

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Departamento de Engenharia Rural

011601 - Estágio Profissionalizante em Engenharia Agrônômica

**Relatório final – Participação nos projetos e pesquisas
desenvolvidos na área de mecanização no Centro de Tecnologia
Copersucar**

Aluna: Flávia Roncato Frasson (flafrasson@yahoo.com.br)
Orientador: Prof. Dr. José Paulo Molin
Supervisor: João Eduardo Azevedo Ramos da Silva

Dezembro - 2004
Piracicaba - SP

1. Resumo do Plano Inicial

o desenvolvimento do setor canavieiro é muito importante para economia brasileira, visto que a cana-de-açúcar está entre as três culturas mais importantes do país, tornando-se necessário o aumento da produção para atender ao mercado consumidor. Somente com a aplicação de processos mais eficientes para melhoria da produtividade e da qualidade dos produtos, juntamente com a redução dos custos de produção, será possível para o setor a atuação em mercados cada vez mais competitivos, (Ometto,1997). A mecanização é uma importante ferramenta para aumentar a produção em larga escala, assim torna-se imprescindível o acompanhamento das operações no campo visando aumentar produtividade e reduzir custos. Visto isto, o plano de estágio tem por objetivo acompanhar as pesquisas e as transferências de tecnologia que serão realizadas junto às usinas cooperadas ao longo da safra 2004/2005, dentre as quais um projeto para redução do consumo de combustível de caminhões na Usina Itacema e um levantamento do manejo da cana-de-açúcar desde o preparo de solo até a entrega desta na esteira.

2. Introdução

A mecanização da cultura da cana-de-açúcar encontrou no Brasil, um vasto campo para a introdução das inovações tecnológica. Em função da disponibilidade irregular da mão-de-obra e da busca por redução dos custos, a mecanização no processo de produção dessa cultura cresceu consideravelmente nos últimos anos, tornando-se irreversível diante das perspectivas para o futuro do setor no país.

A mecanização agrícola é responsável por 47% do custo da cana na esteira, tornando-se indispensável à redução dos custos inerentes ao seu uso, tais como peças, combustíveis, lubrificantes e mão-de-obra (Silva et al., 1997).

Na safra 03/04, o Brasil processou 338 milhões de toneladas de cana, 37% das quais foram colhidas mecanicamente, de acordo com dados do Instituto IDEA. A mecanização já alcança quase 2 milhões de hectares de cana no país. O índice ainda é pequeno, mas o corte mecânico apresenta tendência de crescimento, nem sempre incitada apenas pela exigência da legislação paulista.

A operação que teve maior contribuição tecnológica da mecanização, segundo Revista Alcoolbras (2004), foi a colheita da cana. Desde a década 70, época de grande expansão da cultura no Brasil quando houve abertura de novas fronteiras agrícolas e, conseqüentemente, gerou novas pesquisas voltadas para a implantação da mecanização, a colheita mecanizada tem se mostrado em constante evolução, sendo imprescindível para atender toda a demanda de abastecimento do setor sucroalcooleiro.

Atualmente, o Brasil conta com o apoio de renomadas empresas que fabricam colhedoras automotrizes que insere no mercado o que há de mais avançado, em termos de tecnologia. O mais importante é que essas empresas estão sempre preocupadas em melhorar seus equipamentos. As colhedoras recebem atenção cada vez maior dos técnicos, com o intuito de apresentar máquinas que realizam a colheita da cana com maior eficiência e, principalmente, qualidade. Com a mecanização do plantio algo parecido está ocorrendo apesar da tecnologia ser recente no país, investimento em inovações tecnológicas está proporcionando ao mercado ótimos equipamentos.

Assim, para atender ao processo de mecanização aliando custo e qualidade, há a necessidade de se acompanhar a fase do plantio e da colheita, assim como aprimorar as máquinas de forma que estas reduzam perdas, aumentem a eficiência de operação e melhore a qualidade da matéria-prima.

Os ensaios de campo realizados para avaliação do desempenho de colhedoras comerciais na colheita de cana têm mostrado a necessidade de aprimoramento de alguns componentes e sistemas de processamento no interior das máquinas, (Neves, 1997) e cada vez mais aumenta a necessidade de avaliações de campo que realmente mostrem a situação das operações agrícolas nas usinas.

O Centro de Tecnologia Canavieira, antigo centro da Copersucar que foi reestruturado este ano para atuar como empresa independente de tecnologia para o setor sucroalcooleiro, busca a cada dia aperfeiçoar os experimentos e técnicas de trabalhos realizados no campo, como avaliação da eficiência de limpeza de colhedoras, avaliação de falhas de plantio, levantamento de tempos operacionais, eficiência de corte de base, avaliação de novas máquinas e implementos.

O plano de estágio proposto tem como objetivo acrescentar conhecimento teórico-prático ao estagiário à medida que se envolva nos experimentos e pesquisas do CTC além de realizar o levantamento das etapas que envolvem o manejo da cana desde o preparo do solo até a entrega na esteira.

Vale ressaltar a ausência de maiores detalhes, tanto na descrição das atividades como nos resultados, por serem temas reservados por parte da empresa junto as usinas cooperadas ou por ainda não terem sido divulgados. Outro aspecto importante é o não cumprimento de algumas atividades descritas no plano de estágio inicial devido a problemas climático, reprogramação e priorização de projetos junto a usina.

Em relação ao treinamento de motoristas canavieiros voltados à condução econômica utilizando-se do medidor de consumo Siemens EDM1404 foi desenvolvido em agosto de 2004, como previsto, mas devido algumas mudanças necessárias por causa da greve na ESALQ, não foi possível acompanhar tal atividade. O ensaio de plantio mecanizado foi adiado para janeiro e fevereiro de 2005 devido as chuvas que atrasaram o termino da safra. A avaliação na colhedora Santal Tandem não foi possível pois a empresa não disponibilizou a colhedora para demonstração em nenhuma usina cooperada.

3. Descrição das Atividades Desenvolvidas

3.1 Avaliação de plantio manual x mecânico para 15 novas variedades NA usina são martinho

A mecanização da cultura da cana-de-açúcar encontrou no Brasil, um vasto campo para a introdução das inovações tecnológica. Em função da disponibilidade irregular da mão-de-obra e da busca por redução dos custos, a mecanização no processo de produção dessa cultura cresceu consideravelmente nos últimos anos, tornando-se irreversível diante das perspectivas para o futuro do setor no país. No princípio, a operação que teve maior contribuição tecnológica da mecanização foi a colheita da cana, a qual tem se mostrado em constante evolução, sendo imprescindível para atender toda a demanda de abastecimento do setor sucroalcooleiro. Para que a colheita mecanizada seja bem sucedida, é preciso estar atento ao plantio uma vez que a longevidade do canavial depende da interação entre estes dois métodos. Alguns dos cuidados a serem tomados para a execução da colheita mecanizada estão diretamente relacionados ao plantio como, talhões devidamente preparados, considerando o espaçamento ideal e as variedades mais adequadas.

Neste contexto a avaliação de plantio manual versus mecanizado teve por objetivo avaliar dentre as 15 variedades, quais se adaptam melhor para os dois tipos de plantio avaliado.

O ensaio foi realizado na Usina São Martinho, em área não comercial, após 30 e 60 dias do plantio, e em ambas as datas foram seguidos a metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar (Stolf, 1986), e a contagem de perfilhos.

As variedades analisadas foram: SP92-3349, SP92-1508, SP92-1001, SP92-1353, SP92-1631, SP92-4230, SP92-4221, RB928064, RB925345, IAC91-2195, SP80-1816, RB92-5907, RB92-5268, SP91-1049, SP80-3280. O ensaio era composto de três parcelas, sendo que cada parcela continha 4 linhas de 50 metros de cada variedade, duas plantada manualmente e duas mecanicamente (Plantadora Santal).

A metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar é extremamente simples, bastando contar e computar a somatória dos metros de falha acima de 0,5 m. Para tal, basta uma trena e uma peça de 0,5 m para definir se a falha é maior ou menor que este valor. Em campo, tanto para linha plantada com máquina quanto a manual, os passos seguidos foram:

- utilizando a peça de 0,5 m encontram-se as falhas em toda a linha de 50 m.
- a partir do zero a trena é esticada consecutivamente em cada falha encontrada.
- no final da linha anota-se o número de falhas presentes na linha e a somatória de todas as falhas encontradas (valor final da trena).

Para avaliar número de perfilhos foram utilizados gabaritos de 5 m de comprimento e contagem manual destes conforme descrito:

- em cada linha descartava-se uma bordadura de 5 m, tanto no fim quanto no início da linha.
- após a bordadura marcava-se 5,0 m no início da linha e contava todos os perfilhos.
- após a bordadura marcava-se 5,0 m no final da linha e contava todos os perfilhos.

Assim todos os dados foram marcados em planilha, transferidos para planilhas eletrônicas, gerando tabelas resumidas dos resultados e gráficos.

3.2 Avaliação de falhas para verificação da qualidade da muda NA usina santa luiza

O acompanhamento do plantio mecanizado é necessário uma vez que o futuro do canavial é muito dependente desta operação. Muitos são os fatores que interferem

na qualidade da operação, desde regulagem da plantadora, preparo do solo, época de plantio, escolha da variedade, qualidade e idade da muda.

Acompanhando a brotação da cana após plantio mecanizado, em área comercial na Usina Santa Luiza, notou-se visualmente, que ao lado do local de experimento o número de falhas era maior que o esperado, assim foi realizada uma avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar e a contagem de perfilhos a fim de confirmar tal suposição, uma vez que o plantio foi realizado no mesmo período, com a mesma plantadora, nas mesmas situações.

O local do ensaio era em área comercial, sem acompanhamento do plantio, com cana de 90 dias de idade, da variedade SP 86-1115. O experimento foi conduzido em 3 parcelas de 4 ruas de 100 m cada.

A metodologia para avaliação de falhas foi a mesma descrita no item anterior (3.2), sendo que os aspectos seguidos foram:

- primeiramente foi descartada 7 linhas como bordadura e 50 m no início da linha.
- utilizando a peça de 0,5 m encontram-se as falhas em todas as linhas de 100 m, para facilitar a medida destas.
- a partir do zero a trena é esticada consecutivamente em cada falha encontrada.
- no final da linha anota-se o número de falhas presentes na linha e a somatória de todas as falhas encontradas (valor final da trena).

Para avaliar número de perfilhos foram utilizados gabaritos de 5 m de comprimento e contagem manual destes conforme descrito:

- como na linha foi determinado 100 m, no meio desta, para avaliação não foi necessário o descarte de bordadura para iniciar a contagem dos perfilhos.
- assim no início da área marcada delimitou-se 5,0 m, tanto no início como no final da linha e contou-se todos os perfilhos.

Realmente o índice de falhas estava muito alto e como pode-se verificar que nas falhas havia cana plantada não germinada, assim verificou-se a proeminência das mudas e constatado que a idade da muda (13 meses) era o fator limitante da brotação, já que no local acima da área onde foi feito o acompanhamento do plantio as mudas eram mais novas (11 meses).

3.3 Acompanhamento das Frentes de Colheita Mecanizada, da Usina São Martinho para Verificar o Estado dos Cortes de Base Flutuante Desenvolvidos Pelo Ctc

3.4 Ensaio com a Colhedora Case in 2005 para Avaliar a Eficiência do Novo Sistema Hidráulico de Corte de Base Na Usina São Martinho, Pradópolis/sp

Com o crescimento do setor sucroalcooleiro e as novas tendências do mercado a empresa vem buscando cada vez mais aprimorar e desenvolver novos produtos. Um exemplo disto é o interesse desta em desenvolver um novo sistema de corte de base para melhorar a qualidade da cana colhida, reduzir o recolhimento de impurezas e aumentar a longevidade do canavial.

Com este intuito a Case NewHolland vem desenvolvendo um sistema de corte de base flutuante, e com o protótipo já trabalhando na Usina São Martinho foi possível a realização de uma avaliação deste novo sistema. Nos ensaios de campo utilizou-se de duas colhedoras Case montadas com corte de base flutuante que empregam diferentes princípios de funcionamento. A colhedora 51 da usina está equipada com corte de base mecânico composto por mecanismo de 4 barras que procura copiar o terreno através da reação que o solo aplica ao deslocamento do corte de base. A colhedora 351, protótipo ainda não disponível comercialmente, não possui o mecanismo de 4 barras para copiar o terreno, mas se utiliza do princípio de monitoramento da pressão hidráulica no circuito do corte de base para fazer a correção do posicionamento do mesmo em função da variação da pressão no referido circuito, ou seja, sempre que a pressão no circuito aumenta até atingir um determinado limite, o corte de base é levantado.

O objetivo do trabalho foi quantificar as perdas de cana no campo, na forma de toco, e a incidência de soqueira, impureza mineral (terra) e impureza vegetal na matéria-prima entregue na carga.

A metodologia obedecida no trabalho abrangeu as seguintes fases:

- análise das impurezas na carga caracterizando-se os componentes cana limpa, impurezas vegetais (palha e ponteiro ou "palmito"), impurezas minerais (terra) e rizomas (soqueiras).
- determinação das perdas visíveis de cana no campo, classificando-se os componentes seguintes: toco e pedaço de cana fixo, conforme metodologia Copersucar.

Para determinação das impurezas na matéria-prima destinada à moagem, foram retiradas dos equipamentos de transbordo, amostras coletadas em baldes plásticos para separação posterior da cana limpa, impurezas e rizomas.

Determinaram-se os componentes das perdas visíveis no campo da seguinte forma:

- foram demarcadas aleatoriamente na linha colhida (entrelinha a entrelinha), áreas de 7,5 m² (5,0m x 1,5m), para cada repetição.
- nestas áreas, recolheram-se separadamente os componentes toco e pedaço fixo (pedaço de cana maior que 20 cm e inferior a 2/3 do comprimento de um colmo inteiro) deixado no local, para pesagem.

Assim todos os dados foram passados para uma planilha eletrônica, analisados estatisticamente (ANOVA) gerando tabelas e gráficos que possibilitaram a comparação dos resultados.

3.5 Levantamento do Tempo Operacional dos Transbordos de 3 Eixos e de 2 Eixos Na Usina São Martinho

Na tentativa de melhorar os transbordos já existentes no mercado, visando aumentar a capacidade de carga, diminuir a compactação, arraste e o pisoteio, garantir uma confiabilidade da operação de colheita, com menor tara por cana transportada, o transbordo de 3 eixos foi desenvolvido no intuito de tornar as cargas destes compatíveis com os sistemas de transporte de Rodotrem (80 m³) e treminhão (56 m³), com menos componentes, maior disponibilidade, menor comprimento. Houve uma parceria entre a Usina São Martinho e o CTC no projeto e fabricação deste novo implemento. Atualmente o projeto encontra-se em fase de transição para empresas do setor.

O transbordo de 3 eixos em estudo (figura 1) é composto por 2 unidades iguais (total = 56 m³), sendo o eixo traseiro com feixes de mola, com o 1º e 3º eixos auto-esterçantes. Apresenta sistema de elevação e basculamento lateral, freio a ar no eixo central do tandem, é acoplado à barra de tração do trator que deve apresentar potência igual ou superior a 180 hp. As características técnicas do equipamento se resumem em: volume de 28,0 m³, capacidade de carga igual a 12,0 t, altura do transbordo de 3,50 m, com 7,00 m de comprimento e 3,20 m de largura, bitola traseira com 2,7 m, tara de 8,0 t, altura de descarga igual a 5,20 m



Figura 4 – Transbordo de 3 eixos em operação de carregamento

Com o transbordo de 3 eixos trabalhando na usina viabilizou um levantamento dos tempos operacionais destes e dos transbordos tandem, em áreas comuns, para fazer uma comparação e analisar a agilidade do novo implemento assim como sua viabilidade.

Para tal levantamento utilizou-se de uma planilha com as operações já estabelecidas e de um cronômetro. Os transbordos eram acompanhados passo a passo, durante o dia todo.

Os tempos operacionais levantados foram: deslocamento, deslocamento carregado, deslocamento vazio, abastecimento e lubrificação, limpeza, carregando, manobras de cabeceira, aguardando, descarregando, reparos mecânicos, administrativos.

Após análise destes tempos verificou-se que o transbordo de 3 eixos atendeu as expectativas, garantindo a confiabilidade da operação, tanto que para próxima safra outras usinas estarão adquirindo o implemento já que o transbordo está em fase de transição comercial.

3.6 Avaliação do Rendimento Operacional e da Eficiência de Limpeza e Perdas da Colhedora de Cana Picada em Função da Variação da Velocidade de Colheita Na Usina Santa Luiza, Motuca/sp

Com as leis ambientais que proíbem gradualmente a queimada da cana associada a uma falta de mão-de-obra para a colheita da cana, as usina de açúcar e álcool vem buscando cada vez mais mecanizar os canaviais mas com a preocupação de controlar custos e não perder a qualidade. Por este motivo as avaliações das

colhedoras de cana picada vem sendo de fundamental importância para o gerenciamento da operação pelas usinas.

As colhedoras de cana mais recentes já dispõem de recursos para regular determinados sistemas mecânicos como rotação do extrator primário e comprimento médio dos toletes, de forma que o ajuste determinado para cada sistema específico não interfira no desempenho dos demais sistemas mecânicos/hidráulicos da colhedora, o que era impossível nas máquinas mais antigas, aptas a colher apenas a cana queimada. Neste trabalho, objetivou-se verificar a influência da velocidade de deslocamento da colhedora visando analisar principalmente as perdas de cana, a eficiência de limpeza e a carga transportada.

O ensaio foi realizado no início de novembro de 2004, em área de produção comercial de cana para moagem da Usina Santa Luiza. A variedade colhida foi a SP80-1816, 5º corte, sem a queima prévia do canavial (cana crua).

A metodologia obedecida no trabalho abrangeu os seguintes aspectos, tanto para velocidade de 4,5 km/h quanto na de 6,0 km/h :

- análise das impurezas na carga caracterizando-se os componentes: cana limpa e impurezas vegetais (palha e ponteiro).
- determinação das perdas visíveis de cana no campo, classificando-se os componentes seguintes: cana inteira, pedaços de cana, lascas, toletes, toco e pedaço fixo.
- determinação da massa foliar remanescente no campo após a colheita.
- determinação do rendimento de colheita.

Para determinação das impurezas na matéria-prima destinada à moagem, foram retiradas aleatoriamente, em latões de 30L, duas amostras diretamente da carga do equipamento de transbordo, totalizando 12 amostras para cada velocidade. Destas era feita uma separação entre cana, palha, palmito e terra que logo após eram pesadas. Das amostras de palha de palmito retirava-se uma sub-amostra de cada que eram triturada, ensacada e enviadas para análise de umidade.

Determinaram-se os componentes das perdas visíveis e da massa foliar remanescente no campo após a colheita da seguinte forma:

- demarcou-se aleatoriamente na área colhida, parcelas de 16,8 m², abrangendo quatro linhas de 1,40m, num total de oito amostras em cada velocidade.
- nessas parcelas, recolheu-se todo material industrializável e massa foliar deixados no local, para pesagem.

- para separação do componente pedaço fixo de cana, considerou-se a técnica do corte com facão de tocos maiores de 15 cm..
- definiu-se como tolete, a fração do colmo com o corte característico do facão picador em ambas as extremidades.
- retirou-se uma amostra de palha de cada área para que fosse triturada e enviada para análise de umidade.

O rendimento operacional da colhedora foi determinado utilizando uma trena eletrônica, um sensor de velocidade e um cronômetro.

- registrava-se o tempo efetivo de carregamento do transbordo e o deslocamento da colhedora em função de uma carga (uma julieta – três transbordos).
- cada julieta foi pesada individualmente na balança da usina.

Assim todos os dados foram marcados em planilha, transferidos para planilhas eletrônicas, analisados estatisticamente (ANOVA), gerando tabelas resumidas dos resultados e gráficos.

3.7 Visita a Usina Santa Elisa, Sertãozinho/sp, Para Mostrar a Visitantes Estrangeiros a Cogeração de Energia e a Colhedora Santal Tandem, com Posterior Visita a Empresa

A Companhia Energética Santa Elisa é resultado da união da Usina Santa Elisa, fundada há 62 anos e da Usina São Geraldo, fundada há 52 anos. Hoje a usina tem capacidade de processar 7 milhões de toneladas de cana por ano, produzindo 300 milhões de litros de álcool e 460 mil toneladas de açúcar.

Além disso, a empresa também processa o bagaço, classificando-se como uma das maiores cogeneradoras de energia elétrica, a partir do bio-combustível, do Estado de São Paulo. O excedente, fornecido à CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz -, é suficiente para abastecer uma cidade de 60 mil habitantes.

O processo produtivo de açúcar e álcool gera ainda uma série de subprodutos, como vinhaça, melaço e pasta de celulose.



Na visita realizada a Usina Santa Elisa em outubro de 2004 foi possível conhecer toda estrutura voltada a cogeração de energia elétrica e como ocorre o processo. A visita foi acompanhada do filipino Luiz e do australiano Cris Norris, que vieram ao Brasil com o objetivo de conhecer as tecnologias aqui utilizadas na geração de energia e na área de mecanização.

Ainda na usina foi feita uma visita ao campo para acompanhar a nova colhedora Santal Tandem e, operação com posterior visita a fábrica da Santal, onde foi discutido mudanças em determinados pontos das colhedoras, como na abertura da boca da máquina e no desenho do pirulito.

3.8 Avaliação do Corte de Base Flutuante Automático x Corte de Base Flutuante Convencional, na Usina Santa Adélia, Jaboticabal/sp

3.9 Outras Atividades

Algumas outras atividades foram desenvolvidas no CTC no decorrer do estágio:

- Triturador de palha – busca pela Internet;
- Simulação – Mudanças no cenário da usina Interlagos, que começa a moer em 2006, para adequar mão-de-obra a jornada de trabalho, com o software ARENA;
- Análise de dados sobre o teste de 6 facas diferentes para o corte de base desenvolvida na Usina Santa Adélia.
- Pesquisa para montar um descritivo e um fluxograma das operações agrícolas para cana-de-açúcar, desde o preparo do solo até colocar a cana na esteira da indústria.

4. Considerações Finais

O estágio no CTC certamente acrescentou um conhecimento teórico-prático ao estagiário à medida que se envolveu nos experimentos e pesquisas do centro. O acompanhamento dos trabalhos de campo possibilitou um aprendizado das melhores metodologias para avaliação de colheita mecanizada assim como o processamento dos dados e a análise estatística possibilitaram um melhor entendimento dos testes.

As visitas as diferentes usinas possibilitaram o conhecimento de diferentes métodos de gerenciar a colheita mecanizada, de aprender sobre as máquinas utilizadas

e teste necessários no dia a dia para garantir uma boa safra. Também proporcionaram conhecer as oficinas mecânicas, caldeirarias e centros automotivos destas.

Além disto o convívio numa empresa ensina como se portar como um funcionário e não mais como um estudante. Ensina como respeitar as pessoas e o organograma da instituição, como conviver com os mais diferentes tipos de pessoas de uma maneira agradável. Sem dúvida é algo imprescindível para quem quer crescer e ser um ótimo profissional.

5. Bibliografia

ALCOOLBRAS. Colheita mecanizada exige adaptações no processo e pode estimular mercado de máquinas e implementos agrícolas. In: www.revistaalcoholbras.com.br/edicoes, visitado em 14 de maio 2004.

ALCOOLBRAS. Os caminhos da mecanização. Edição 84 de Março/Abril de 2004.

ANSEMI, R. Pesquisador defende utilização de plantio mecanizado. In: www.jornalcana.com.br/conteudo/noticia, visitado em 14 de maio 2004.

ARGO VDO. Manual do Medidor de consumo de Combustível: EDM 1403, São Paulo, SP.

NEVES, J. L. M. ; PERTICARRARI, J. G.v VII Seminário Copersucar de Tecnologia Agrônômica, Piracicaba, SP, p. 452.

OMETTO, J. G. S., VII Seminário Copersucar de Tecnologia Agrônômica, Piracicaba, SP, p. 452.

RIPOLI, C. T. Pesquisador defende utilização de plantio mecanizado. In: www.jornalcana.com.br/conteudo/noticia, visitado em 14 de maio 2004.

SILVA, J. E. A. R.; KOLLER, H. W. Treinamento de operadores , encarregados de campo e fiscais de corte na área de mecanização agrícola. In: VII Seminário Copersucar de Tecnologia Agrônômica, Piracicaba, SP, p 401-405.