

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**

**LEB – Departamento de Engenharia de Biosistemas**

**Disciplina 0110601 – Estágio Profissionalizante em Engenharia Agrônômica**

Avaliações para estudo de viabilidade de implantação de  
tecnologias de auto-direcionamento em operações mecanizadas em uma  
usina de cana-de-açúcar

Fernanda Cristina de Souza Silva

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Molin

Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Graduando em Engenharia Agrônômica

Piracicaba, Novembro de 2010

## INDICE

### Página

<b>1. RESUMO</b> .....	03
<b>2. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO – Descrição</b> .....	04
2.1. O PROJETO PILOTO AUTOMÁTICO .....	05
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	06
<b>4. O ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE</b> .....	11
4.1. Objetivos Gerais .....	11
4.2. Objetivos Específicos .....	11
<b>5. ENSAIOS REALIZADOS – Descrição e Metodologia</b> .....	11
5.1. Constituição da avaliação – Usina “A”, Jaboticabal .....	12
5.1.1. Variáveis adotadas nas caracterizações .....	12
5.2. Constituição da avaliação – Usina “B”, Pereira Barreto .....	13
5.2.1. Variáveis adotadas nas caracterizações .....	13
5.3. Constituição da avaliação – Fazenda “C” .....	13
5.3.1. Variáveis adotadas na caracterização .....	13
5.4. AVALIAÇÃO DOS DADOS .....	16
5.5. Ensaio 2. Quantificação de perdas visíveis no campo .....	16
5.5.1. Descrição e metodologia.....	16
5.5.2. Constituição .....	18
5.5.3. Variáveis adotadas na caracterização .....	18
5.5.4. Metodologia para amostragem e quantificação das perdas.....	18
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
6.1. Usina “A”, Unidade Jaboticabal .....	19
6.1.1. Sistemas semimecanizado e mecanizado para diferentes solos .....	19
6.1.2. Sistemas semimecanizado e mecanizado em diferentes declividades .....	20
6.2. Usina “B”, Pereira Barreto .....	22
6.3. Fazenda “C”, Guariba .....	24
6.4. Comparativos .....	26
7. Ensaio 2. Quantificação das perdas visíveis oriundas da colheita mecanizada .....	30
<b>8. OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS</b> .....	31
<b>9. CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES</b> .....	31
<b>10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35

## **1. RESUMO**

Nas últimas safras, as usinas têm investido no direcionamento via satélite, principalmente no auto-direcionamento ou piloto automático para as atividades que exigem algum tipo de orientação, principalmente no plantio mecanizado e na colheita. Tais sistemas automatizados são acoplados ao sistema de direção hidráulica do veículo, em que o sistema de direcionamento via satélite corrige a rota do veículo quando há necessidade, diminuindo o esforço do operador e aumentando a acurácia do sistema.

As usinas “A” e “B”, interessadas na adoção desse sistema em algumas de suas operações mecanizadas, sobretudo plantio e colheita, encontram-se em processo de negociação com uma empresa especializada na área, objetivando avaliar a viabilidade de adoção do piloto automático, pois, antes de uma tomada de decisão definitiva nesse aspecto, o grupo deseja levantar inicialmente os retornos que seriam obtidos com tal investimento, quantificando-os.

O presente trabalho consistiu principalmente no estudo de erros de paralelismo do plantio e quantificação do índice de perdas visíveis na colheita, mediante a coleta de dados em campo para as usinas “A” e “B”, pertencentes ao mesmo grupo, e posterior comparação a dados levantados em áreas de piloto automático não pertencentes à usina.

A média dos erros de paralelismo levantados no plantio realizado com piloto automático foi a menor entre as caracterizações, porém não garantiu qualidade de espaçamento significativamente superior às áreas de plantio realizadas na usina “A”. No entanto, para que se possa afirmar com maior precisão sobre a viabilidade do uso de piloto automático nas operações mecanizadas sugere-se a realização de avaliações para outros parâmetros levantados como benefícios trazidos pelo piloto automático, em áreas próprias das usinas “A” e “B”, com maior número de repetições e dados da literatura como suporte.

Palavras-chave: piloto automático, paralelismo de plantio, cana-de-açúcar

## **2. LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO – DESCRIÇÃO**

O estágio foi realizado em duas usinas do mesmo grupo, no estado de São Paulo. A primeira, denominada de usina “A”, encontra-se localizada a 15 km de Jaboticabal, e a segunda (Usina “B”) está localizada a 23 Km de Pereira Barreto.

Além de possuírem diferentes estruturas, explicadas pelas diferentes épocas e realidades em que foram adquiridas, as usinas situam-se em regiões de diferentes históricos e potenciais agro-climáticos.

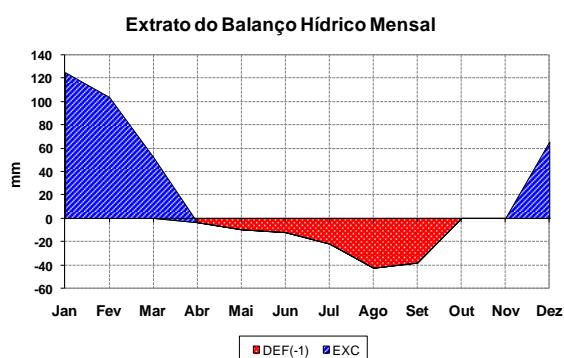


Figura 1. Balanço Hídrico da região de Jaboticabal

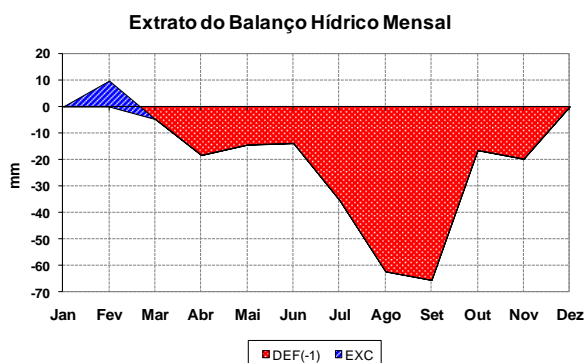


Figura 2. Balanço Hídrico de Pereira Barreto, região de grande déficit hídrico anual

Os solos, predominantemente argilosos para a unidade Jaboticabal, e caracterizados por textura média na unidade de Pereira Barreto, são utilizados durante todo o ano mesmo no período de reforma do canal, através do sistema de rotação de culturas com milho, amendoim e soja.

Na cana planta a usina tem como particularidade a realização da operação de nivelamento do sulco em 100% da área plantada e em aproximadamente 40% dessa área faz-se adubação complementar juntamente com essa operação. São realizadas adubações químicas e orgânicas, através de adubo fluido (no caso da unidade de Jaboticabal) formulado na própria usina, adubo granulado (em Pereira Barreto) e resíduos industriais tratados com processo de compostagem e enriquecidos com cálcio e magnésio, para ambas as usinas. Para isso são utilizadas carretas distribuidoras dos dois tipos de adubo simultaneamente, providas de descompactador do fundo do sulco. Cinquenta por cento das áreas recebem fertirrigação.

A frente de plantio mecanizado, para ambas as usinas, é composta basicamente por um caminhão bombeiro, cinco plantadoras acopladas a cinco tratores reboque, e dois sulcadores, um deles possuindo duas linhas, e o outro, possuindo uma linha para puxamento de ponta de sulco. Para a cobertura são utilizadas quatro cobridoras, enquanto três tratores reboque se encarregam de puxar os transbordos. No plantio de muda são utilizadas três colhedoras, dois reboques para as Julietas e quatro treminhões para a realização do transporte.

A colheita manual representa 25% do total de cana colhida. A unidade de Pereira Barreto possui uma frente manual, enquanto Jaboticabal possui duas frentes, nomeadas F1 e F2. Cada frente é constituída por duas carregadoras e dois tratores reboque, terceirizados. As carregadoras possuem rastelo rotativo, visando facilitar o corte da cana e reduzindo a quantidade de terra no seu carregamento. O transporte é realizado 100% com frota própria por caminhões do tipo treminhão em Jaboticabal e cerca de 90% próprio com rodotrem em Pereira Barreto.

A colheita mecanizada tem estrutura semelhante para ambas as usinas, sendo cada uma das unidades constituídas por quatro frentes, com colhedoras dos modelos John Deere 3510 e John Deere 3520. Pereira Barreto possui vinte e duas colhedoras, já a usina de Jaboticabal possui vinte e quatro colhedoras. As máquinas possuem esteira metálica, sistema de transbordo montados em caminhões com pneus de baixa pressão e alta flutuação, objetivando-se o menor adensamento do solo. Esse sistema é utilizado tanto na colheita de cana queimada quanto para cana sem queima.

Além do açúcar e do álcool a usina possui como produtos a levedura, o bagaço e a energia, sendo o primeiro obtido no processo de fermentação e utilizado como fonte de proteínas, vitaminas e palatabilizante na composição de rações animais. O bagaço é usado como combustível para as caldeiras, além de aproveitado como ração para bovinos através do processo de auto-hidrólise.

A partir da safra de 2002, foi iniciada a comercialização de energia elétrica excedente com a CPFL. O total de energia exportada pela termoelétrica de Jaboticabal na safra de 2010 foi de mais de 98.000 MWh, correspondente a uma exportação média horária próxima de 20 MW.

Na usina de Jaboticabal, a capacidade diária de moagem é de 12000 toneladas de cana, e produção de 850 toneladas de açúcar e 650 metros cúbicos de etanol. Em Pereira Barreto tem-se a mesma capacidade de moagem, e produção de 1100 metros cúbicos de etanol. As duas usinas, juntas, empregam em média quatro mil pessoas. A área total colhida na unidade de Jaboticabal e Pereira Barreto para a safra 2010/2011 ultrapassou, respectivamente, os 25 mil e 29 mil hectares.

## 2.1. O Projeto Piloto Automático

Durante o ano de 2010 foram realizadas reuniões entre a diretoria das duas usinas e técnicos de uma empresa, proponente do pacote de tecnologias para implantação do sistema de piloto. Foram fornecidas à usina sínteses de trabalhos técnicos, apresentando

informações correspondentes aos benefícios trazidos pela utilização do sistema de piloto automático. Em resumo, essas informações comparam operações em áreas de cana-de-açúcar realizadas com e sem Piloto Automático, adotando-se os seguintes parâmetros comparativos:

1. Erros de espaçamento em plantio;
2. Consumo de combustível e capacidade operacional efetiva na sulcação;
3. Consumo de combustível e capacidade de processamento de cana na colheita;
4. Porcentagem de perdas visíveis geradas na colheita em áreas plantadas com e sem piloto automático.

Entretanto, os benefícios apresentados no mercado para a utilização de sistemas de autodirecionamento nas operações de plantio e colheita podem ser refletidos quantitativamente sob diferentes formas, visto que a qualidade dessas operações envolve a interação de uma série de fatores, fatores esses comumente atrelados a peculiaridades climáticas e/ou gerenciais e administrativas, de cada usina.

Por esse motivo, o presente trabalho buscou analisar a viabilidade da implantação do sistema de piloto automático, mediante a investigação da atual situação das operações de plantio e colheita nas usinas “A” e “B”.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

Com aproximadamente seis milhões de hectares de cana-de-açúcar plantados no país, segundo o United States Department of Agriculture (USDA, 2008) o Brasil é o maior produtor de açúcar e álcool do mundo, tendo ultrapassado a produção da Índia e União Européia, desde 2002. Dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar, do Ministério da Agricultura e UNICA, mostram para o país no ano-safra 2008/2009, a produção de 31,05 milhões de toneladas de açúcar, e para a produção de álcool o equivalente a 25 bilhões de litros. Estima-se que a demanda de etanol para o ano de 2010 será de aproximadamente 30 bilhões de litros, havendo previsões de aumento do consumo interno de etanol combustível e das exportações brasileiras de etanol decorrente do interesse mundial pela mistura do álcool à gasolina, e na produção brasileira de biodiesel. Para o açúcar brasileiro, as perspectivas vêm aumento nas exportações na ordem de US\$ 2 bilhões por ano.

O sistema de produção de cana-de-açúcar engloba diversas operações mecanizadas e isso pode resultar, dependendo do paralelismo e do espaçamento das fileiras de cana, no pisoteio nas fileiras, fatores que podem reduzir a produtividade e a longevidade do canavial. Claramente, para atender à demanda projetada do setor, será necessário que haja a ampliação da capacidade de produção, mediante aplicação de processos mais eficientes para melhoria da produtividade e da qualidade, juntamente com a redução dos custos de produção.

Por ser uma cultura semi-perene, o plantio consiste em uma operação fundamental, pois erros durante a demarcação das fileiras de plantio e na manutenção do paralelismo entre as fileiras geram dificuldades para todas as operações subseqüentes, afetando todo o processo produtivo. Na sulcação, durante o plantio, gera a redução do estande, e nas operações de cultivo tríplice, colheita e aplicação de herbicidas, o alinhamento das máquinas é afetado. Se as fileiras estão desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações em todos os ciclos e cortes são evidentes. Para o cenário da sustentabilidade da cana um dos problemas é o tráfego indiscriminado de rodados sobre as soqueiras, especialmente na colheita mecanizada. Outras dificuldades causadas por desalinhamento são as falhas na pulverização e falhas na eliminação mecânica de soqueiras durante o processo de arranquio.

Assim, as tecnologias de direcionamento automático estão ganhando espaço no setor sucroalcooleiro, colaborando para a diminuição dos desperdícios e redução dos custos de produção. Isso se deve em grande parte aos avanços da eletrônica, sensores, atuadores e controladores microprocessados e talvez o mais importante, que foi o grande viabilizador da AP, o Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS).

Nas últimas safras, as usinas têm investido no direcionamento via satélite, principalmente no auto-direcionamento ou piloto automático para as atividades que exigem algum tipo de orientação, principalmente no plantio mecanizado e na colheita. Tais sistemas automatizados são acoplados ao sistema de direção hidráulica do veículo, em que o sistema de direcionamento via satélite corrige a rota do veículo quando há necessidade, diminuindo o esforço do operador e aumentando a acurácia do sistema.

De acordo Baio (2007), em diversas operações agrícolas durante o cultivo de um talhão de cana são necessárias diversas aplicações, operações ou atividades que exigem algum tipo de orientação, principalmente no plantio da cana, onde não há nenhuma referência. Campos et al 2008, identificou e avaliou as variáveis críticas presentes no

processo de produção da cana-de-açúcar, tendo encontrado o espaçamento irregular entre sulcos como a mais crítica.

Os espaçamentos inadequados e a ausência de paralelismo entre as fileiras podem acarretar em desperdício da área útil que poderia ser cultivada com cana, no caso de espaçamentos maiores do que o planejado; diminuição da eficiência de aplicação de fertilizantes, corretivos e no controle fitossanitário; pisoteio das fileiras de cana devido ao tráfego de máquinas, que podem prejudicar o sistema radicular das soqueiras devido à compactação do solo, promovendo a morte de gemas por esmagamento, atraso na emissão de novas raízes e da própria brotação, configurando na destruição parcial ou total das soqueiras, falhas na brotação e redução da população de colmos, que pode ao longo dos cortes, reduzir a longevidade do canavial.

Métodos como os marcadores de espuma, riscadores de solo e a utilização de correntes ou cabos foram desenvolvidos para a orientação das máquinas em faixas adjacentes. A utilização dessas técnicas, porém, incorre freqüentemente em sobreposições e falhas na demarcação das fileiras e dos espaçamentos desejados, com reflexos nas operações posteriores de aplicação de defensivos e de adubos ou corretivos.

Com o surgimento dos Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), formado atualmente pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS), dos EUA, o Sistema de Satélites de Navegação Global (GLONASS), da Rússia, e o Sistema de Satélite de Navegação Europeu (Galileo), da União Européia, ainda em desenvolvimento, foram criadas tecnologias que utilizam o posicionamento instantâneo do conjunto mecanizado na lavoura.

A primeira das tecnologias de direcionamento via GNSS a surgir foi a barra de luz. Introduzida nas operações mecanizadas no final dos anos 1990, foi desenvolvida para servir como um guia para o operador em aplicação de produtos em faixas paralelas e, originalmente, concebida como guia em aplicações aéreas visando eliminar a necessidade de sinalizadores ou bandeirinhas. Hoje já é comercializada para substituir o uso de marcadores de espuma em aplicação de defensivos, tendo rapidamente se tornado uma prática padrão para muitos produtores e operadores (LOWENBERG-DEBOER, 2004). A barra de luz oferece a informação visual sobre a rota programada através de um conjunto de luzes indicativas dispostas à frente do operador, que pode assim manter o equipamento no caminho certo. É comum também a utilização de um visor que indica ao operador qual o erro em metros em relação ao alinhamento predeterminado, dentre outras informações.



Os sistemas de direcionamento automático representaram o passo seguinte nesse processo evolutivo das tecnologias do GNSS na agricultura. Assim surgiram os sistemas de piloto automático nos equipamentos agrícolas. Agora é o próprio sistema de direcionamento via satélite que corrige a rota do veículo quando há necessidade, reduzindo o esforço do operador e aumentando a precisão do trabalho. Há diversos sensores instalados na máquina para a determinação do posicionamento em campo, do alinhamento planejado, inclinação da máquina, posição dos rodados e do volante.

Existem disponível no mercado dois tipos de sistema de direcionamento automático. O sistema universal que permite a utilização em diversos modelos e tipos de veículos e máquinas agrícolas. Trata-se de um atuador de volante com um motor elétrico que governa a direção e mantém o veículo no trajeto desejado durante as operações agrícolas. O outro é o sistema integrado de piloto automático onde o controle do direcionamento do rodado do veículo é feito por um conjunto de componentes eletrônicos e hidráulicos integrados no seu sistema de direção.

De acordo com Stafford (1996), as aplicações de GNSS na área de AP, requerem acurácias dos receptores, dependentes da operação e dos indicativos de variabilidade que cada operação demanda. O grau de precisão do trabalho é determinado pelo sistema de correção dos sinais do GPS utilizado, a qual pode ser realizada após a coleta dos dados, ou em tempo real. No primeiro caso, é necessário um software de pós-processamento e registros de dados simultâneos para ambos os receptores. Para operações em tempo real o receptor base deve enviar imediatamente para o receptor móvel o sinal de correção diferencial, o que pode ser obtido via estações de rádio terrestres, pelo uso de satélites de comunicação ou por sinais de telefone (LIMA, 2006).

Os sistemas mais comuns para uso na agricultura são três: o DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial), o GPS absoluto com correção por algoritmo e o RTK (Real Time Kinematic). O nível de precisão desejado para uma determinada aplicação é que determina a adoção de um ou outro sistema. O DGPS permite obter menor erro na determinação do posicionamento, sendo uma técnica empregada para remover a maioria dos erros aleatórios na utilização do GPS, oferecendo uma precisão entre 10 e 60 centímetros, suficiente para a maioria das aplicações na agricultura de precisão. Na correção por algoritmo, os receptores GPS trabalham em posicionamento absoluto, e a correção se dá pela diminuição da dispersão dos erros, alcançando maior precisão, o que permite que o sistema seja usado com sistemas de piloto automático.

Segundo Baio (2007), algumas aplicações agrícolas exigem acurácia tão elevada que os sistemas DGPS não podem oferecer, como é o caso da sulcação e do plantio mecanizado da cana-de-açúcar. Daí então há a necessidade da utilização da tecnologia mais acurada e avançada atualmente para o uso civil, no caso o GPS com correção RTK. Este sistema é muito semelhante ao funcionamento do DGPS por correção via link de rádio e estação própria. A base recebe os sinais dos satélites GPS, compara com a posição em que a mesma está estacionada e envia a informação de correção para o GPS que está no veículo em operação (trator ou colhedora). A diferença fundamental entre o DGPS via rádio e o RTK é que este último possui um programa interno muito mais poderoso para o cálculo das coordenadas, filtros para eliminação de ruídos e multicaminhamento e, fundamentalmente, dupla frequência para a recepção dos sinais dos satélites GPS (código C/A, L1 ou/e L2, enquanto que o DGPS trabalha somente com o código C/A). A grande maioria dos sistemas RTK possui acurácia em torno de 0,02 m (HARBUCK, 2006), podendo chegar a acurácia milimétrica. Este sistema de correção está sendo difundido principalmente no setor canavieiro (como também na cotonicultura), pois o investimento nesta tecnologia se paga em função da redução dos custos de produção devido a sua utilização, também pelo fato de que as operações agrícolas em um talhão de cana geralmente envolvem várias máquinas utilizando da mesma base RTK, diluindo o custo de investimento entre todas as máquinas que utilizam a correção dentro de um raio de alcance, que fica geralmente entre cinco e quinze quilômetros, e utilizando a mesma frequência de transmissão, mesmo que sejam de usinas diferentes. Outra possibilidade é a locação deste tipo de base durante o período operacional.

Utilizando barra de luz e sinal SF1 em um pulverizador auto-propelido Spra-Coupe, modelo 4640, em teste de campo, Stombaugh (2001) obteve desvios com limite 0,60m e 0,79m, valores superiores aos encontrados com o sinal de correção SF1 no presente ensaio, que variaram de 0,034 a 0,084 m. Esse resultados mostram a superioridade da acurácia do piloto automático em relação à barra de luz, o que era esperado.

Oliveira, 2009 avaliou a acurácia da utilização de dois tipos de piloto automático de mercado (universal e integrado) e dois tipos de sinais de correção diferencial (RTK e SF1) na operação de abertura de sulcos para o plantio de cana-de-açúcar. Verificou-se que nos casos em que se utilizou o piloto automático, a frequência de pontos nas classes abaixo de 0,02 m foi de até 51%; sem o uso dessa tecnologia, a frequência é reduzida para 26%. Observou-se também que o menor erro médio de paralelismo foi obtido com o sistema integrado de piloto automático recebendo o sinal de GPS RTK. De maneira geral o

sistema de piloto automático integrado obteve melhor desempenho que o sistema universal, tanto em percursos retos quanto em percursos curvos.

Assim como outras tecnologias, o lucro dos sistemas de auto-orientação por GNSS depende da redução de custos ou do aumento da produção. Lowenberg-DeBoer (2004) afirma que na Califórnia, EUA, o fato da auto-orientação dar aos produtores uma maior flexibilidade nos contratos de trabalho, tem sido uma chave para os lucros. Por exemplo, no passado, poucos operadores podiam operar a máquina em linha reta com qualidade e eficiência; esses operadores especializados demandam maior remuneração e nem sempre estão disponíveis. Com os sistemas de auto-orientação, produtores puderam escolher uma maior gama de operadores sem reduzir a qualidade do trabalho. Além do mais, foi possível trabalhar mais horas no dia, à noite e em condições de pouca visibilidade.

#### **4. O ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE**

##### **4.1. Objetivos Gerais**

- Proporcionar ao estudante a oportunidade de vivenciar a rotina diária de um Engenheiro Agrônomo no âmbito técnico-experimental em uma usina de cana-de-açúcar, contribuindo para a formação e o aprimoramento acadêmico do estudante, e, ao mesmo tempo, proporcionar a utilização dos conhecimentos adquiridos a favor da empresa onde o estágio será realizado.
- Adquirir e partilhar conhecimentos e experiências com o Departamento Agrícola da usina, mediante a realização de estudos bibliográficos, estudos de caso e condução de experimentos envolvendo a Agricultura de Precisão.

##### **4.2. Objetivos Específicos**

Realizar a descrição do “status quo” das operações de plantio e colheita em áreas representativas das usinas “A” e “B”, mediante a realização de caracterizações, levantamento e estudo de dados para essas duas operações, os quais serão utilizados como auxiliares para a análise de viabilidade, retorno de investimentos e validação dos custos do projeto piloto automático na usina.

#### **5. ENSAIOS REALIZADOS - DESCRIÇÃO E METODOLOGIA**

## **ENSAIO 1: Avaliação da qualidade do paralelismo no plantio de cana-de-açúcar.**

A caracterização consistiu na medição dos espaçamentos entre linhas vizinhas de cana-de-açúcar em talhões de cana-planta. Tal medição foi realizada utilizando-se uma trena, na densidade de um ponto medido a cada cinco metros de linha contínua de cana dentro da parcela, totalizando cem medições por talhão.



Figura 3. Medição de espaçamento entre linhas utilizando-se o método da trena

Buscou-se escolher talhões sob solos e formas de relevos representativos a cada local onde foi realizado esse tipo de avaliação. Os locais escolhidos, todos no estado de São Paulo, foram: “Usina A”, em Jaboticabal, “Usina B”, na cidade de Pereira Barreto, e o terceiro local correspondeu a uma fazenda de cana-de-açúcar (“Fazenda C”), no município de Guariba, no estado de São Paulo.

### **5.1. CONSTITUIÇÃO DA AVALIAÇÃO – Usina A, Jaboticabal**

Para a usina situada em Jaboticabal, foram realizadas duas caracterizações:

Caracterização I: Avaliação de paralelismo em plantio semi-mecanizado

Caracterização II: Avaliação de paralelismo em plantio mecanizado

#### **5.1.1. VARIÁVEIS ADOTADAS NAS CARACTERIZAÇÕES:**

- Solos

Foram escolhidas duas áreas representativas: uma de solo argiloso (teor de argila médio de 40%) e outra, com solo textura média (teor médio de argila de 20%).

- Inclinação do terreno

Na área caracterizada por solo argiloso, realizou-se a medição em um talhão situado sob relevo plano e em um talhão situado em área de declive.

## **5.2. CONSTITUIÇÃO DA AVALIAÇÃO – Usina B, Pereira Barreto**

Nesse caso foi realizada uma caracterização, de paralelismo em plantio mecanizado (Caracterização III).

### **5.2.1. VARIÁVEIS ADOTADAS NA CARACTERIZAÇÃO:**

- Tipo do percurso realizado na operação mecanizada

Para a fazenda escolhida na usina, fazenda esta caracterizada por solo textura média e relevo plano, realizou-se a medição de paralelismo em dois tipos de talhões: o primeiro caracterizado por sulcação em linha reta, e o segundo talhão, caracterizado por sulcação em linha curva.

## **5.3. CONSTITUIÇÃO DA AVALIAÇÃO – Fazenda C**

Caracterização IV. Avaliação de paralelismo em plantio mecanizado realizado com piloto automático.

A ausência de áreas plantadas e/ou colhidas com piloto automático nas usinas “A” e “B” levou à investigação de tal sistema em áreas não pertencentes à usina, tendo sido escolhida para tal a Fazenda C, a qual iniciou a utilização de plantio com Piloto Automático no ano de 2007, estando tal sistema atualmente presente na totalidade das áreas da fazenda C

### **5.3.1. VARIÁVEIS ADOTADAS NA CARACTERIZAÇÃO:**

Para a Fazenda C, a caracterização foi realizada apenas em área de latossolo argiloso (teor de argila acima de 40 %), em área de declive inferior a 10%, tendo sido realizadas três repetições para essa situação.

**ESQUEMA:**

**5.1. Usina "A"**

I. PLANTIO SEMI-MECANIZADO	<b>Solo</b>	<b>Relevo (Inclinação)</b>
	Textura argilosa	Plano ( $\leq 5\%$ )
	Textura média	Inclinado ( $> 10\%$ )
		Plano ( $\leq 5\%$ )

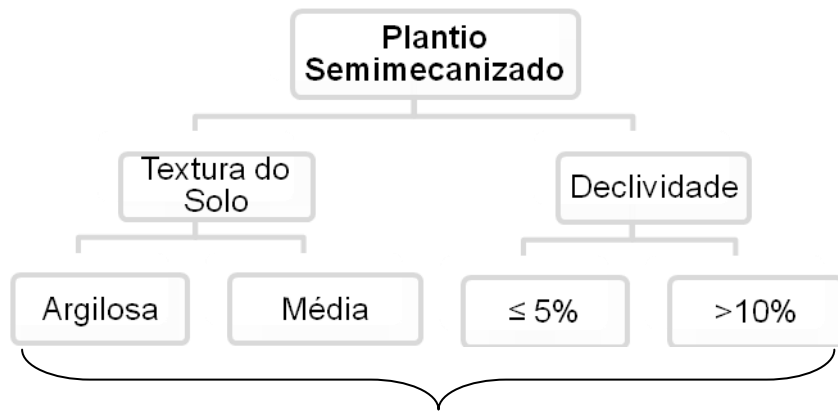
II. PLANTIO MECANIZADO	<b>Solo</b>	<b>Relevo</b>
	Textura argilosa	Plano ( $\leq 5\%$ )
	Textura média	Inclinado ( $> 10\%$ )
		Plano ( $\leq 5\%$ )

**5.2. Usina "B"**

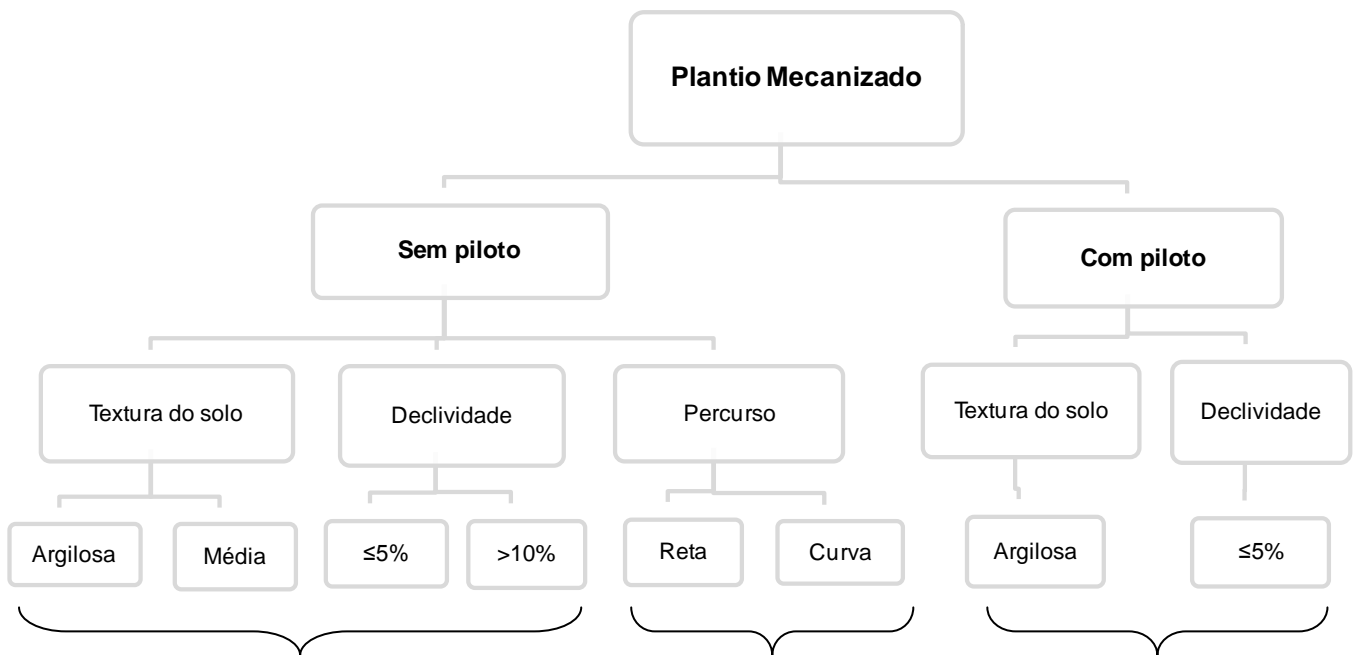
III. PLANTIO MECANIZADO	<b>Solo</b>	<b>Percurso</b>
	Textura Média	Reto
		Curvo

**5.3. Fazenda "C"**

IV. PLANTIO MECANIZADO COM PILOTO AUTOMÁTICO	<b>Solo</b>	<b>Relevo (Inclinação)</b>
	Textura argilosa	Plano ( $\leq 5\%$ )



**5.1. Usina "A"**  
Caracterização I.



**5.1. Usina "A"**  
Caracterização II

**5.2. Usina "B"**  
Caracterização III

**5.3. Fazenda "C"**  
Caracterização IV

#### **5.4. AVALIAÇÃO DOS DADOS:**

Para cada uma das caracterizações e suas variações, foi construída uma planilha para análise dos erros de paralelismo, utilizando-se da estatística descritiva e medidas de tendência central (média, mediana, moda), medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação) e histogramas de classes de erros. Como valor de referência para os cálculos dos erros e avaliações adotou-se o espaçamento “teórico” ideal, adotado pela usina, correspondente a 1,5m, com erro permitido de  $\pm 5$ cm.

Utilizando-se o software estatístico SASM-Agri, efetuou-se a análise de variância e Teste de Tukey, Duncan e Scott-Knott, para o cálculo de separação de dados de cada caracterização e suas variáveis, e posteriormente entre as quatro diferentes caracterizações.

A partir das informações obtidas, foram estimadas as perdas em metros lineares para cada caracterização, avaliando-se em paralelo, para cada uma dessas, a magnitude dos benefícios sugeridos com a adoção do piloto automático.

#### **5.5. ENSAIO 2. Quantificação de perdas visíveis no campo, oriundas da colheita mecanizada**

##### **5.5.1. DESCRIÇÃO E METODOLOGIA:**

Em áreas de colheita mecanizada foi acompanhado o levantamento e quantificação da presença de matéria-prima, remanescente da operação de colheita, classificada nas categorias: toco cana inteira, cana ponta, tolete, lasca e pedaço, as quais se encontram descritas abaixo:

- Toco: pedaço de colmo preso à soqueira, acima do solo e menor que 20 cm. Acima desse tamanho será considerado pedaço.
- Cana Inteira: pedaço de cana igual ou maior que  $2/3$  do tamanho normal da cana do canavial avaliado, podendo ou não estar presa às raízes.
- Cana Ponta - pedaço de cana agregada ao ponteiro. A retirada de cana ponta é feita quebrando-se manualmente o colmo no ponto de menor resistência.
- Tolete: pedaço de cana esmagado ou não com corte característico do facão picador ou corte de base em ambas as extremidades.
- Lasca - São fragmentos de cana totalmente dilacerados.
- Pedaço - variações de cana que não se encaixam nas definições anteriores; sem as características de toco, cana inteira, tolete, lasca e cana ponta.





Figura 4. Categorias para classificação das perdas em colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Fonte: CTC.

Diariamente, realizou-se o levantamento de três pontos recém colhidos mecanicamente, escolhidos de maneira aleatória, para cada frente de colheita. Cada ponto de amostragem correspondeu a uma parcela de 6 m<sup>2</sup> de área (2 linhas de cana de 2 metros de comprimento cada, espaçadas de 1,5 m), apresentada na figura 5, tendo sido realizada para cada ponto a coleta e separação das sobras de cana-de-açúcar nas categorias já descritas, as quais foram pesadas logo em seguida. Salienta-se para o fato de que se buscou garantir a máxima confiabilidade na obtenção dos dados, evitando-se a realização de amostragens em áreas passíveis de causar interferência no resultado das perdas, tais como irregularidades do terreno como sulco fundo, infestação de mato, curvas de nível, abertura de aceiro, área com queda de toletes dos transbordos, pedras na área de colheita, etc.



Figura 5. Ponto de amostragem de perdas na colheita

### 5.5.2. CONSTITUIÇÃO:

Para o presente ensaio foi realizado, em ambas as unidades do grupo canavieiro, a quantificação de perdas visíveis na colheita mecanizada de uma maneira geral, sem isolar e sem estudar separadamente os fatores passíveis de interferir nos dados levantados, como os tipos de solo e variedades presentes em cada área amostrada.

### 5.5.3. VARIÁVEIS ADOTADAS NA CARACTERIZAÇÃO

A única variável avaliada na presente caracterização corresponde às quatro frentes de colheita mecanizada da usina, as quais se apresentam numeradas de 3 a 6 na unidade “A”, e numeradas de 1 a 4 na unidade “B”.

#### ESQUEMA:

I. COLHEITA MECANIZADA  
Unidade “A”

{  
Frente 3  
Frente 4  
Frente 5  
Frente 6

II. COLHEITA MECANIZADA  
Unidade “B”

{  
Frente 1  
Frente 2  
Frente 3  
Frente 4

### 5.5.4. METODOLOGIA PARA A AMOSTRAGEM E QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS:

Os dados coletados foram inseridos em planilha para a realização de análise estatística descritiva e exploratória dos dados.

As perdas foram calculadas de forma absoluta (t/ha), multiplicando-se por 1000 o produto entre a massa total de perdas em Kg e a área amostrada em m<sup>2</sup>. Para o valor em porcentagem, dividiu-se este valor pela produtividade do canavial + perdas calculadas.

$$\text{PERDAS (\%)} = \frac{\text{Perda no campo (t/ha)}}{\text{Produtividade do canavial + Perdas no campo (t/ha)}} \times 100$$

Após a obtenção dos índices de perdas, essas foram classificadas em: baixa, média ou alta, de acordo com os valores estabelecidos pelo CTC, descritos na tabela 1.

Tabela 1. Limites de perda em % e níveis de classificação adotados pelo CTC

Nível de Perdas	% de Perdas
BAIXO	<2,5
MÉDIO	Intervalo 2,5 - 4,5
ALTO	>4,5

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ENSAIO 1 - Avaliação da qualidade do paralelismo no plantio de cana-de-açúcar.

#### 6.1. Usina “A”, Unidade de Jaboticabal

Os valores de espaçamentos entre linhas mensurados nos plantios semi-mecanizado e mecanizado, encontram-se distribuídos abaixo, em classes e suas respectivas frequências, para as variáveis “sistema de plantio”, “tipo de solo” e “declividade” trabalhadas.

##### 6.1.1. Sistema Semi-mecanizado e Sistema Mecanizado para diferentes solos

Observa-se que em se tratando de plantio semi-mecanizado, aquele correspondente à área de solo argiloso mostrou maior homogeneidade na distribuição de frequência de erros, apresentando 35% dos espaçamentos inferiores a 1,45m, e 28% dos espaçamentos superiores a 1,55m. Já para a área plantada em solo de textura média a distribuição dos erros apresentou maior heterogeneidade, refletindo em apenas 2% de espaçamentos inferiores a 1,45m, contra 44% das medidas acima do limite máximo de espaçamento permitido.

Para os plantios mediante sistema mecanizado, não foram verificadas diferenças para os distintos solos no que diz respeito à homogeneidade na distribuição dos espaçamentos e erros de paralelismo. Em solo argiloso foi verificada maior concentração na distribuição dos valores de espaçamento na faixa desejada pela usina, estando 70% deles situados entre 1,45m e 1,55m, equivalendo a 30% de erros de paralelismo. No solo de textura média, o erro de paralelismo correspondeu a 61%. Entre todos os tratamentos, aquele que apresentou maior frequência de erros de paralelismo foi o plantio semi-mecanizado em solo argiloso, o qual mostrou 63% de erros, contra 46% de erros em solo textura média, sob o mesmo sistema de plantio.

## Freqüência de Espaçamento Entrelinhas

### Plantio Semi-mecanizado

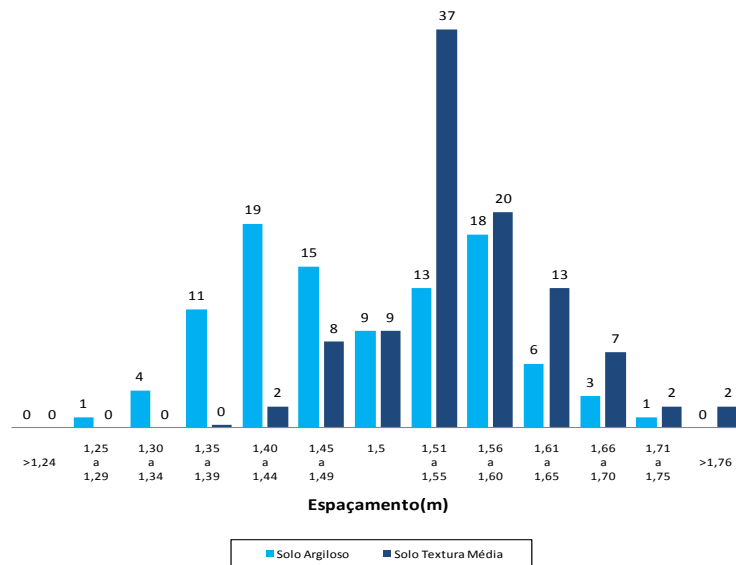


Figura 6. Distribuição entre classes de espaçamento de plantio para distintos solos em plantio semimecanizado

## Freqüência de Espaçamento Entrelinhas

### Plantio Mecanizado

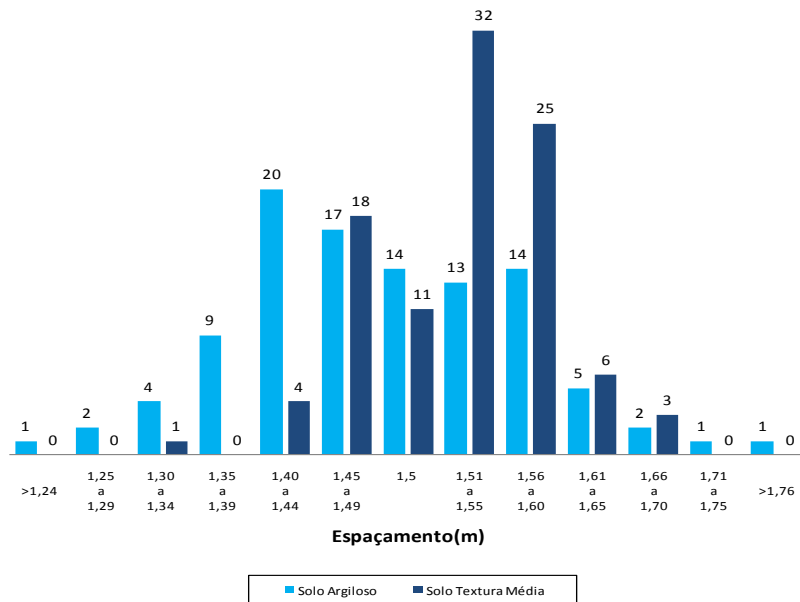


Figura 7. Distribuição entre classes de espaçamento de plantio para distintos solos em plantio mecanizado

## 6.1.2. Sistema Semi-mecanizado e Mecanizado para diferentes declividades.

Verificou-se que na área de plantio semi-mecanizado em solo argiloso, o índice de erros de paralelismo foi maior nas áreas planas, totalizando 76% dos dados levantados, contra 50% para a área declivosa. Observou-se que para todas as classes situadas fora do limite de erros de espaçamento desejado (1,45m -1,55m) os erros de paralelismo foram maiores em área plana.

Constatou-se que em área plana e argilosa o plantio mecanizado apresentou erro médio (em módulo) de 0,041 m, e assim, dentro do limite aceitável de +/- 0,055 m. Já o plantio semimecanizado excedeu esse limite em 0,022 m.

Na área com solo de textura média, o plantio com menor distribuição de erros foi o semimecanizado, tendo mesmo assim ultrapassado o limite em 1,6cm. Já o plantio mecanizado, ultrapassou o erro aceitável em +/- 0,02 m.

A análise de variância apresentada na tabela 2, mostra que tais diferenças observadas, para os diferentes solos, em plantio semi-mecanizado e mecanizado, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Tabela 2. Análise estatística para plantios semimecanizado e mecanizado sob diferentes solos

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F(1%)	F(5%)	
Blocos	99	0,2832	0,0029	12,083	16,015	13,941	
Fator A	1	0,0378	0,0378	157,500	68,980	39,371	significativo (5%)
Resíduo (a)	99	0,2377	0,0024				
Parcelas	199	0,5587	0,0028				
Fator B	1	0,0189	0,0189	0,0000	67,646	38,889	não significativo
Int.AXB	1	0,0337	0,0337	0,0000	67,646	38,889	não significativo
Resíduo(b)	198	0,6447	0,00				
Total	399	12,560					
C.V.(a)	73,81						
C.V.(b)	0,00						

## Freqüência de espaçamento Entrelinhas

### Plantio Semi-mecanizado

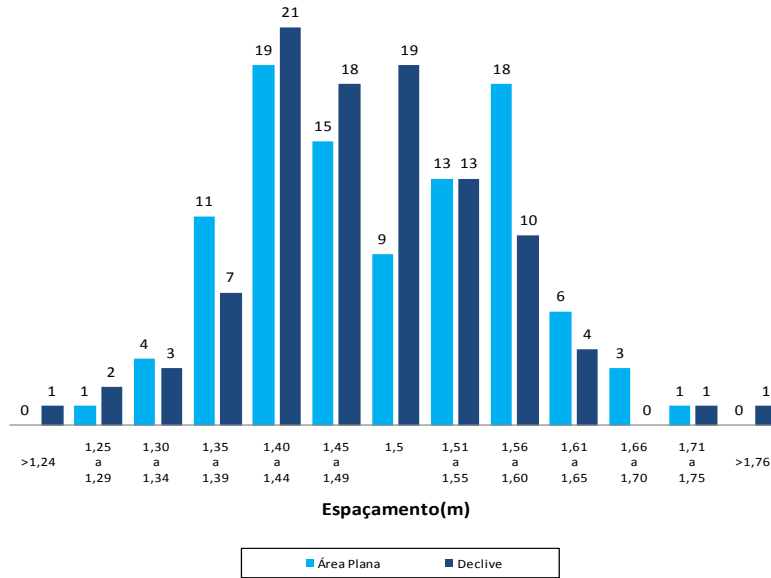


Figura 8. Distribuição entre classes de espaçamento de plantio para diferentes declividades em plantio semimecanizado

## Freqüência de Espaçamento Entrelinhas

### Plantio Mecanizado

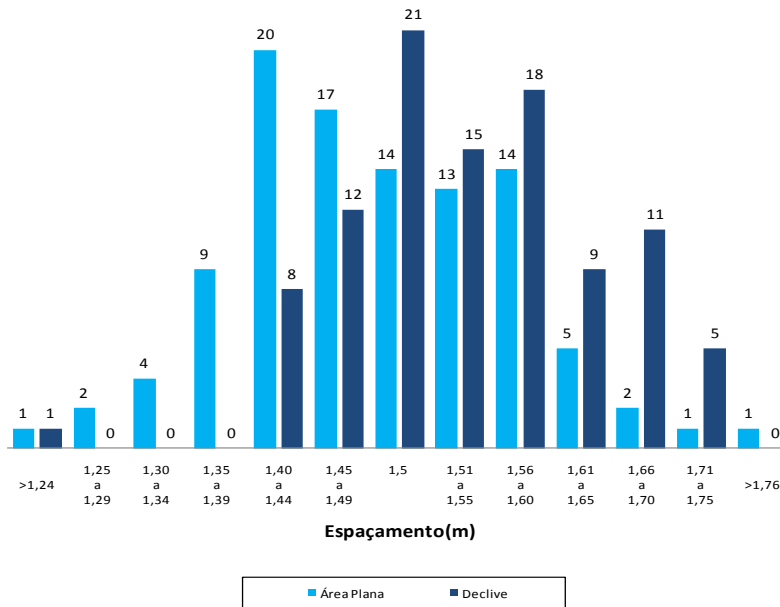


Figura 9. Distribuição entre classes de espaçamento de plantio para diferentes declividades em plantio mecanizado

Para o plantio mecanizado em área de declive em solo argiloso, a porcentagem de erros de paralelismo foi quase a mesma apresentada para a mesma situação de relevo e solo: 51%. No entanto, a área declivosa apresentou maior porcentagem de erros, ao verificar-se para a área argilosa plana plantada mecanicamente uma porcentagem de erros equivalente a 30%.

Assim como para a variável “solo” discutida, as caracterizações envolvendo a variável “declividade”, para ambos os sistemas de plantio, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas a um nível de 5% de probabilidade.

As medidas de tendência central e de desvio padrão calculados para cada um dos tratamentos encontram-se resumidas na Tabela 3.

Tabela 3. Análise estatística para plantios semimecanizado e mecanizado, em solo argiloso, para diferentes declividades

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F(1%)	F(5%)	
Blocos	99	0,2993	0,0030	0,9375	16,015	13,941	o significativo
Fator A	1	0,0156	0,0156	48,750	68,980	39,371	nificativo (5%)
Resíduo (a)	99	0,3123	0,0032				
Parcelas	199	0,6272	0,0032				
Fator B	1	0,0640	0,0640	0,0000	67,646	38,889	o significativo
Int.AXB	1	0,0124	0,0124	0,0000	67,646	38,889	o significativo
Resíduo(b)	198	0,7760	0,00				
Total	399	147,960					
C.V.(a)	89,96						
C.V(b)	0,00						

## 6.2. Usina “B”, Unidade de Pereira Barreto

Foi verificado que para as duas caracterizações, a distribuição dos erros esteve concentrada, em sua totalidade, em valores acima do limite máximo de 1,55m.

Freqüência de Espaçamento Entrelinhas

Percurso Reto X Percurso Curvo

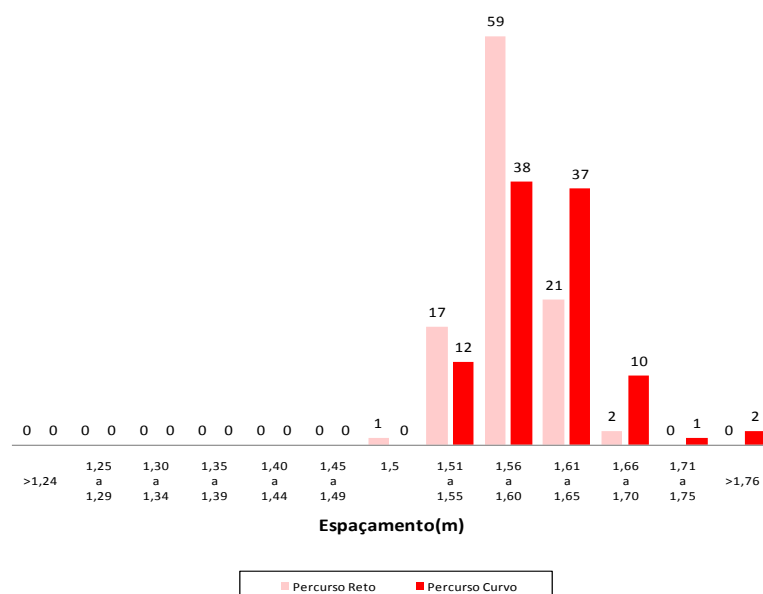


Figura 10. Distribuição entre classes de espaçamento de plantio mecanizado realizado em linha reta e em linha curva 23

No plantio realizado em percurso reto, a média dos erros de espaçamento foi equivalente a 0,08 m. Em área de curva essa média correspondeu a 0,11 m. A tabela 4 apresenta a correlação entre as caracterizações, com diferenças significativas a 5% de probabilidade. A distribuição comparativa dos erros, mostra para o plantio em linha reta a ocorrência de 81,5%, estando aproximadamente 72% desses erros situados na classe de 1,56m-1,60m.

Para o número total de dados coletados em percurso curvo, os erros de paralelismo corresponderam a 87,5%. Estes erros mostraram-se distribuídos em maior concentração nas classes de 1,56m-1,60m e 1,61m-1,65. Os 13,5% restantes dos erros caracterizaram espaçamentos acima de 1,65m, contra 3% no caso de percurso reto.

O percurso realizado em linha curva apresentou 7% a mais de erros de paralelismo em relação ao plantio feito em linha reta.

Tabela 4. Análise estatística para plantios mecanizados em percurso reto e curvo

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F(5%)	F(1%)
Tratamentos	1	0,0316	0,0316	37,230	38,888	67,646
Resíduo	198	0,1682	0,0008			
Total	199	0,1998				
C.V.	30,40%					
Grau de significância	5%					
Tratamento	Média	Repetições	Scott-Knott	Tukey	Duncan	
Percurso Curvo	0,1084	100	a	a	a	
Percurso Reto	0,0833	100	b	b	b	
C.V.	30,40%					

### 6.3. Fazenda “C”, Guariba-SP

Os dados levantados para espaçamento entre linhas de plantio realizado com piloto automático compuseram a seguinte distribuição:

#### Frequência de Espaçamento Entrelinhas

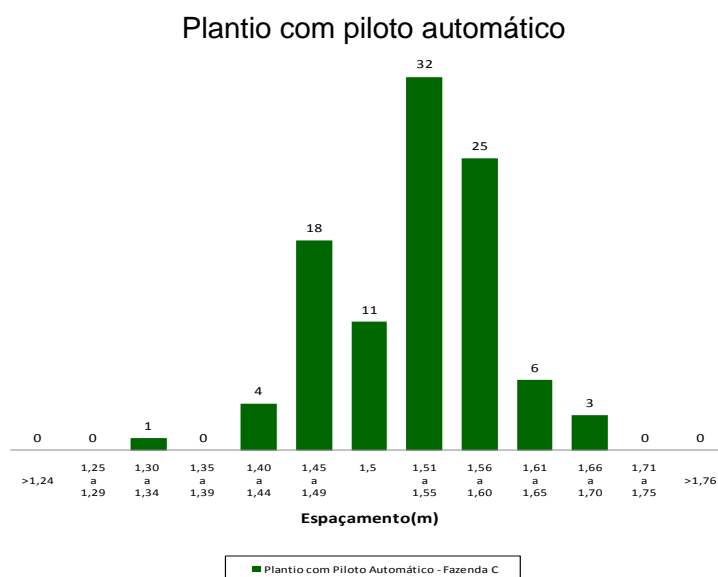


Figura 11. Distribuição entre classes de espaçamento para plantio realizado com piloto automático



Observa-se que 61% dos dados mensurados encontram-se na faixa de espaçamento de 1,45m-1,55m. Nota-se ainda uma maior concentração de erros correspondentes a espaçamentos maiores que o limite superior permitido, ou seja, 34% dos levantamentos de paralelismo corresponderam a valores superiores a 1,55m. Os valores que ultrapassaram o limite inferior foram quantificados em 5%.

Tal distribuição não apresentou grandes diferenças quando comparada àquela apresentada no gráfico fornecido pela fazenda, o qual apresentou 69,6% dos valores medidos dentro do limite de 1,45m-1,55. A maior frequência de erros também foi verificada para o limite superior a 1,55m, correspondendo a 19,5% do total de medições, ou 70,9% dos erros.

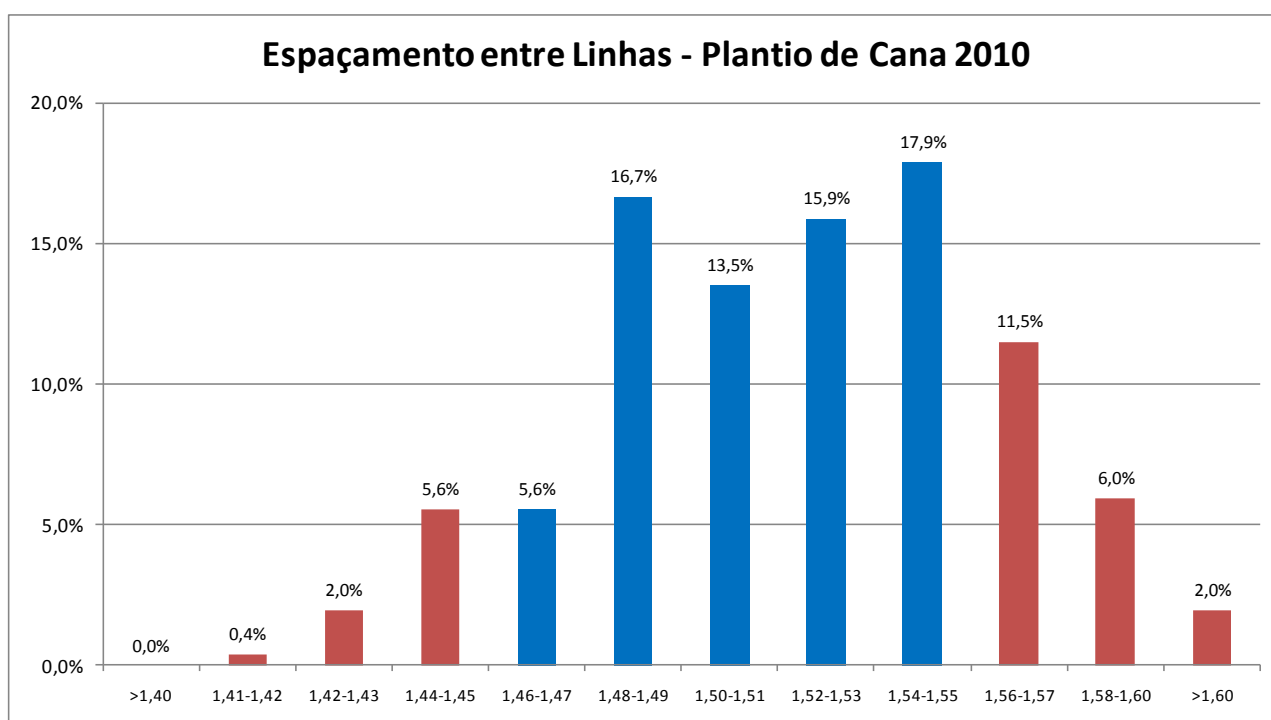


Figura 12. Distribuição entre classes do espaçamento médio entre linhas no plantio de 2010 da Fazenda C, fornecido pela mesma.

As medidas de tendência central e de desvio padrão calculados para cada uma das caracterizações encontram-se resumidas na tabela 5:

Tabela 5. Estatística descritiva das caracterizações realizadas

Caracterização			Erro Médio	Mediana	Moda	S	S <sup>2</sup>	Mínimo	Máximo
			m						
SEMI-MECANIZADO	Solo Argiloso	Área Plana	0,078	0,07	0,1	0,056	0,003	0	0,25
		Área Inclinada	0,064	0,05	0	0,063	0,004	0	0,29
MECANIZADO SEM PILOTO AUTOMÁTICO	Solo Textura Média	Área Plana	0,074	0,05	0,04	0,066	0,004	0	0,27
		Área Inclinada	0,077	0,06	0	0,074	0,005	0	0,3
MECANIZADO SEM PILOTO AUTOMÁTICO	Solo Argiloso	Área Plana	0,041	0,03	0	0,042	0,002	0	0,18
		Área Plana	0,073	0,07	0,07	0,053	0,003	0	0,24
MECANIZADO COM PILOTO AUTOMÁTICO	Solo Textura Média	Percurso Reto	0,083	0,06	0,09	0,033	0,001	0	0,18
		Percurso Curvo	0,108	0,08	0,1	0,05	0,002	0,01	0,28
MECANIZADO COM PILOTO AUTOMÁTICO	Solo Argiloso	Área Plana	0,051	0,05	0,05	0,045	0,002	0	0,18
		Percurso Reto							

## 6.4. COMPARATIVOS:

### I. Plantio realizado com Piloto Automático

#### X

#### Plantio da Usina “A” (Unidade Jaboticabal)

As áreas da unidade de Jaboticabal apresentaram 53% dos espaçamentos no intervalo de 1,45m-1,55m, correspondendo à ocorrência de 20,5% a mais de erros de paralelismo quando comparadas às áreas mensuradas na Fazenda “C”. Assim como para a Fazenda “C”, os erros encontrados com maior frequência nas áreas da “A” situaram-se à direita do gráfico, sendo os espaçamentos superiores a 1,55m correspondentes a 36% do total das mensurações. Os espaçamentos inferiores a 1,45m totalizaram 12% das mensurações, o equivalente a 25% do total dos erros de paralelismo.

O erro médio de espaçamento nas áreas plantadas com piloto automático correspondeu a 5,1 cm. Para as áreas de Jaboticabal, o erro de paralelismo foi de aproximadamente 6,6 cm, calculado já considerando que não houve diferenças estatisticamente significativas para os diferentes solos e formas de relevo.

## Frequência de erros de paralelismo

### Usina "A" X Fazenda "C"

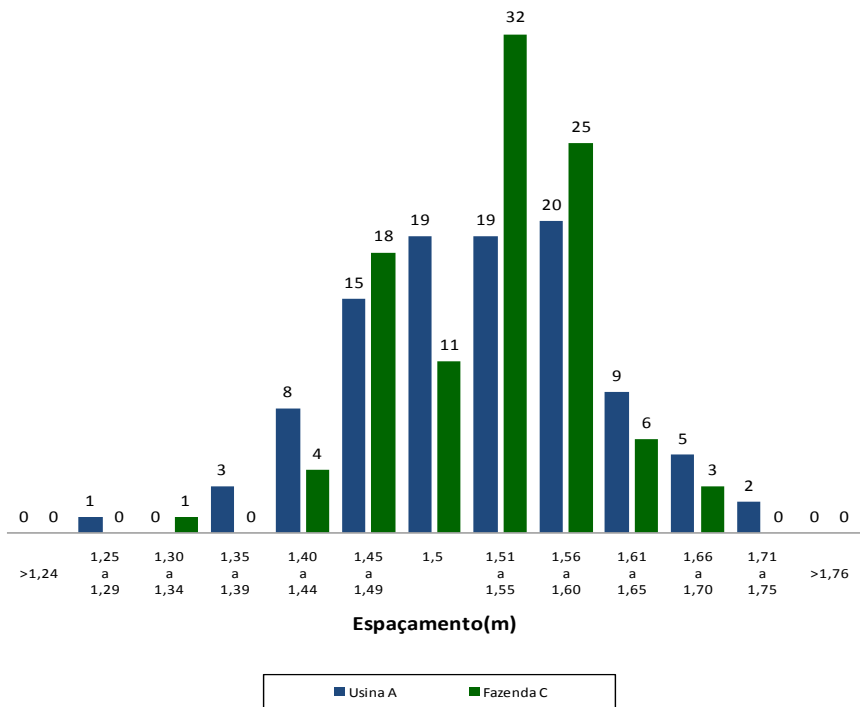


Figura 13. Distribuição entre classes de espaçamento para plantio realizado com e sem o uso do piloto automático

## II. Plantio realizado com Piloto Automático X Plantio da Usina "B"

### Frequência de Espaçamento Entrelinhas

#### Usina "B" X Fazenda "C"

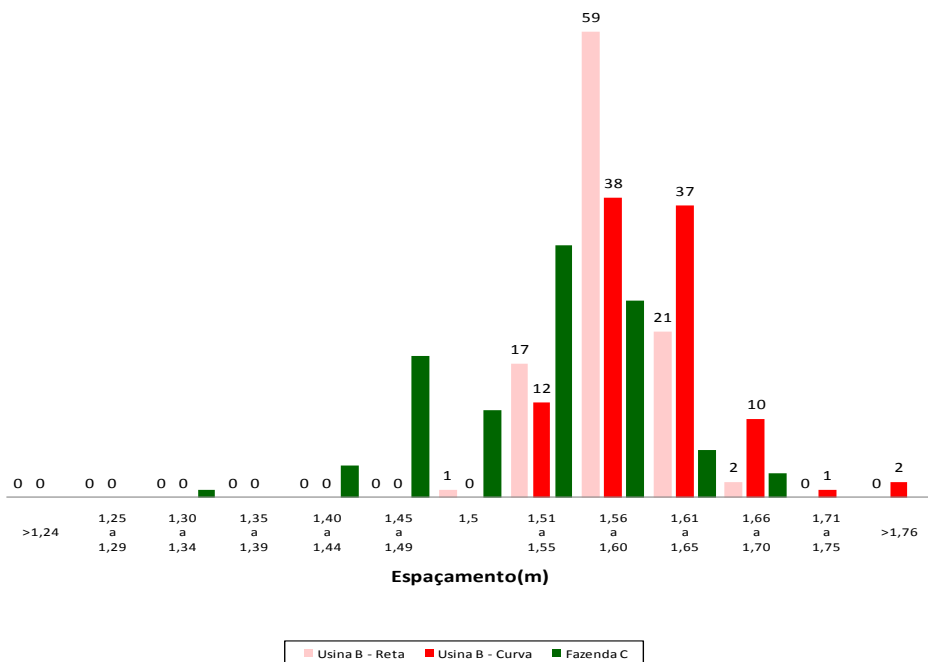


Figura 14. Distribuição entre classes de espaçamento de plantio realizado com piloto automático e sem uso do piloto automático em trajetos retos e curvos

Os 81,5% de erros de paralelismo levantados para o plantio em percurso reto, juntamente aos 87,5% dos erros correspondentes ao plantio em curva, ambos já discutidos, apresentaram-se muito superiores quando comparados ao plantio nas áreas da Fazenda “C”. Os erros em percurso reto e curvo foram, respectivamente, 110,2% e 125,6% maiores em relação ao plantio realizado com piloto automático.

Os testes de separação de erros apontaram diferença significativa a apenas 1% de probabilidade para a caracterização correspondente ao plantio sem a utilização de piloto automático da unidade de Jaboticabal, as caracterizações em percurso reto e curvo da unidade “B” e a caracterização realizada na Fazenda “C” envolvendo a utilização de piloto automático no plantio, apresentadas na tabela 6.

Tabela 6. Análise estatística para as caracterizações com e sem piloto automático comparadas

Causa da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	F(5%)	F(1%)
Tratamentos	3	0,36132	0,12044	7,01839	2,61592	3,80543
Resíduo	796	136,601	0,00172			
Total	799					
C.V.	53,63%					
Grau de Significância	5%					
Tratamento	Média	Repetições	Scott-Knott	Tukey	Duncan	
Sem Piloto Automático Jaboticabal	0,0675	200	a	a	a	
Sem Piloto Automático Percurso Reto Pereira Barreto	0,0833	200	b	b	b	
Sem Piloto Automático Percurso Curvo Pereira Barreto	0,10845	200	c	c	c	
Piloto Automático Fazenda "C"	0,051475	200	d	d	d	
C.V.	53,63%					

Adotando-se o espaçamento entrelinhas desejado, e os espaçamentos levantados para cada caracterização, calculou-se as respectivas perdas em número de metros lineares de cana-de-açúcar por hectare, as quais se encontram na tabela 7, constatando-se que o menor percentual de erros da Fazenda “C” foi contrabalanceado por seu alto percentual de erros acima de 1,55 metros. Para as caracterizações de Jaboticabal e Fazenda “C”, o espaçamento foi estatisticamente o mesmo, correspondente a 1,53 metros. Conseqüentemente, apresentaram o mesmo número de metros lineares por hectare. A unidade de Pereira Barreto apresentou as caracterizações com maiores perdas em metros lineares por unidade de área, tendo as perdas obtidas nos percursos retos e

curvos correspondido respectivamente a 147% e 212% das perdas do plantio realizado com piloto automático.

Tabela 7. Espaçamento médio e perdas em metros lineares entre caracterizações

Espaçamento (Classe)	Sem Piloto Automático (Jaboticabal)	Sem Piloto Automático Percurso Reto (Pereira Barreto)	Sem Piloto Automático Percurso Curvo (Pereira Barreto)	Piloto Automático Fazenda "C"
1,25 - 1,29	1	0	0	0
1,30 - 1,34	0	0	0	1
1,35 - 1,39	2	0	0	0
1,40 - 1,44	8	0	0	4
1,45 - 1,49	15	1	1	18
1,5	19	1	0	11
1,51 - 1,55	19	17	12	32
1,56 - 1,60	20	58	38	25
1,61 - 1,65	9	20	37	6
1,66 - 1,70	5	3	10	3
1,71 - 1,75	2	0	1	0
1,76 - 1,80	0	0	1	0
<b>Espaçamento Médio (m)</b>	<b>1,53</b>	<b>1,58</b>	<b>1,61</b>	<b>1,53</b>
<b>Metros lineares/ha</b>	<b>6530,8</b>	<b>6318,7</b>	<b>6227,0</b>	<b>6525,7</b>
<b>Perda metros/ha</b>	<b>135,8</b>	<b>347,9</b>	<b>439,6</b>	<b>141,0</b>

O gráfico a seguir resume o “status quo” do paralelismo de plantio nas unidades de Jaboticabal (JB), Pereira Barreto (PB) e o plantio realizado com piloto automático na fazenda A.

Freqüência de Espaçamento Entrelinhas de plantio –  
Comparativo

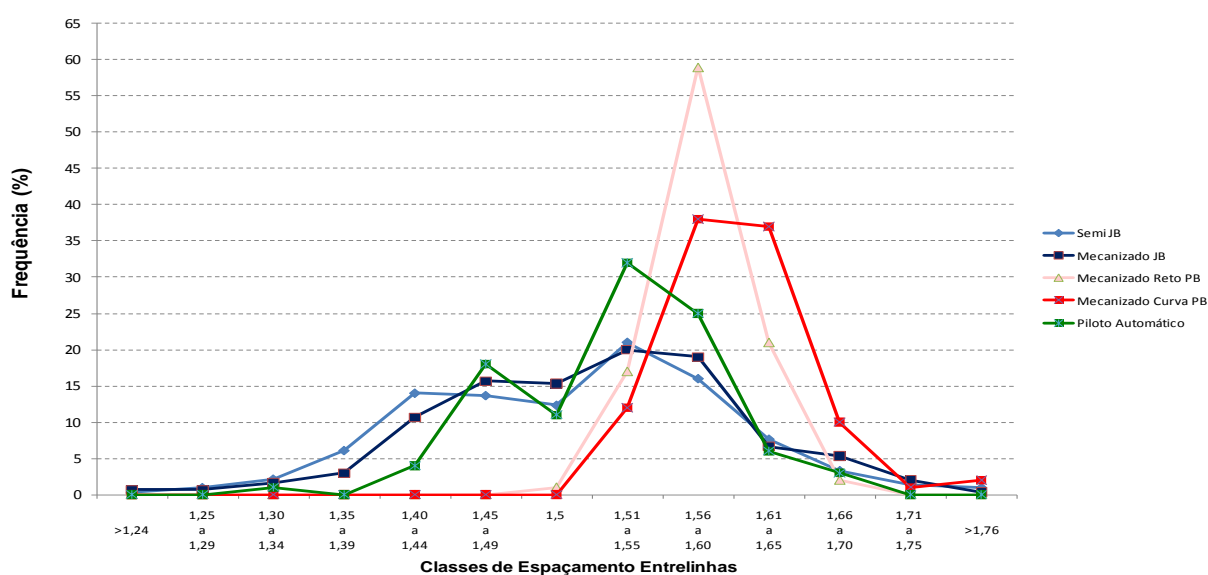


Figura 15. Distribuição das classes de espaçamento entrelinhas nos plantios para as quatro caracterizações realizadas

## 7. ENSAIO 2. Quantificação de perdas visíveis oriundas da colheita mecanizada

As classificações e quantificação das perdas na colheita, para as unidades Jaboticabal (JB) e Pereira Barreto (PB), encontram-se expressas a partir do gráfico que segue.

Perdas de cana-de-açúcar decorrentes da colheita mecanizada  
Mês correspondente: Setembro de 2010

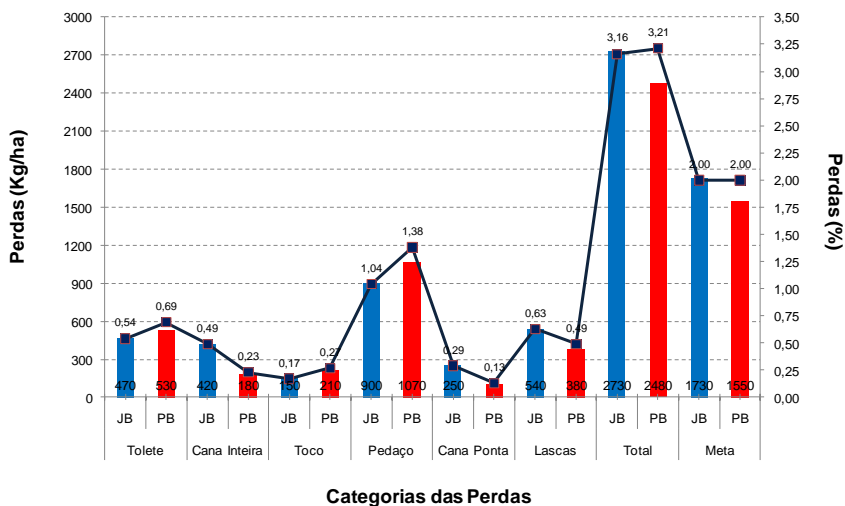


Figura 16. Classificação das perdas no mês de setembro de 2010 – Unidades Jaboticabal (JB) e Pereira Barreto (PB)

As perdas e suas respectivas categorias apresentaram-se com caráter semelhante para ambas as usinas, verificando-se que a categoria “pedação” foi aquela presente em maior quantidade para os dois casos, correspondendo a uma perda próxima de 1000 quilos por hectare.

Perdas de cana-de-açúcar  
Quantificação por frentes de colheita mecanizada

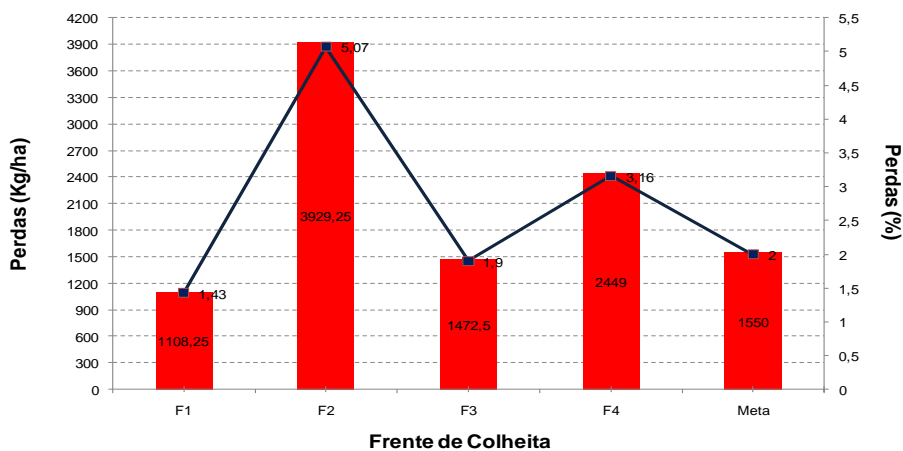


Figura 17. Perdas oriundas por frente de colheita no mês de setembro de 2010 – Unidade Pereira Barreto (PB)

A partir da figura 17, avaliando-se a porcentagem média de perdas para cada frente de colheita, verificou-se na unidade de Pereira Barreto uma perda equivalente a 5% na colheita realizada pela frente 2, considerada pelo CTC como um alto índice de perdas. Já as frentes 1 e 3 alcançaram a meta estabelecida como 2% máximo em perdas.

Para a unidade de Jaboticabal, porém, nenhuma das frentes atingiu a meta, tendo todas as frentes caracterizado a operação de colheita em índices médios de perdas.

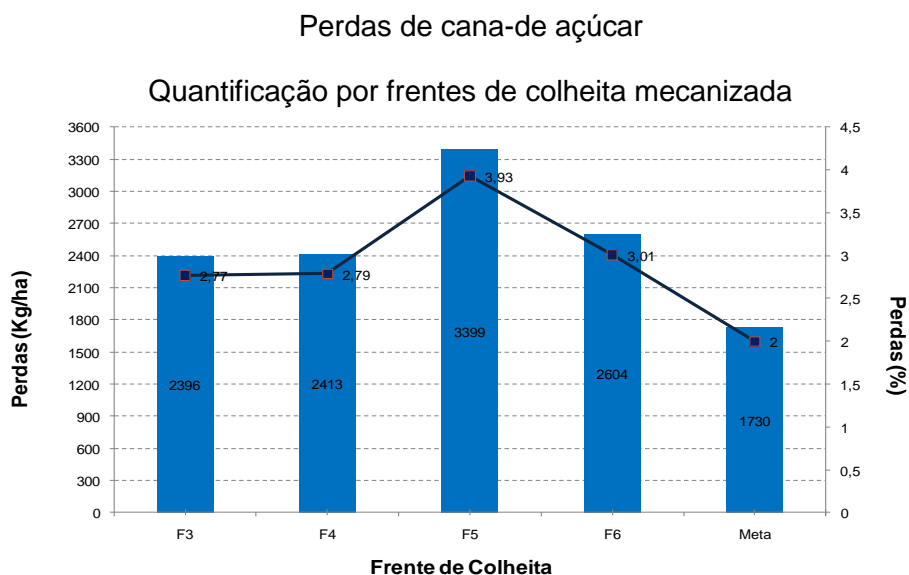


Figura 18. Perdas oriundas por frente de colheita no mês de setembro de 2010 – Unidade Jaboticabal (JB)

## 8. OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE

- Participação no Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, Ribeirão Preto, Setembro de 2010.
- Participação na Apresentação de Tecnologias ATS – Massey Ferguson, IAC, Ribeirão Preto, Outubro de 2010.
- Realização de amostragens georreferenciadas de solos, em grade amostral de cinco hectares, objetivando-se investigar a variabilidade entre talhões num mesmo bloco, e comparar as recomendações de calagem e adubação definidas pela usina com as recomendações geradas a partir dos mapas de solo georreferenciados gerados.

## 9. CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Convém salientar, inicialmente, que os resultados aqui apresentados e discutidos não devem ser extrapolados para a totalidade das áreas, visto que a densidade das avaliações realizadas não fornece suporte para esse tipo de generalização.

Para as áreas avaliadas constatou-se estatisticamente que a qualidade do plantio, no que se refere às medidas de espaçamento entrelinhas, não diferiu entre os sistemas semi-mecanizado e mecanizado.

Comparando-se isoladamente os sistemas semi-mecanizado e mecanizado de plantio, para solos argilosos e de textura média, verificou-se que diferenças texturais não influenciaram de forma diferente na qualidade do espaçamento entre linhas. Os resultados analisados referentes à variável declividade também não apresentaram diferenças significativas de paralelismo entre as áreas planas e inclinadas, o que diferiu da hipótese inicial, para a qual se esperava encontrar maiores erros de paralelismo em situações de solo e terreno menos favoráveis para a operação mecanizada. Uma explicação para isso, inclusive comentada pelos funcionários durante as operações, é que em condições de solo e relevo desfavoráveis para uma boa operação de plantio, os operadores realizam essa atividade com maior atenção e minúcia.

As avaliações de paralelismo de plantio realizadas na unidade de Pereira Barreto mostraram que, nos percursos em linha curva a incidência de erros é maior quando comparada à mesma operação em linha reta, tendo essa última se mostrado 7% abaixo dos erros encontrados para o plantio realizado em linha curva.

A média dos erros de paralelismo do plantio realizado com piloto automático foi a menor entre as caracterizações, diferindo estatisticamente, ainda que em baixo grau. Porém essa menor média não garantiu melhor qualidade de espaçamento na área de plantio comparada às áreas avaliadas da usina “A”, tendo as caracterizações de plantio, na ausência e na presença de piloto automático, apresentado o mesmo espaçamento médio, e conseqüentemente, mesmo número de metros lineares por hectare. Para a realidade do plantio avaliado na unidade de Pereira Barreto, as perdas em metros lineares tanto no plantio realizado em percurso reto quanto curvo, foram significativamente maiores quando comparadas ao plantio da Fazenda “C”.

Entre todas as caracterizações realizadas, o plantio em linha curva, na unidade de Pereira Barreto, seria a situação para a qual a adoção de sistema de piloto automático traria maior benefício, seguido pelo plantio em linha reta, realizado na mesma unidade.

As avaliações de paralelismo feitas para plantio com piloto automático trouxeram diversos questionamentos acerca dos resultados encontrados, sobretudo em relação ao grande percentual de medições encontradas fora da faixa de espaçamentos entrelinhas desejada, o contrário do que se esperava obter. No entanto, ainda que dado o pequeno número de áreas levantadas, estas apresentaram resultados bem semelhantes àqueles



fornecidos pela própria Fazenda “C”. Em contrapartida, não foi possível acompanhar o plantio na Fazenda C, trazendo como consequência o não acompanhamento de eventuais problemas que possam ter acontecido na operação, impedindo a avaliação desses como hipótese causadora dos resultados pouco satisfatórios do plantio realizado com o piloto automático.

Tendo em vista a baixa diferença significativa entre o espaçamento médio da usina unidade Jaboticabal e a Fazenda “C”, levantou para a unidade de Pereira Barreto a hipótese de que suas perdas em metros lineares estejam relacionadas a fatores que não exclusivamente a ausência do piloto automático, sugerindo-se a realização de maior controle durante a operação de plantio a fim de evitar erros de espaçamento e aproximar a qualidade de paralelismo da unidade de Pereira Barreto àquela encontrada para a unidade de Jaboticabal.

O ideal teria sido a avaliação de plantio com piloto automático nas usinas “A” e “B”, porém essas não possuem alguma área plantada utilizando-se esse sistema, obrigando à mensuração de dados de uma fazenda com área total relativamente pequena e diferente quando comparada à realidade das usinas em questão. A realização de levantamentos para um maior número de áreas também poderiam ter contribuído para avaliar as caracterizações com maior segurança.

Pelo o trabalho realizado, confirma-se que a qualidade de paralelismo é apenas um dos diversos fatores a serem avaliados como benefícios trazidos pela adoção do piloto automático. Sendo assim, não é possível adotar uma postura definitiva quanto à adoção desse sistema de direcionamento, baseando-se apenas em dados levantados para o paralelismo. O que se pode afirmar é que, a partir dos resultados de espaçamento sugeridos pela adoção do piloto automático, coletados na Fazenda “C”, comparando-os aos erros de paralelismo do plantio nas áreas da unidade Jaboticabal, a adoção do sistema de piloto automático não trará para essa usina ganhos consideráveis no que se refere à qualidade do paralelismo.

Com relação ao ensaio 2, para a quantificação de perdas oriundas da colheita mecanizada, mostrou que a unidade de Pereira Barreto não conseguiu atingir sua meta de 2% de perdas como limite máximo, estando 60,5% acima do limite estabelecido. A situação foi a mesma para a unidade de Jaboticabal, a qual ultrapassou em 58% o limite de perdas aceitável. Ainda que não haja ampla bibliografia sobre o assunto, pode-se ressaltar que nem todas as categorias de matéria-prima utilizadas para o cálculo das perdas na colheita estão estreitamente relacionadas ao uso do piloto automático, o que

mostra a necessidade de continuação das mensurações das perdas na colheita e a realização de investigações buscando a quantificação e correlação entre a porcentagem de perdas por categoria de matéria-prima e o sistema de colheita.

Caso a empresa julgue importante a continuidade das avaliações, aconselha-se a realização de caracterizações adotando o uso de piloto automático nas operações de plantio e colheita, em áreas próprias da usina, e com maior número de repetições. Convém atentar à importância da mensuração não apenas de erros de paralelismo, mas também de outros fatores explanados como benefícios trazidos pelo piloto automático, entre eles: consumo de combustível, rendimento e eficiência de uso das máquinas, tempo gasto com manobras e índice de pisoteio das soqueiras, para os quais existem poucas informações na literatura.

Por se tratar de uma empresa iniciante no que se refere ao uso de sistemas de georreferenciamento em operações agrícolas, a usina pode explorar outros sistemas visando ganhos em rendimento e qualidade, antes mesmo da adoção do piloto automático. Um exemplo é o sistema de orientação por meio de barras de luz, ferramenta já consolidada no meio canavieiro, porém desconhecida nas operações das usinas do grupo.

Durante o estágio realizou-se uma amostragem de solos em grade de cinco hectares no intuito de sugerir a caracterização dos solos da usina por talhão, apresentando as vantagens trazidas por essa metodologia, aliado ao fato de a usina possuir seu próprio laboratório de solos. Os resultados das análises de solo não foram apresentados até o término desse relatório, o que impossibilitou a geração dos mapas em tempo hábil, os quais, no entanto serão construídos posteriormente.

Ainda em questão ao georreferenciamento, busca-se sugerir um ensaio constituído pela amostragem georreferenciada de pragas pouco móveis, a exemplo do Migdolus, para o qual já foram realizados trabalhos de controle localizado, tendo sido apresentados resultados interessantes.

Em termos gerais, o conhecimento adquirido foi bastante significativo, sobretudo no que condiz à mecanização e agricultura de precisão, tendo o estágio correspondido a todos os objetivos propostos, e instigado constantemente à observação e reflexão do funcionamento e problemas diários da área agrícola de uma usina de cana-de-açúcar.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIO, F.H.R. **Metodologia para ensaio de sistemas de direcionamento via satélite em percursos retos e curvos**. 2005. 110f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2005.

BAIO, F.H.R. Aplicação de A. P. no plantio. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2006. cap. 4, p. 92-101.

BAIO, F.H.R. Aplicação de AP no Plantio. In: RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; CASAGRANDI, D.V.; IDE, B.Y. (Org.). **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. 2.ed.Piracicaba: T.C.C.Ripoli, 2007, v. 1, p. 92-101.

CAMPOS, C.M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F. Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n. 3, set. 2008.

CANTERI, M.G., ALTHAUS, R.A., VIRGENS FILHO, J.S., GIGLIOTE, E.A., GODOY, C.V. SASM – Agri: Sistemas para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft-Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v.1, n.2, p.18-24.2001.

HARBUCK, T.L.; FULTON, J.P.; MCDONALD, T.P.; BRODBECK, C.J. Evaluation of GPS autoguidance systems over varying time periods. 2006. **ASABE**, St. Joseph, , 2006. Disponível em: <<http://www.asabe.org>>

LIMA, T.C.B. **Desenvolvimento de um sistema de custo reduzido para geração de sinal de correção diferencial, em tempo real, para GPS**. 2006. 202 p. Tese (Doutorado – Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola - Universidade de Campinas. Campinas, 2006.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P.; GÓES, S.L.; KORNDORFER, G.H.; SOARES, R.A.B.; LIMA, E.A. Benefícios Econômicos e Agrônômicos da Adoção de Agricultura de Precisão em Usinas de Açúcar. In: **2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2006**, São Pedro.

MOLIN, J.P.; CARREIRA, P.T. Metodologia para ensaios cinemáticos de receptores de GNSS utilizando um GPS RTK como referência. **Revista Brasileira de Agroinformática**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 53-62, 2006.

MOLIN, J.P.; SALVI, J.V.; POVH, F.P.; MACHADO, T.M.; MENEGATTI, L. A. Avaliação do paralelismo, alinhamento e espaçamento entre fileiras de cana-de-açúcar em plantio mecanizado realizado com piloto automático. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2008**, Piracicaba. **Anais eletrônicos...** Piracicaba: ESALQ – USP, 2008. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, T.C.A. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. 68 p. Tese (Mestrado em Máquinas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2009.

POVH, F.P.; SPEKKEN, M.; SALVI, J.V.; MACHADO, T.M.; MOLIN, J.P. Metodologia para Análise de Paralelismo em Sistemas de Orientação Utilizando Planilha Eletrônica. In: Simpósio Internacional de Agricultura de precisão, 4., Viçosa, 2007, Viçosa. **Anais...**, Viçosa: UFV, 2007, CD-ROM.

SILVA, C.B.; MORAES, M.A.F.D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção da Agricultura de Precisão. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 47, Porto Alegre, 2009.

STAFFORD, J.V.; AMBLER, B.; LARK, R.M.; CATT, J.A. Mapping and interpreting the yield variation in cereal crops. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 14, p.101–119, 1996.

STOMBAUGH, T.S.; SHEARER, S.A. DGPS-based automatic guidance of agricultural vehicles. In: European Conference on Precision Agriculture, 2001, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: Agro Montpellier, 2001. p. 121-124.

**UNICA:** Dados e cotações: estatísticas. Disponível em <[HTTP://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica](http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica)>.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – **UNICA**. Açúcar e álcool: tecnologia sucroalcooleira. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br>>