safra passada que foi de 572 milhões de toneladas. Diferente das safras anteriores que vinham em um processo de expansão com taxas bem maiores, de 8 a 10% ao ano, comparadas às registradas atualmente, isto devido aos retornos bem menores daqueles programados no início do *boom* de expansão. Após maciços investimentos adquiridos junto ao mercado financeiro, propiciou-se a ampliação da capacidade produtiva e da expansão geográfica da atividade no Centro-sul brasileiro.

A área plantada com cana-de-açúcar, no Brasil, já passa de 7,5 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 9,3% da produção brasileira total de cana-de-açúcar na última safra, registrando uma queda em relação a safra 2008/2009 onde a participação era de 11,2%. Dentre os Estados que formam a região, destacam-se: Alagoas respondendo por 3,9% e 42,4% da produção brasileira e nordestina respectivamente; Pernambuco com 2,65% e 28,3%; e Paraíba com 0,94% e 10,3%.

O crescimento da área de cana-de-açúcar tem superado as fronteiras das regiões e estados mais tradicionais no plantio da mesma, como é o caso da região litorânea e da Zona da Mata do nordeste brasileiro e a de região de Piracicaba e Ribeirão Preto no Estado de São Paulo em busca de terras mais adequadas para a sistematização da colheita mecanizada.

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. 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 de inovação e governança, propiciando 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, o uso da água, o uso de agroquímicos, a queimada da palha, a preservação do solo, 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 carregamento². Por consequência, elimina-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 concertação 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 42.056/1997, 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 prorrogado³. O Decreto foi atualizado, pos-

² Um grupo de profissionais de Motomecanização do Setor Canavieiro formado por engenheiros de 50 usinas reúne-se mensalmente, desde 1986.

³ “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 Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo aprovou nova legislação, vetada pelo governador. O veto foi derrubado passando então a vigorar a Lei N. 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 N. 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).

teriormente, na Lei Estadual 11.241/2002 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 reestabelecer a programação de redução da queimada.

A partir de 2004, 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 do etanol.

Passou-se a discutir os chamados Protocolos Agroambientais, uma nova edição da concertação 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 anteriormente, consiste em uma tecnologia que apresenta limitações quanto à declividade do solo, construto de limitação técnica que será parâmetro para a prospecção neste trabalho. Os protocolos foram assinados entre as usinas representados pela Única (União da Indústria da Cana-de-açúcar) e os produtores de cana representados pela Orplana (Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-sul do Brasil) 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 continua a determinar de forma decisiva e demanda por mão-de-obra, uma vez que a erradicação da queima limita a participação de um grande contingente de trabalhadores até então empregados na colheita manual.

Balsadi *et al* (2002) mostra que: “no período 1990-2000, em função das mudanças tecnológicas, principalmente, com a mecanização da colheita das grandes culturas, houve uma redução significativa de 21,5% na demanda global de mão-de-obra na agricultura brasileira. No período considerado, apenas seis culturas responderam por cerca de 70% do total da demanda: arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, mandioca e milho. Algumas simulações feitas para avaliar o efeito da utilização das tecnologias mais modernas em todas as áreas produtoras das principais culturas, principalmente a mecanização da colheita, evidenciaram que ainda pode haver redução de cerca de 60% na demanda total de mão-de-obra agrícola.”

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 do café (-42,5%), do milho (-9,1%), da mandioca (-44,0%), do arroz (15,3%) e do feijão (22,8%), sendo que todos esse 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).

Quando do exame das disparidades regionais em termos de viabilidade econômica dada pelo custo de oportunidade e de produção agrícola canavieira, Maia e Oliveira (1999) comparam as vantagens de cultivo nos estados de Pernambuco e São Paulo e conclui que seis regiões do Estado de Pernambuco eram insustentáveis economicamente.

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.

TABELA 1
Demanda anual de mão-de-obra na cana, nas regiões brasileiras – 1990, 1995 e 2000

Região	EHA			Part. (%) 2000
	1990	1995	2000	
Região 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
Total	1.158.125	1.079.968	572.931	100,00

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 implementos⁴. 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 permitisse a colheita mecanizada, ou estivessem fora da faixa de produção eficiente.

Balsadi *et al* (2002) ressalta que a parcela de produtores mais modernizada, apesar de não ser a majoritária, tem participação maior 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. Em São Paulo, a partir do protocolo agroambiental, as áreas de expansão devem ser feitas sistematizadas para 100% com colheita mecanizada.

Diversos prognósticos para o setor sucroalcooleiro haviam sido feitos sugerindo a redução da mão de obra em função da mecanização da colheita: “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 opera-

⁴ A introdução das tecnologias para mecanização da colheita foi estimulada pela política de financiamentos com juros baixos pelo Finame 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 (com recursos, diga-se de passagem, do Fundo de Amparo ao Trabalhador - FAT) (Balsadi *et al*, 2002).

ção de cultivo. Somente na região de Ribeirão Preto, houve um aumento de 30% nas colhedoras de cana crua em operação, que colhem 15% da safra regional. Além de um ar mais limpo, o resultado foi a redução da demanda da força de trabalho de 1,7 mil trabalhadores nas usinas da região. A tendência é que toda a cana da região 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 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)

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, FIG. 1. 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 FIG. 2.

FIGURA 1 – Número de colhedeiras vendidas no mercado brasileiro 1990-2005

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

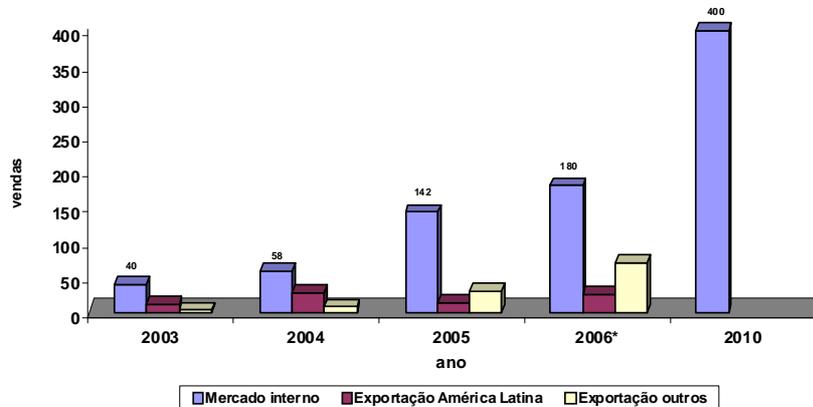


FIGURA 2 – Evolução do mercado de colhedora mecanizada
 Fonte: Gazeta Mercantil.

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, FIG. 3.

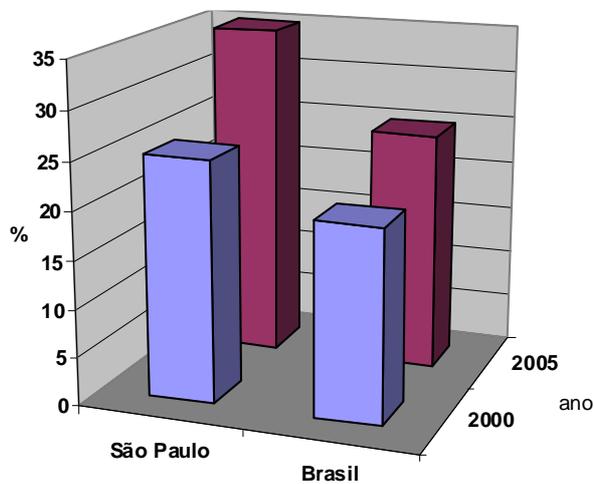
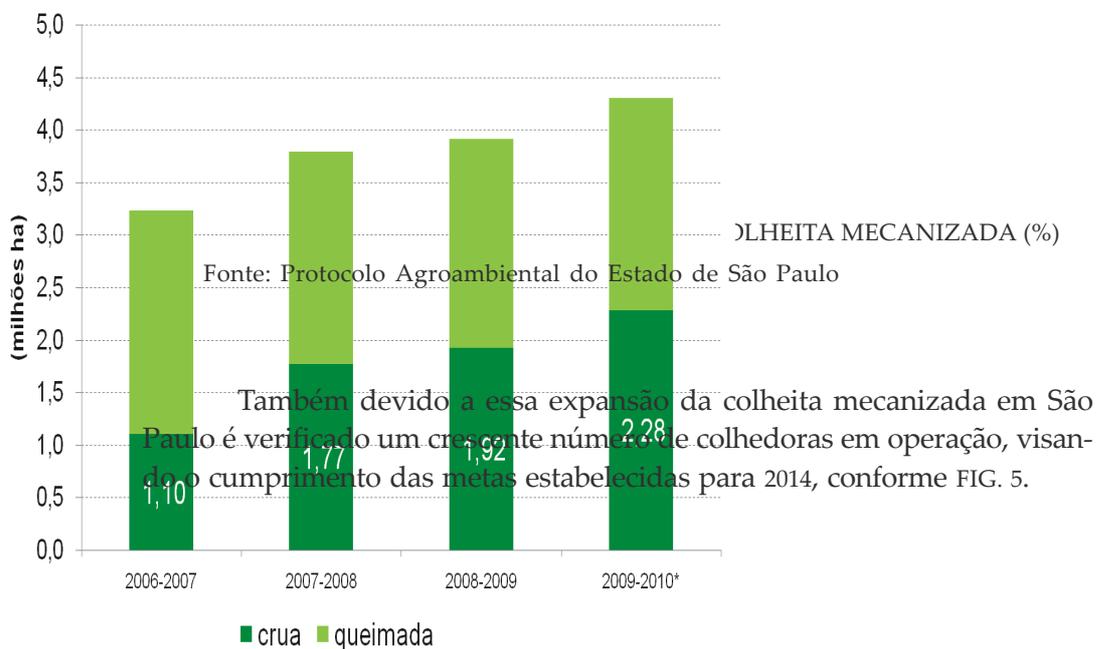


FIGURA 3 – Evolução percentual da colheita mecânica no total da área colhida de cana-de-açúcar 2000-2005

Fonte: Gazeta Mercantil.

A partir de 2007, houve uma aceleração dos investimentos das unidades produtoras de açúcar e álcool em ampliar seu parque de colhedoras e máquinas para adequação às metas estabelecidas no protocolo agroambiental acordado entre a Única e o governo de São Paulo. Conforme pode ser observado, houve um aumento gradual no percentual de área colhida mecanicamente em São Paulo, FIG. 4.



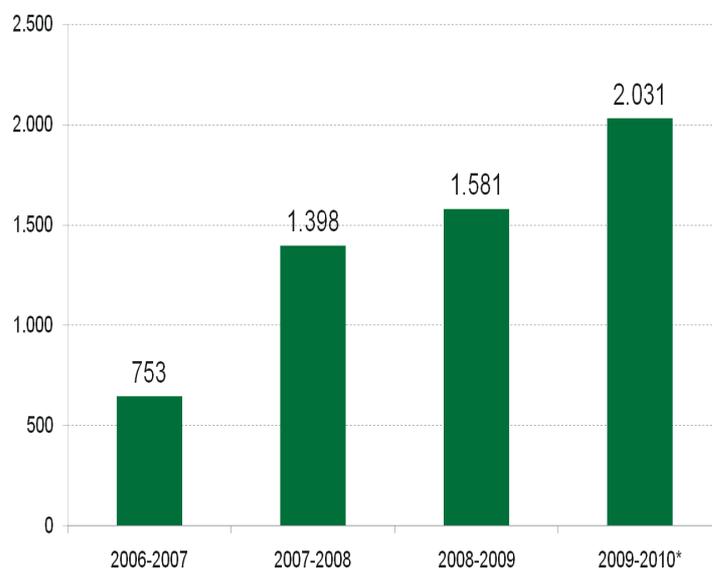


FIGURA 5 – Número de colhedoras para atendimento das metas
 Fonte: Protocolo Agroambiental do Estado de São Paulo

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%), TAB. 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. %
Permanente	115.186	139.044	17,16	98.455	112.436	12,43	213.641	251.480	15,05
Temporário	118.108	166.026	28,86	74.563	75.656	1,44	192.671	241.682	20,28
Total	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).

Balsadi (2007) mostra que todas as categorias de empregados na cultura da cana-de-açúcar tiveram aumento do Índice de Qualidade do Emprego (IQE), sendo verificado o maior progresso relativo 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.

ROADMAP DA COLHEITA MECANIZADA DA 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 partes⁵. 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, focalizado 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 conso-

⁵ A metodologia está baseada no padrão (Leal, 2007) desenvolvido para os *roadmap* tecnológicos complementares do Projeto financiado pelo Programa de Pesquisa em Políticas Públicas da FAPESP: "Diretrizes de Políticas Públicas para a Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo".

lida 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 há, 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%, TAB. 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 TAB. 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 dos principais estados do nordeste brasileiro produtores de cana e do Estado de São Paulo

Estado

Paraíba
Pernambuco
Alagoas
São Paulo
Total

* Toma-se por referência 12% de declividade.

Fonte: Elaboração dos autores 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% (TAB. 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% (TAB. 3).

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.⁶ 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 polos 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 colheita mecanizada na cana. A interação com

⁶ Na área de processamento industrial destaca-se a DEDINI.

outras organizações⁷ apresenta-se complexa em diversas linhas de pesquisas, regiões e objetivos incluindo beneficiários como cooperativas de fornecedores de cana, universidades, a Embrapa e empresas privadas⁸.

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 CO₂. 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 pode favorecer a compactação do solo, causada especialmente pelo uso inadequado ou não adaptado de máquinas e equipamentos, o que pode comprometer a conservação do solo. Também deve ser levada

⁷ 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.

⁸ Na área de desenvolvimento de variedades de cana, o Banco do Grupo Votorantim administrador do 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 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.

em conta que a implementação de uma frente de colheita mecanizada composta por cerca de 4 colhedoras, caminhão oficina, caminhão bombeiro, comboio e tratores consome uma quantidade grande de diesel.

ASPECTOS ECONÔMICOS

Há alguns fatores que têm impulsionado a crescente aceleração do uso de colhedoras mecânicas para a colheita da cana-de-açúcar, especialmente em São Paulo. Dentre eles podemos citar a questão estratégica de melhoria da imagem internacional (melhoria das condições de trabalho, melhoria das condições ambientais) quanto à produção do álcool. Dados e estudos mostram que o custo de colher mecanicamente a cana pode chegar a ser até 30% mais barato que a colheita manual. Outro fator relevante é que o processo de mecanização da colheita da cana-de-açúcar pode acarretar um impacto social muito grande em termos de ocupação e renda para o trabalhador agrícola. Isto é, ao se considerar o valor médio estadual de R\$ 3,30 pagos por tonelada colhida, tem-se uma massa salarial estimada para a referida safra no valor de R\$ 616,7 milhões, que deixariam de ser pagos a esses trabalhadores braçais (colheita manual) no Estado de São Paulo. Há que se considerar ainda o impacto indireto sobre os setores de comércio e serviços, principalmente, no âmbito local.

Segundo, Veiga Filho (1998), os aspectos econômicos são influenciado tanto 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.

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 propícios. 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.

No Norte e 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 íngremes, 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, esses fatores não explicam tudo.

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. A colheita mecânica da cana crua é economicamente mais eficiente, dados os menores custos de produção, além do fato de as próprias convenções coletivas de trabalho estipularem que o corte manual deve ser de cana queimada, tendo em vista as dificuldades no corte manual da cana crua. 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 soqueira⁹.

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 poderá ser utilizada como matéria-prima para a cogeração de energia nas usinas processadoras e produção do etanol celulósico.

ASPECTOS SOCIAIS

A introdução da colheita mecanizada tem causado um aumento do desemprego de mão-de-obra pouco qualificada para as novas funções advindas da mecanização. Alguns dados indicam que somente cerca de 15% dos cortadores de cana sejam absorvidos para essas novas fun-

⁹ O sistema de produção da cana-de-açúcar permite o corte de ciclos, em média até 6 cortes mantendo a mesma soqueira.

ções com a mecanização. Há uma 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 a 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.

Alternativas tecnológicas estão surgindo para o emprego de implementos de corte mecânico para áreas em declive, com menor impacto social (BRAUNBECK E OLIVEIRA, 2006).

No Nordeste brasileiro, nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas já utilizam tecnologia de colheita semi-mecanizada adaptada para relevos com declividade mais acentuada. A adoção deste maquinário além de propiciar a colheita em áreas mais acentuadas, onde a colhedora convencional não é eficiente, possibilita também uma redução da eliminação dos postos de trabalho, pois utiliza cerca de cinco trabalhadores por colhedora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil são muito diversas e cada uma tem sua particularidade, especialmente, quando comparamos as regiões Centro-Sul e a Nordeste. Em alguns casos, existem similaridades quanto à declividade do solo e à adoção de tecnologia; em outros casos, há uma disparidade nas relações e condições sociais – mão-de-obra e inserção desta no mercado de trabalho.

Embora o sistema de inovação esteja concentrado no Estado de São Paulo, existe a troca de tecnologia e de experiências entre as regiões produtoras, por meio das universidades federais e centros de pesquisas privados.

Necessidades de tecnologias que atendam melhor às condições de corte da cana sem comprometer a soqueira e evitar perdas, que superem a limitação da declividade e equipamentos mais leves, por conta da compactação do solo e mais baratos para que os produtores com menor poder aquisitivo possam adquiri-los. Novas tecnologias que permitam a colheita sem a queima, para que regiões, especial-

mente as nordestinas, possam se adaptar às demandas da sociedade em relação às queimadas.

Para mais bem conduzir essa análise, faz-se necessário o tratamento dos dados a partir de microrregiões, uma vez que a observação utilizada neste estudo corresponde às informações em âmbito de municípios, o que não corresponde exatamente à área plantada com cana, limitando a análise em relação ao percentual de área mecanizável nos estados analisados.

Portanto, há necessidade de políticas públicas regionalizadas que contemplem as dificuldades e particularidades que envolvem as diversas regiões.

REFERÊNCIAS

- ANFAVEA. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*. Capítulo 3 - Máquinas agrícolas automotrizes - Produção, vendas internas e exportações, 2006. p.131
- ANSELMO, J.L.; KRAUSE, W.G. Maturidade em inteligência tecnológica: o caso Promon. In: *SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA*, XXIII, Curitiba – PR, 19 a 22 de 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*. São Paulo, SP, v. 37, n.2, 38-54, fev 2007.
- 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 Thecnology Roadmapping (TRM), Thecnology Stage-gate (TSG) e o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) tradicional*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- 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.
- LEAL, R.L.V. *Roadmapping Tecnológico: um guia rápido para o desenvolvimento de roadmaps tecnológicos da agroindústria canavieira do Estado de São Paulo*. Diretrizes de Políticas para a Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Programa de Pesquisa em Políticas Públicas. FAPESP. Dez/2007. Disponível em: www.apta.sp.gov.br/cana/index.php.
- LIMA, J. P. R e SICSÚ Abraham B. *REVISITANDO O SETOR SUCRO-ALCOOLEIRO DO NORDESTE: o Novo Contexto e*

a Reestruturação Possível. Estudos Infosucro, n. 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, p. 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.

PATERNIANI, E.; Agricultura sustentável nos trópicos. *Estudos Avançados*, vol. 15, n. 43, São Paulo, set/dez. 2001.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D. (2004), 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*, Wiley Interscience, New York, 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 Centro Oeste – UPD de Piracicaba. 2006.

_____. *Mecanização da colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma fronteira de modernização tecnológica da lavoura*. Campinas: Unicamp, 1998, 127p. dissertação de mestrado.