

## COLHEITA DE CANA-DE-AÇÚCAR COM AUXÍLIO MECÂNICO

O. A. BRAUNBECK<sup>1</sup>, P.S.G. MAGALHÃES<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng. Industrial, Prof. Associado, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP, Fone (0xx19) 3788.1071, e-mail: [oscar@agr.unicamp.br](mailto:oscar@agr.unicamp.br). <sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Titular, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP.

A mecanização total ou parcial se apresenta atualmente como a única opção para a colheita da cana, tanto do ponto de vista ergonômico quanto econômico e, principalmente, do ponto de vista legal e ambiental, já que apenas o corte mecânico viabiliza a colheita sem queima prévia, o que por sua vez viabiliza o aproveitamento do palhiço. A evolução lenta da colheita mecânica no Estado e no País permite concluir, mesmo sem abordar detalhes técnicos, que as soluções tecnológicas disponíveis não são suficientemente competitivas para atrair os usuários, ou seja, existem limitadores que restringem sua implementação. Este trabalho propõe uma alternativa tecnológica orientada à colheita de cana crua, em terrenos declivosos com maior preservação do emprego no meio rural. O equipamento auxilia a colheita manual, realizando as operações de corte de base, corte dos ponteiros, remoção das folhas e condução dos colmos até a caçamba armazenadora, deixando para o homem as funções de manuseio dos colmos após o corte de base passando pelo despontamento até a unidade de despalhamento.

A colheita da cana-de-açúcar processou-se historicamente de forma totalmente manual desde o corte da base até o carregamento. Um primeiro passo no sentido da mecanização foi a introdução do carregamento mecânico dos colmos inteiros. Na década de 50 surgiu, na Austrália, o princípio mecânico de colheita atualmente utilizado no Brasil, o qual combina a operação de colheita com a de carregamento. Trata-se de equipamento que corta uma linha por vez, utiliza um veículo que trafega paralelamente à colhedora para receber a matéria-prima, separa boa parte das folhas e ponteiros e os lança ao solo da área colhida.

Os processos convencionais de colheita manual ou mecânica, com queima prévia, visam apenas o aproveitamento dos colmos e estão constituídos de uma seqüência de operações simples que incluem o corte da base, do ponteiro e a picagem ou empilhamento dos colmos. Em ambos os casos o aproveitamento do palhiço não faz parte do processo de colheita, conseqüentemente este é separado dos colmos, mesmo que parcialmente, e deixado no campo para posterior recuperação. No caso do corte manual, a colheita sem queima prévia acarreta restrições ergonômicas e econômicas que inviabilizam a operação.

Atualmente esta concepção da colheita está sofrendo modificações em função de restrições legais e ambientais ao processo de queima, juntamente com a entrada em foco do aproveitamento do palhiço para aplicações, não consolidadas ainda comercialmente, tais como geração de energia e cobertura vegetal para agricultura convencional ou orgânica. Perfila-se dessa forma um novo conceito de colheita da cana-de-açúcar, sem queima prévia, que visa o aproveitamento integral da planta, envolvendo operações adicionais para a retirada das folhas e a disposição adensada de colmos e palhiço para o transporte.

Esta abordagem tem implicações profundas nos processos convencionais de colheita, tanto manual quanto mecânica, implicações estas associadas com perdas de cana, contaminação de cana e palhiço com impurezas minerais, altos investimentos para a colheita e a recuperação do palhiço assim como inviabilidade econômica do despalhamento manual. Cabe destacar os esforços realizados pelos usuários e fabricantes de equipamentos para adaptar as colhedoras de cana picada a essa nova realidade, o sucesso tem sido parcial

e tudo indica que os princípios utilizados por esses equipamentos precisam ser reformulados para enfrentar as novas exigências da colheita integral da planta.

Dentro desse quadro torna-se pertinente a discussão de novas propostas que tornem a colheita da cana crua tanto ou mais atraente que a colheita da cana queimada, como forma de consolidar sua implantação sem a pressão da lei ou da população. Este trabalho apresenta uma análise de onze pontos considerados determinantes para definir um perfil de colheita capaz de conseguir o aproveitamento integral da cana de forma sustentável.

A análise será apresentada discutindo os referidos pontos de forma comparativa entre a tecnologia atual descrita por Braunbeck et al. (1999) e, um conceito alternativo de colheita na forma de uma mecanização parcial denominada de auxílio mecânico. As Figs. 1, 2 e 3 ilustram o referido conceito onde cada componente foi identificado pela mesma letra nas três figuras. A unidade consta essencialmente de uma frente de corte com largura de três ou cinco linhas, incluindo um disco flutuante para o corte basal de cada linha, segue um conjunto de transportadores helicoidais rotativos que conduzem o material até uma célula de trabalho com dois operadores por linha que catam manualmente os colmos, cortam o ponteiro utilizando um disco cortador disponível para cada linha e encaixam os colmos em um transportador lateral que os conduz até um despalhador de rolos. O despalhador retira as folhas e lança os colmos inteiros até uma carreta de descarga vertical onde os mesmos são armazenados ordenadamente, na direção longitudinal de marcha, para manter a densidade de carga requerida pela operação posterior de transporte. Esta concepção de lançamento, armazenamento ordenado, descarga vertical e posterior carregamento convencional mostrou-se tecnicamente viável em diversas frentes de colheita de três usinas. A frente do equipamento efetua o corte de base e o transporte da massa integral de cana sobre um plano inclinado, sem separação entre as linhas.

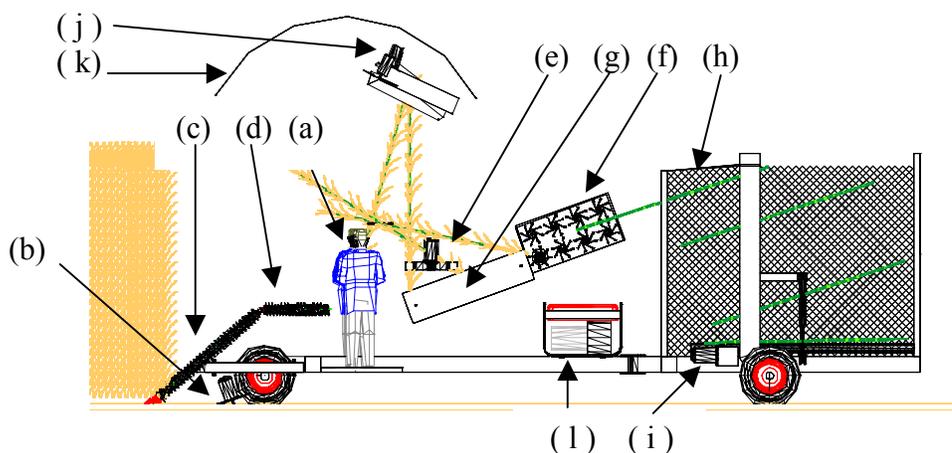


Figura 1: Vista lateral do auxílio mecânico

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| (a) : Operadores                        | (b) : Cortador de base             |
| (c) : Roscas transportadoras-elevadoras | (d) : Mesa de catação              |
| (e) : Esteira lateral                   | (f) : Despilhador                  |
| (g) : Esteira alimentadora              | (h) : Carreta de descarga vertical |
| (i) : Moto-reductor elétrico            | (j) : Despontador                  |
| (k) : Cobertura (sombra)                | (l) : Moto-gerador                 |

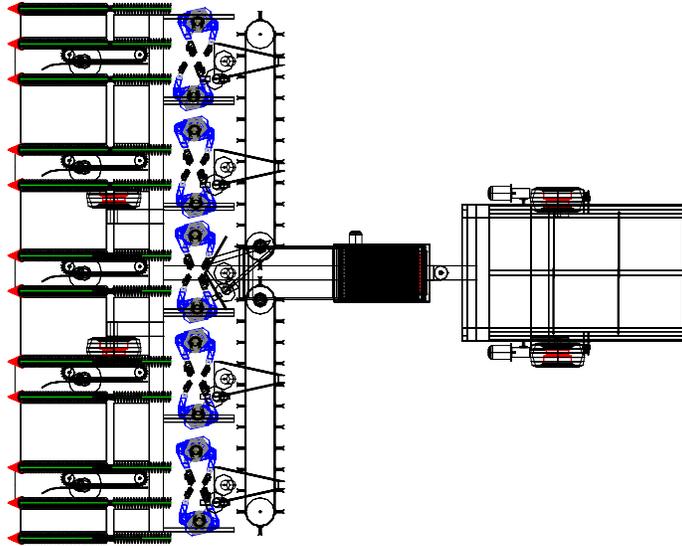


Figura 2: Vista em planta do auxílio mecânico

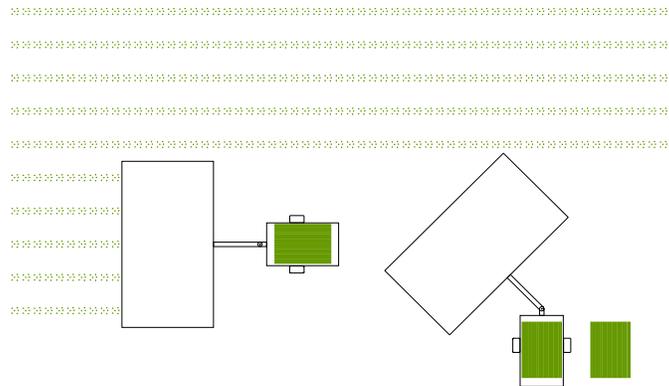


Figura 3: Vista esquemática da descarga da cana em montes

O equipamento interrompe a corte a intervalos de 8 a 10 min (40 a 60 m), manobra em retrocesso e descarrega montes de aproximadamente 3 ton. A velocidade de deslocamento oscila entre 250 e 500 m/h. A unidade é acionada por um motor de combustão interna de 36 cv que servirá de fonte de potência para os circuitos elétricos que acionam os dispositivos de corte e limpeza da cana.

### 1. Dirigibilidade em terrenos inclinados

Os equipamentos que operam em terrenos inclinados devem ter duas habilidades principais:

a) Manter o equipamento alinhado com os sulcos de plantio e sem escorregamento lateral

A componente de peso da colhedora, atuante no sentido da declividade, provoca deformação lateral dos pneus como ilustrado na Fig. 4. Essa configuração resulta da baixa rigidez da estrutura do pneu o qual é desejável do ponto de vista da compactação do solo, mas prejudica a estabilidade direcional do veículo. Os veículos de pneus apresentam uma tendência de deslocamento lateral, no sentido da declividade, o que torna necessário efetuar

continuamente correções de trajetória através da angulação das rodas pelo mecanismo de direção. Os veículos com direção apenas no eixo dianteiro apresentam escorregamento do eixo traseiro sem possibilidade de correção do que resulta um desalinhamento da colhedora com a linha de cana, e com isso dificulta-se o processo de alimentação. O uso de rodas direcionais em ambos os eixos permite corrigir essa anomalia, mas trata-se de recurso não disponível atualmente nas colhedoras.

Na medida que o pneu avança sobre o terreno, sucessivos pontos da banda de rodagem entram em contato com o solo. Como cada um desses pontos está localizado abaixo da cota do ponto anterior o equipamento desce como consequência de seu avanço. Essa deficiência pode ser corrigida utilizando dois eixos direcionais já que dessa forma é possível corrigir independentemente as posições da frente e da traseira da colhedora, sem modificar significativamente a orientação de seu eixo com relação à linha de plantio.

O uso de esteiras no lugar de pneus evita o fenômeno acima descrito. No entanto, o controle direcional das esteiras exige uma alteração da angulação do eixo longitudinal do veículo o que resulta em alguma perda de alinhamento da colhedora com as linhas de plantio.

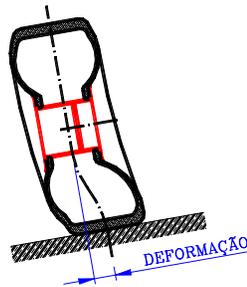


Figura 4: Deformação lateral do pneu provocada pelo peso do equipamento

No caso do auxílio mecânico o equipamento utiliza as quatro rodas direcionais o que permite corrigir continuamente a direção de movimento tanto no eixo traseiro quanto do dianteiro. Paralelamente, a baixa velocidade de deslocamento do equipamento, inferior a 0,5 km/h, facilita a correção da trajetória pelo operador, sem atingir desalinhamentos com as linhas de plantio que prejudiquem a alimentação do equipamento.

## 2. Estabilidade ao tombamento lateral ou longitudinal

A estabilidade ao tombamento juntamente com as deficiências de dirigibilidade limitam a utilização das colhedoras de uma linha a terrenos com declividades não superiores a 12%. Embora a inclinação teórica de tombamento lateral seja da ordem de 46%, como ilustra a Fig. 5, efeitos dinâmicos resultantes das irregularidades do terreno e da elasticidade dos pneus reduzem esse limite de inclinação ao referido valor de 12%. Esta condição é a principal responsável pelas áreas canavieiras consideradas não aptas para a colheita mecanizada. A região de Piracicaba tem sua agroindústria sucroalcooleira ameaçada pela impossibilidade de colher os canaviais, sem queima prévia, com as colhedoras existentes.

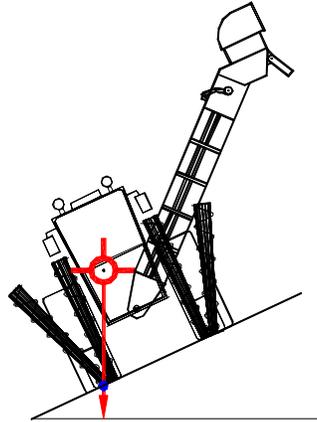


Figura 5: Condição limite de estabilidade ao tombamento lateral

No caso do auxílio mecânico a inclinação teórica de tombamento do equipamento é da ordem de 100 % em função da grande largura do equipamento e a altura reduzida do centro de gravidade. No entanto, a inclinação máxima permitida não é determinada pela estabilidade lateral ao tombamento e sim pelo deslizamento estático dos pneus sobre o solo. Essa condição corresponde a uma inclinação de terreno da ordem de 50%. Deve-se lembrar que a baixa velocidade de deslocamento equipamento, localizada entre 0,25 e 0,5 km/h, representa um fator dinâmico muito favorável em função das menores oscilações laterais provocadas pelas irregularidades do terreno e à elasticidade dos pneus.

### 3. Separação de linhas

Nos canaviais com colmos total ou parcialmente deitados, como ilustra a Fig. 6, as colhedoras que cortam apenas uma linha precisam, a cada passada, efetuar o corte dos colmos num plano vertical PC. Esta condição faz com que fragmentos de colmos sejam liberados sobre a superfície do solo para serem levantados pela colhedora. Esta condição obriga a ajustar a altura do cortador de base em nível de sub-superfície, com conseqüências negativas para a demanda de potência, desgaste de facas e contaminação da matéria-prima com impurezas minerais.

No caso do auxílio mecânico, 5 ruas são cortados na base e elevados simultaneamente até a mesa dos operadores, Figs. 1 e 3, sem tombamento dos colmos, e com apenas 20% da quantidade de fragmentos gerados pelo plano PC das colhedoras que cortam apenas uma linha, Fig.6.

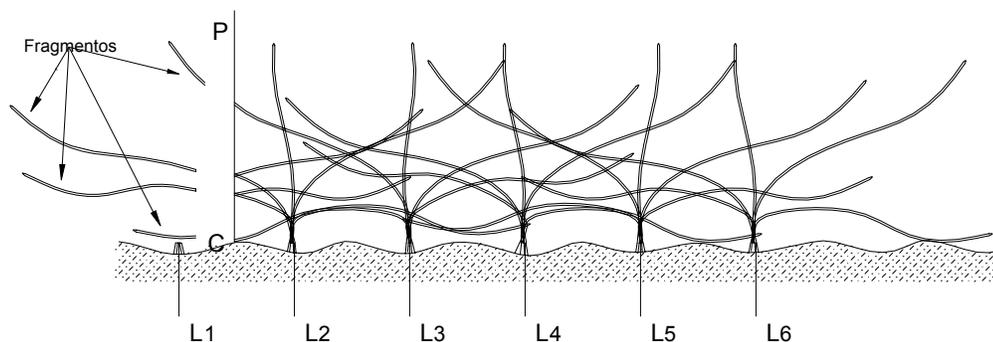


Figura 6: Plano vertical de corte “PC” que separa duas passadas sucessivas na colheita mecânica

#### 4. Corte de ponteiros

Durante o processo de colheita da cana-de-açúcar, existe a necessidade de retirar ponteiros visando aumentar a eficiência industrial de extração de açúcar e reduzir o custo de transporte da matéria-prima. Os dispositivos utilizados nas colhedoras para conduzir o extremo superior dos colmos até o mecanismo cortador não tem desempenho eficiente, principalmente nos canaviais de 18 meses onde a incidência de colmos deitados é maior.

No caso do auxílio mecânico os ponteiros são cortados pelos operadores que apontam individualmente cada colmo a um disco que corta e recebe o ponteiro para efetuar seu enfardamento junto com as folhas.

#### 5. Corte de base

O corte de base é efetuado pelo princípio de corte inercial (sem contra-faca). As facas atingem o solo com velocidade de 20-22 m/s pelo que rapidamente perdem o gume. O contato da facas com o solo deve ser evitado para conservar um corte eficiente e desta forma reduzir as perdas, o teor de terra da matéria-prima e reduzir os danos às soqueiras visando aumentar sua longevidade.

Os dois discos do sistema atualmente em uso, ilustrado na Fig. 7(c), definem um plano de corte de aproximadamente 1,5 m de largura, plano esse que deve descer até a base da cana, rente ao solo, para evitar perdas (tocos). Nesse processo os discos cortam o solo e o conduzem para o interior da máquina contaminando a matéria-prima e desgastando o equipamento. As impurezas minerais incorporadas pelos discos do cortador de base foram quantificadas por Henkel et al. (1979). Os testes foram realizados com uma colhedora Toft-6000, em canaviais com colmos eretos e deitados, com solos úmidos e secos. A altura de corte foi ajustada aos níveis de 50 mm acima da superfície do solo, rente ao solo (Fig. 7(a)), e 50 mm abaixo da sua superfície (Fig. 7(b)). As canas colhidas com discos operando a 50 mm de profundidade apresentaram teor de terra superior a 5%, nos casos de solo úmido, ou em canas deitadas. Operando os discos rentes ao solo, nas mesmas condições de cana e solo, os teores de terra foram pouco superiores a 0,5%. Nos casos de canas eretas, com solos secos e operação rente ao solo, os autores observaram teores de terra próximos de 0,25%. Os autores estudaram também as perdas de cana no campo e concluíram que a quantidade de cana deixada diminui para a posição do disco cortador basal mais baixa, e que a quantidade de colmos inteiros deixados para trás foi alta quando o corte foi feito acima ou ao nível do solo, especialmente para o corte de canas deitadas, com perda de até 8,3 t/ha. Os autores consideram que pelas observações realizadas existe um incentivo para operar as colhedoras com o corte abaixo do nível do solo, na configuração ilustrada na Fig. 7(b).

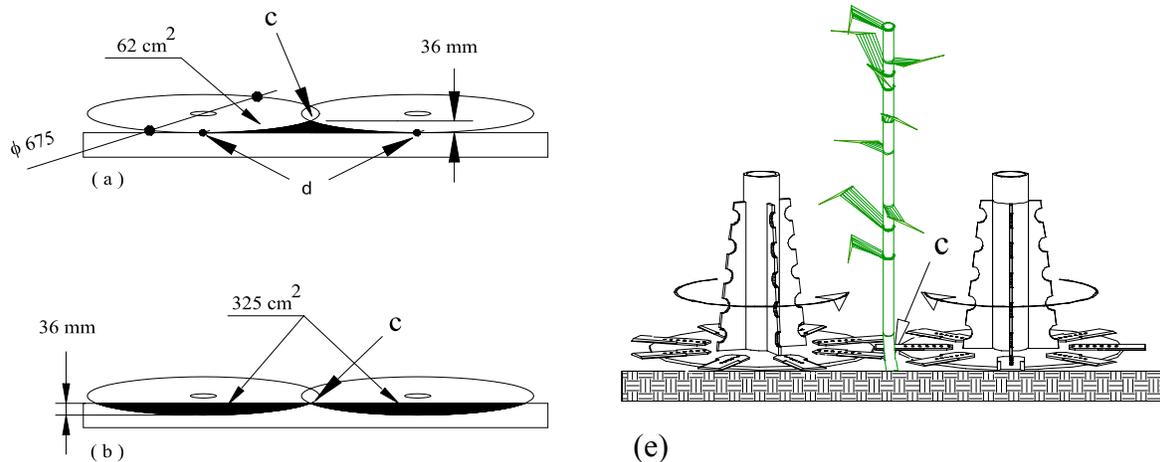


Figura 7: Cortador de disco duplo rígido para dois modos de operação

a) Redução de contaminação

b) Redução de perdas

c: Ponto de corte

d: Ponto de tangência com a superfície do solo

e) Configuração construtiva do cortador de duplo disco rígido

No caso do auxílio mecânico os colmos não precisam ser deitados sobre o solo para serem introduzidos à colhedora já que são catados manualmente desde sua posição original, Fig. 1, e entregues ao processo de despalhamento mecânico sem contato com o solo. Um único disco flutuante, centralizado na linha de cana, efetua o corte da base do colmo, sem as funções de varredura e alimentação alocadas ao mecanismo de disco duplo. Juntamente com a eliminação destas funções devem ser eliminadas também as perdas e contaminação com terra a elas associadas.

O corte de base realizado por um único disco permite que o eixo do mesmo seja posicionado sobre a linha de plantio. Nessa condição o formato elíptico da trajetória da ponta da faca acompanha aproximadamente a forma da depressão do terreno (sulco) próxima da soqueira. No caso de terreno nivelado o ponto mais baixo da trajetória da faca tangencia a superfície do terreno minimizando sempre o corte e movimentação de solo. A menor movimentação de solo existente no auxílio mecânico resulta também em menor demanda de potência e desgaste ou quebra de facas.

## 6. Alimentação

O processo de alimentação das colhedoras Australianas de cana picada impõe aos colmos uma forte flexão através de um defletor segundo ilustra a Fig. 8. Esta flexão provoca danos à soqueira de magnitude que depende das condições do solo e da própria soqueira. Em uma segunda fase a planta é cortada na base com o que completa-se um giro de 90 graus que deixa os colmos em posição horizontal sobre o solo. Esta posição do material é crítica pelo fato dos colmos receberem uma grande quantidade de solo lançado pelos discos do cortador basal. A medida que a colhedora avança o rolo levantador e o

primeiro par de rolos limpadores se aproximam do extremo inferior do colmo para iniciar o processo de alimentação forçada.

No caso do cortador de base operar na configuração de baixa contaminação, Fig. 7(a), alguns colmos são atingidos pelas facas e produzem fragmentos que juntamente com os originados na divisão de linhas, Fig. 6, precisam de um processo de varredura e catação para elevá-los dessa posição. A posição ilustrada na Fig. 7(a), deixa uma janela de aproximadamente 62 cm<sup>2</sup>, sem varredura e responsável por perdas de colmos e fragmentos. Para conseguir uma varredura e catação mais eficiente os discos precisam operar em profundidade, como na Fig. 7(b), do que resulta uma maior demanda de potência, desgaste de facas e abalo de soqueiras.

A medida que a colhedora avança os colmos atingem o rolo levantados e na seqüência são atingidos pelo primeiro par da cascata de rolos limpadores. Até este momento o processo de alimentação não é forçado, a não ser por alguma ação positiva aplicada pelo movimento circular convergente dos discos do cortador de base e do rolo levantador. Os colmos sofrem um giro de 135 graus, aproximadamente, desde sua posição vertical de campo até a posição de alimentação do picador, determinada pelos rolos limpadores.

No caso do auxílio mecânico os colmos são cortados na base e afastados do solo mantendo sua posição original, vertical ou inclinada. Elimina-se com essa concepção a contaminação dos colmos com terra, o abalo de soqueira e as perdas provocadas pelos processos de catação e varredura necessários para retirar as peças em contato com o solo.

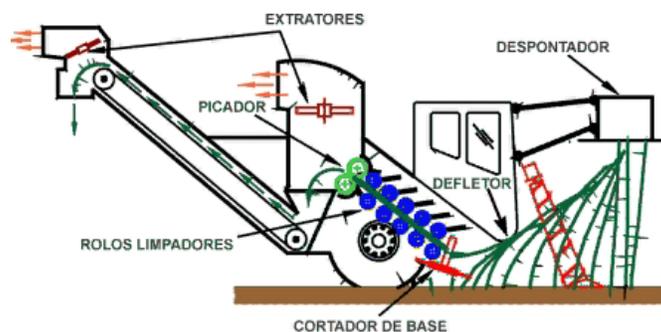


Figura 8: Visão esquemática das principais funções de uma colhedora Australiana de cana picada

## 7. Despalhamento

Na colheita mecânica, sem queima prévia, existe um compromisso antagônico, complexo, entre a operação de limpeza e as perdas de colheita. Canas colhidas com teor de impurezas vegetais inferior a 6 % freqüentemente provocam perdas próximas de 10%. Parte dessas perdas originam-se no corte de base e alimentação da colhedora.

No caso do auxílio mecânico as folhas são retiradas dos colmos inteiros do que resultam duas peças, colmos e folhas, com propriedades aerodinâmicas muito diferentes o que facilita sua separação. Esta acontece espontaneamente durante o processo de lançamento dos colmos, na saída do despalhador, já que a pouca massa das folhas não lês

permite acumular energia cinética suficiente para acompanhar os colmos na trajetória até a carreta de descarga vertical.

#### 8- Transferência (transporte) dos colmos

A massa resultante na colheita da cana-de-açúcar é elevada o que obriga a transferir a mesma da colhedora para um veículo que trafega em paralelo ou descarrega-la ao solo. O conceito de cana picada surgiu visando o manuseio a granel que permite transferir o material, em queda livre, a um transporte que acompanha a colhedora, com densidade de carga suficiente para viabilizar economicamente o transporte. Este conceito permitiu eliminar a operação de carregamento e seu correspondente custo. No entanto, com a evolução do sistema, verificou-se a necessidade de retirar os veículos de estrada do canavial e introduzir a operação de transbordo, que em termos econômicos eliminou a vantagem original de ausência do carregamento.

No caso do auxílio mecânico a transição entre a colheita e o transporte é feita com descarga ao solo, em montes de 3 ton, Fig. 3. A caçamba de descarga vertical efetua a descarga em poucos segundos pela abertura de uma porta no fundo da mesma que permite a descida lenta da carga de forma a manter o ordenamento paralelo dos colmos e com isso manter também a densidade de carga no carregamento subsequente. O grande volume dos montes faz com que seja proporcionalmente pequena a quantidade de cana em contato com o solo. Esta concentração de colmos minimiza a necessidade de rastelamento reduzindo a contaminação mineral, mesmo sob condições de alta umidade e solo desagregados.

#### 9- Transferência (transporte) do palhiço

Na tecnologia atual de colheita da cana-de-açúcar, o palhiço não faz parte do processo como um produto a ser preservado. Novas propostas de colheita integral da cana devem incluir a transferência da palha para o transporte sob condições satisfatórias de densidade de carga e contaminação. A proposta de colheita com auxílio mecânico inclui a compactação do palhiço de forma a liberar o mesmo ao solo já compactado, eliminando assim as operações posteriores de aleiramento e enfardamento, e principalmente eliminar a contaminação com impurezas minerais que o mesmo sofre durante essas operações. Encontra-se em desenvolvimento na FEAGRI-UNICAMP um processo contínuo de compactação utilizando roscas convergentes com capacidade de 5 kg/s dimensionada para ser instalado no auxílio mecânico. O sistema pretende receber as folhas e ponteiros liberados pelo despalhador e os despontadores, com densidade na faixa de 30 a 50 kg/m<sup>3</sup>, e compactar esse material até densidades de 180 a 200 kg/m<sup>3</sup>.

#### 10- Investimento e custo da operação

O investimento elevado, da ordem de R\$ 700.000, e a capacidade operacional elevada, da ordem de 90.000 ton/ano tornam a colheita de cana picada inadequada para um número significativo de agricultores (fornecedores). O equipamento para auxílio mecânico requer de investimento da ordem de 15% do valor acima descrito e produção diária da ordem de 30 % da correspondente a uma colhedora de cana picada.

No caso do auxílio mecânico o valor de aquisição foi estimado em função do peso de projeto e o preço por unidade de peso de equipamentos similares em complexidade mecânica e tipo de componentes. Verificou-se que o valor do equipamento deveria estar

contido na faixa de R\$ 60.000 a R\$ 120.000. Mesmo a faixa sendo pouco precisa permite incorporar as parcelas de depreciação e juros de capital à estimativa do custo da colheita. As simulações de custo de colheita indicam valores na faixa de 3 a 10 R\$/ton com larguras de trabalho de 1 a 5 linhas e valor de aquisição de R\$ 60.000 e R\$ 120.000 com produção diária de 200 ton. O objetivo desta simulação foi verificar apenas a ordem de magnitude do custo de colheita assim como a sensibilidade do mesmo às variáveis número de linhas e valor inicial do equipamento. Verifica-se que os custos estimados são compatíveis com os praticados nas operações de colheita comercial.

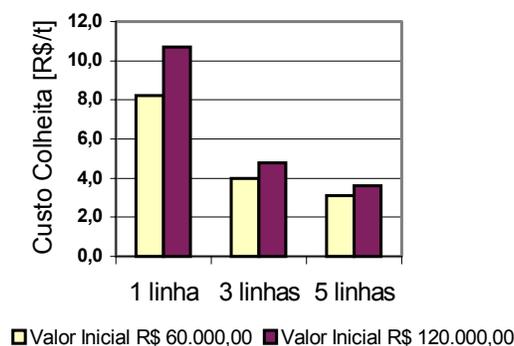


Figura 9: Custo estimado da colheita com auxílio mecânico considerando dois valores iniciais do equipamento e três tamanhos da unidade de colheita.

## 11- Emprego sustentável

A agricultura representa uma fonte de emprego importante para uma fração da população com baixo nível de instrução. Em diversas culturas a mecanização tem substituído gradativamente esses empregos como consequência da necessidade de manter um patamar competitivo para os produtos agrícolas e facilitar o gerenciamento das atividades agrícolas. As operações envolvidas no processo de produção, desde o preparo do solo até a colheita, apresentam níveis de complexidade e demanda de energia bastante diversificada. Algumas operações, como o preparo do solo ou o plantio direto, demandam energias elevadas, em magnitudes que colocam o trabalho manual fora de análise.

Outras operações, como os tratos culturais e a colheita, envolvem além de menos energia, maior complexidade operacional, situação essa que abre a possibilidade de complementar o trabalho manual com auxílios mecânicos. Nesses casos a mão-de-obra executa as funções que demandam discernimento e/ou manuseio delicado e o equipamento executa a parte da operação que demanda mais energia e apresenta maiores riscos de acidentes. A mecanização de algumas operações de colheita, como é o caso dos cereais e as forragens, sofreu grande evolução desde seus primórdios, no início do século XIX, e dificilmente poderão ser substituídas competitivamente por operações semimecanizadas. No entanto, a colheita de outras culturas, como frutas, hortaliças e cana-de-açúcar, encontram-se ainda em estágio incipiente de mecanização ou com deficiências tecnológicas tais que, no quadro sócio-econômico atual, permitem considerar os processos semimecanizados, ou de auxílio mecânico, com as vantagens descritas neste artigo. Dessa forma podem ser atingidos dois objetivos importantes como evitar uma substituição maior de mão-de-obra, Guilhoto et al. (1999) e, viabilizar a colheita de cana sem queima prévia em áreas não mecanizáveis.

A cana-de-açúcar apresenta ainda a maior demanda de força de trabalho no Estado de São Paulo com 250.907 EHA em 2002, SEADE (2003). Parte dessa mão-de-obra atua especificamente na colheita. Pode-se estimar que a produção do Estado, com 200 milhões de toneladas, seja colhida em 150 dias com rendimento médio de 8 t/homem-dia do que resulta uma demanda potencial de força de trabalho para a colheita manual de 167.000 homens.

Aproximadamente 50% das áreas de cana apresentam topografia inadequada para a colheita mecânica o que indica que aproximadamente 83.000 homens teriam que ser aplicados na colheita das áreas inaptas para mecanização. A produção canavieira nessas áreas tem sua continuidade ameaçada diante da legislação ambiental que restringe as queimadas e com isso elimina o corte manual como alternativa de colheita. Este cenário não parece nem social nem economicamente aceitável razão pela qual as leis de proteção ambiental foram sucessivamente flexibilizadas. Uma solução tecnológica apropriada torna-se necessária para resolver esse impasse.

No caso do auxílio mecânico foi estimada uma produtividade dos operadores de 20 t/homem-dia do que resultaria uma demanda potencial sustentável de força de trabalho para a colheita com auxílio mecânico de 33.000 homens, atuando nas áreas não mecanizáveis, que poderia evoluir para uma demanda potencial de força de trabalho 67.000 homens, se toda a colheita for processada com auxílio mecânico.

Tabela 1. Demanda de Força de Trabalho Agrícola Anual das Principais Culturas do Estado de São Paulo, 2002.

Culturas	Área (ha)	Equivalentes-homens-ano (EHA)		EHA/100ha
		Número	%	
Cana-de-açúcar	3.071.700	250.907	35,56	8,2
Café	333.900	100.393	14,23	30,1
Laranja	786.500	78.921	11,19	10,0
Grãos (1)	2.118.500	68.753	9,74	3,2
Olerícolas (2)	72.800	67.476	9,56	92,7
Demais culturas	1.122.000	139.119	19,72	12,4
<b>Total</b>	<b>7.505.400</b>	<b>705.569</b>	<b>100,00</b>	<b>9,4</b>

(1) Incluem: algodão herbáceo, amendoim, arroz, feijão, mamona, milho, soja, sorgo e trigo.

(2) Incluem: abóbora, abobrinha, alface, batata-doce, berinjela, beterraba, brócolis, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, milho-verde, mandioquinha, pepino, pimentão, quiabo, repolho, tomate de mesa e vagem.

Fonte: Seade (2003).

## Conclusões

1- O sistema de colheita decana picada, após ter contribuído com a produção canavieira do mundo por aproximadamente 50 anos, mostra atualmente limitações em seus princípios básicos de operação para atender os requerimentos legais, ambientais, topográficos, econômicos e sociais do Brasil.

2- As estimativas efetuadas para a colheita integral da cana com auxílio mecânico apresentam-se técnica e economicamente viáveis para operar em áreas declivosas com produção diária de aproximadamente 200 ton/unidade.

3- O auxílio mecânico apresenta princípios alternativos de estabilidade, dirigibilidade, corte de base, despontamento e despalhamento que abrem novos horizontes de desenvolvimento para as fronteiras tecnológicas observadas nas colhedoras de cana picada.

4- O auxílio mecânico apresenta um desafio no gerenciamento da maior quantidade de mão-de-obra envolvida, o qual pode não ser atrativo para os grandes produtores, como é o caso das usinas de açúcar e álcool, mas representa uma oportunidade para fornecedores de cana ou de serviços de colheita com menor capacidade de investimento.

## 1. Referências bibliográficas

---

BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, v. 17, n. 6, p. 495-506, 1999.

GUILHOTO, JOAQUIM J.M.; MENDONÇA DE BARROS ALEXANDRE L.; MARJOTTA MARTA C.; ISTAKE MAISTRO, M.- Mechanization Process of the Sugar Cane Harvest and Its Direct and Indirect Impact over the Employment in Brazil and in Its 5 Macro Regions. ESALQ, University of São Paulo (USP), Regional Economics Applications Laboratory (REAL), University of Illinois (USA), and Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA). E-mail: guilhoto@usp.br. Address: Av. Pádua Dias, 11 – CP 9 – Piracicaba, SP 13418-900 – Brazil, 1999. Phone.: +55 +19 +3429-4119.

SEADE. Fundação Seade. Sensor Rural. Disponível em < <http://www.seade.gov.br> >. Acesso em 12 maio 2003.