

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

### **SONDAS DE AMOSTRAGEM DE CANA E IMPUREZA MINERAL**

**REGINALDO SOARES SANTOS**

**Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno**

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia  
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de  
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

**Jaboticabal – SP  
2º Semestre/2010**

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

### **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** SONDAS DE AMOSTRAGEM DE CANA E IMPUREZA MINERAL.

**AUTOR:** REGINALDO SOARES SANTOS

**ORIENTADOR:** PROF. DR. LEONARDO LUCAS MADALENO

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

**LEONARDO LUCAS MADALENO**

**FÁBIO CAMIOTTI**

**CELSO ANTONIO JARDIM**

Data da apresentação: 10 de Dezembro de 2010.

---

Presidente da Comissão Examinador

Ora, o sol está à disposição na região entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, onde se localizam os países menos desenvolvidos do planeta, da Ásia, da África subsahariana, da América Latina. Portanto, esses países serão os responsáveis pela produção de agroenergia, promovendo a mudança da matriz energética global, com todos os requisitos já referidos da sustentabilidade. E mais, a agroenergia gerará riqueza, renda e também a produção de alimentos nesses países.

Isso significa que a atividade permitirá aos países tropicais abastecer o mundo todo com energia – fator absolutamente indispensável para qualquer sociedade avançar – assim como gerar os bens necessários para seu próprio desenvolvimento.

Essas condições permitirão a mais extraordinária revolução no século XXI – a Mudança da geopolítica global – ao diminuir as distâncias abissais existentes entre ricos e pobres, ao contribuir para eliminar a fome no mundo e, sobretudo, ao reduzir o aquecimento global.

O Brasil pode e deve liderar esse processo, ocupando um espaço formidável na história universal. Para tanto, é preciso cuidar da sua própria estratégia nacional na direção da matriz energética que o mundo todo admira e respeita. Só assim será possível conduzir os processos que dominamos para outras regiões do planeta.

***Roberto Rodrigues***

***Dedico***

Aos meus pais **Valentim da Rocha Santos**, **Ana Luiz Soares Santos** e meu irmão **Renan Soares Santos** pelo amor, paciência, incentivo e confiança.

A minha esposa **Kézia Vanessa Sgotti** pelo amor,  
companheirismo, carinho e apoio em todos  
os momentos de dificuldades.

A minha filha **Ana Beatriz Sgotti Santos** fonte da minha  
inspiração a cada amanhecer, razão pela qual, as lutas  
da vida se tornam mais importante.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela vida e toda força prestada a minha fé.

A minha família que contribui pra minha formação, com ensinamentos e incentivos pela busca de conhecimento.

Ao Prof. Dr. Leonardo Lucas Madaleno, orientador que fez com esse trabalho tivesse êxito, com sua dedicação e conhecimentos aplicados.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal (FATEC) pelo convívio e paciência.

Aos companheiros de faculdade que em todos os momentos se disponibilizaram a ajudar em qualquer que fosse a dificuldade, em especial a Juliana F. Gomes que acreditou e incentivou sempre a realização desse trabalho.

Aos meus companheiros de trabalho que incentivaram a continuidade do curso nos momentos de dúvidas, colaborando com conhecimentos e palavras de apoio.

A Unesp de Jaboticabal que abriu as portas para que fosse possível a implantação da Fatec, disponibilizando salas de aula, laboratórios, equipamentos, biblioteca e materiais de apoio necessário para a nossa formação acadêmica.

A Usina Santa Fé S/A que permitiu a realização deste trabalho dentro da empresa, disponibilizando os laboratórios, equipamentos e funcionários para a realização do experimento.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
3.1 SETOR SUCROALCOOLEIRO.....	12
3.2 QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA.....	13
3.3 AMOSTRAGEM DA MATÉRIA-PRIMA.....	14
3.3.1 TIPOS DE SONDAS AMOSTRADORAS .....	15
3.4 COMPARAÇÕES ENTRE A SONDA OBLÍQUA E A HORIZONTAL.....	17
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
4.1 LOCAL E CONDIÇÕES DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	18
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	18
4.3 AMOSTRAGEM PELA SONDA HORIZONTAL E OBLÍQUA .....	19
4.4 PREPARO DA AMOSTRA E EXTRAÇÃO DO CALDO .....	19
4.5 EQUIPAMENTOS E CÁLCULOS UTILIZADOS.....	20
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	21
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a diferença na quantidade de impureza mineral encontrada entre a amostragem de cana por sonda oblíqua e sonda horizontal, observando a influência desses equipamentos nos valores de brix, pol, fibra e impurezas minerais dos resultados analíticos obtidos das amostras coletadas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas sub-subdivididas com 7 repetições. O tratamento primário correspondeu aos dois tipos de sondas estudadas: oblíqua e horizontal. No secundário foram utilizadas duas épocas de colheita realizadas em duas safras (2009/2010 e 2010/2011). Uma na estação chuvosa (dezembro de 2009) e outra no período seco (junho de 2010). O tratamento terciário consistiu em três dias seguidos de amostragem em cada época. Foram extraídas amostras do mesmo compartimento dos caminhões pelas duas sondas e, nas mesmas, foram realizadas as análises tecnológicas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística pelo Teste F e de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para as análises: impureza mineral, brix, pol do caldo e fibra, não houve diferença significativa nos sistemas de amostragem avaliados. As únicas ocorrências apontadas foram para as diferentes épocas, sendo que na segunda a qualidade da matéria-prima foi maior do que a primeira pelos elevados teores de Brix, Pol e baixos valores de Fibra e Impurezas encontradas. Houve diferença entre os dias amostrados pela cana ser obtida de diferentes talhões, com diferentes variedades e cultivo.

**Palavras-chave:** qualidade da matéria-prima, *Saccharum* spp, sonda horizontal, sonda oblíqua.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the difference in the amount of mineral impurities found between the samples of sugarcane using an oblique and horizontal probe, observing the influence of such equipment in the values of brix, pol, fiber and mineral impurities of the analytical results of samples collected. The experimental design was completely randomized in a split plot design with seven replications. The primary treatment corresponded to the two types of probes investigated: oblique and horizontal. In the secondary was used two times of harvest conducted in two seasons (2009/2010 e 2010/2011). One rainy season (December 2009) and another in the dry season (June 2010). Tertiary treatment was followed three days of sampling in each season. Samples were extracted in the same compartment of the trucks by two probes and, with then there the technological analysis. The results were statistically analyzed by F test and Tukey ( $P \leq 0.05$ ). For analysis of: mineral impurities, brix, pol in the juice and fiber, no significant difference in sampling systems were observed. The only instances were pointed out for the different seasons. In the second one in the raw material quality was higher than in the first one due to higher concentrations of Brix, Pol and fiber and low levels of impurities found. Differences were found between sample days for the sugarcane obtained from different plots with different varieties and cultivation.

**Keywords:** quality of the raw material, probe horizontal, probe oblique, *Saccharum* spp.

# 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda energética, a procura por novas fontes renováveis e a busca pela otimização dos processos de fontes já conhecidas, o setor sucroalcooleiro ganhou elevado destaque, principalmente pela eficiência de produção e o rendimento a partir de matéria-prima renovável, que é a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). O setor sucroalcooleiro investiu em pesquisas e na qualidade dos equipamentos utilizados, tanto para os setores de produção de cana-de-açúcar, quanto para os processos realizados dentro das indústrias para a obtenção dos produtos finais: açúcar, etanol, energia elétrica, dentre outros. Segundo Rodrigues (2010), o Brasil pode e deve liderar esse processo, ocupando espaço formidável na história, porém é preciso cuidar da própria estratégia nacional na direção da matriz energética que o mundo todo admira e respeita.

A cana-de-açúcar passa por algumas etapas antes de ser processada: preparo do solo, escolha da variedade, plantio, crescimento, maturação, sendo o setor agrícola responsável pela qualidade da matéria-prima ofertada à indústria. Quando entra em maturação e atinge os parâmetros adequados para o processamento, a cana é cortada e transportada para as usinas. Segundo Silva (2007), toda matéria-prima que entra na empresa é submetida à quantificação de massa e parte dos caminhões passa por análises para quantificação dos açúcares presentes. As análises são realizadas a partir de amostras coletadas diretamente nos caminhões, por meio de sondas de amostragem que perfuram a carga, para extração dos toletes e de todo o material agregado.

Segundo Consecana (2006), a amostragem da cana a ser analisada, é feita por sonda mecânica horizontal ou oblíqua. Essas análises são realizadas para cálculos de rendimentos industriais e pagamentos de fornecedores, obedecendo às normas do manual

Consecana (2006). As usinas investem em sistemas de amostragem que ofereçam resultados confiáveis quanto à qualidade da matéria-prima utilizada nas indústrias. A sonda horizontal coleta a cana por perfuração na lateral do caminhão de cana, em três vãos consecutivos sorteados aleatoriamente, perfurando a carga de cana com a coroa que fica na extremidade do cilindro coletor. Após a coleta a sub-amostra é descarregada através de um pistão móvel, é necessária a coleta de três vãos para compor uma amostra composta (COSTA; PONCIANO; SOUZA, 2008).

A sonda oblíqua procede a coleta pela parte superior do caminhão, onde o cilindro com a coroa acoplada perfura a carga em duas etapas, sendo que após a primeira coleta a sub-amostra é descarregada e logo após inicia-se a segunda coleta, que procede a perfuração até níveis inferiores da carga. Essa segunda coleta completa a amostra final. A altura da perfuração será de acordo com a altura da carga (alta, baixa e intermediária). Segundo Consecana (2006), em qualquer sonda amostradora utilizada o peso da amostra final não poderá ser menor do que 10 quilos.

Segundo Trevisan Filho (2005) a sonda oblíqua possibilita amostras com maior confiabilidade, suprimindo as deficiências apresentadas por sondas horizontais. Pilon Filho (2010), afirma que a sonda oblíqua apresenta amostragem correta, comparado com a amostragem realizada pela sonda horizontal, pois consegue amostrar até a impureza mineral concentrada em maior parte no fundo da carga, em função da trepidação durante o transporte da cana colhida até a usina.

Devido às diferenças do sistema de amostragem, o conteúdo de impureza mineral e vegetal encontrados nas cargas pode variar e ser subestimados ou superestimados. Embora muitas usinas passem por alteração do sistema da amostragem de cana, da sonda horizontal para a sonda oblíqua, há pouca disponibilidade de pesquisa científica, garantindo a eficiência da segunda em relação à primeira. Muitos pesquisadores contestam a eficiência do amostrador oblíquo em relação ao horizontal. Portanto, se faz necessária a realização de trabalhos, que tragam maiores esclarecimentos sobre a amostragem da cana por essas duas sondas, para que se efetue o pagamento de cana pelo valor mais próximo ao real e se tenha dimensão exata da previsão de produção.

## **2 OBJETIVOS**

O estudo desenvolvido teve como objetivo avaliar a diferença na quantidade de impureza mineral encontrada entre a amostragem de cana por sonda oblíqua e sonda horizontal, observando a influência desses equipamentos nos valores de brix, pol, fibra e impurezas minerais dos resultados analíticos obtidos das amostras coletadas.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Setor sucroalcooleiro**

A crise energética mundial tem estimulado a humanidade a buscar fontes alternativas de energias renováveis, sendo assim, a utilização de combustíveis de origem vegetal se tornaram adequadas alternativas. Dentre os biocombustíveis se destaca o etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar, e atualmente um dos principais produtos para solucionar este problema mundial (BERGAMACHI, 2010). Um ponto que não pode ser deixado de lado é a crescente demanda de açúcar em nível mundial. O açúcar é produzido concomitantemente com o etanol e fortalece ainda mais a cadeia sucroalcooleira.

O Proálcool foi a base para o desenvolvimento da indústria sucroalcooleira no Brasil, responsável pela maior produção sustentável de energia renovável do mundo. Com o final do programa houve a adoção de política de capital privado nacional e internacional, respaldada na utilização de novas tecnologias, no setor agrícola, processo industrial e na comercialização, que possibilitou a consolidação do crescimento do setor (PIACENTE; PIACENTE, 2009).

A lavoura de cana-de-açúcar continua em expansão no Brasil. Os maiores índices de aumento de área são encontrados em São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Nestes Estados além do aumento da área cultivada, outras novas usinas entraram em funcionamento nesta safra, ficando assim distribuídas: três em Minas Gerais, duas em São Paulo, duas em Goiás e nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rio de Janeiro, uma cada (CONAB, 2010).

A previsão do total de cana que será moída na safra 2010/2011 é de 651.514,3 milhões de toneladas, com incremento de 7,8% em relação à safra 2009/2010. A previsão é de que do total da cana esmagada, 294.023,7 milhões de toneladas (45,13%) serão destinadas à produção de açúcar, as quais devem produzir 38.151,7 milhões de toneladas do produto. O restante, 357.490,6 milhões toneladas (54,87%), serão destinadas à produção de etanol, gerando volume total de 28.416,87 bilhões de litros de etanol. Desse total, 8.227,91 bilhões de litros serão de etanol anidro e 20.188,96 bilhões de litros serão de etanol hidratado (CONAB, 2010).

### **3.2 Qualidade da matéria-prima**

Para assegurar a qualidade desses produtos e os rendimentos esperados, se faz necessário o uso de matéria-prima de qualidade. A matéria-prima desejável para a indústria pode ser definida como colmos em estágio adiantado de maturação, sadios, recém-cortados, normalmente despontados e livres de matéria estranha (STUPIELLO, 1987).

A qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima pode ser definida, como uma série de características intrínsecas da própria planta, alterada pelo manejo agrícola e industrial (FERNANDES, 2000a). Esse manejo pode influenciar na quantidade de impurezas contidas na matéria-prima e na eficiência dos processos de produção. As impurezas são todos os materiais que não são colmos presente na matéria-prima, podendo ser de origem vegetal e mineral (FERNANDES, 2000b).

As impurezas vegetais são compostas por folhas de cana (secas, verdes, parcialmente secas), cartuchos de folhas enroladas, plantas daninhas, etc (LAVANHOLI, 2008). As impurezas minerais são os detritos minerais (terra, areia, pedra, etc.) carregados com a cana-de-açúcar, na operação de corte e carregamento, provenientes do solo (DAL BEM et al, 2003). A quantificação das impurezas minerais está relacionada às condições física do terreno, pragas, fatores climáticos, tipo de corte e carregamento da cana-de-açúcar (MUTTON; MUTTON, 2005). As operações agrícolas são de fundamental importância para a melhoria de todo o processo produtivo, uma vez que cada operação influi diretamente sobre a operação subsequente (FERNANDES, 2000b).

### 3.3 Amostragem da matéria-prima

A cana-de-açúcar proveniente da lavoura é transportada até o parque industrial, por caminhões especialmente desenvolvidos para o transporte. Na chegada às usinas há a pesagem para quantificar a matéria-prima recebida do setor agrícola (MARQUES; MARQUES; TASSO JÚNIOR, 2001). A pesagem do caminhão é realizada na entrada quando carregado e depois do descarregamento para se obter a massa líquida da cana, e assim controlar a produção, a produtividade agrícola e para o controle industrial. Antes do descarregamento, a cana é encaminhada ao laboratório onde são retiradas amostras para serem analisadas.

O material coletado é homogeneizado, triturado e analisado em laboratório para determinação do teor de sacarose na matéria-prima. Este controle no laboratório de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) além de determinar a qualidade da matéria-prima recebida para pagamentos aos fornecedores de cana pelo ATR (açúcar total recuperável), proporciona dados para o controle agrícola, moagem e para cálculo do rendimento industrial (BRASIL, 2009). Os fornecedores de matéria-prima são terceiros que produzem a cana-de-açúcar por iniciativa própria e abastecem em parte a fábrica.

O número mínimo de amostra a ser coletada por fundo agrícola (cana de fornecedor e cana própria) obedecerá ao seguinte critério observado na TAB. 1 (CONSECANA, 2006).

**TABELA 1**  
NÚMERO DE UNIDADES DE TRANSPORTES

Entregues p/Dia	Amostradas p/Dia	%
01-05	Todas	100
06-10	6	75
11-15	7	53,8
16-25	8	39
26-35	10	32,8
36-45	12	29,6
46-55	14	27,7
56-70	16	27
71-85	21	26,9
86-100	23	25,8
>100	>25	25

FONTE: CONSECANA, 2006. p. 43.

### 3.3.1 Tipos de sondas amostradoras

Para a avaliação da qualidade da matéria-prima, os equipamentos de amostragem devem trazer confiabilidade nos resultados apresentados. A amostragem de cana nos caminhões é feita por sonda mecânica horizontal ou oblíqua, localizada após a balança (CONSECANA, 2006).

A sonda horizontal é montada sobre trilhos onde se movimenta lateralmente para posicionar-se na frente dos furos de amostragem do caminhão. A amostragem é feita em 3 (três) vãos consecutivos na diagonal sorteados aleatoriamente. Em cada perfuração o cilindro da sonda com a coroa dentada na extremidade, deve penetrar o máximo possível, cerca de 1,20 m, na carga de cana pela lateral do veículo. Os toletes de cana com cerca de 20 cm, são ejetados por um pistão, formando uma sub-amostra. A amostra composta final é formada por três sub-amostras, sendo transferida para um desfibrador tipo forrageira. A cana desintegrada é homogeneizada manualmente ou mecanicamente, em betoneiras, e em seguida uma amostra é enviada juntamente com o número de identificação ao laboratório para ser analisada (COSTA; PONCIANO; SOUZA, 2008).



FIGURA 1 – Sonda horizontal coletando amostra

A sonda oblíqua se localiza em cima de uma plataforma, onde a altura possibilita que os caminhões contendo as cargas de cana circulem livremente. A amostragem é realizada na parte de cima da carga, onde o carrinho extrator tem seu movimento longitudinal (subida e descida) extraíndo a amostra pelo tubo, que contém uma coroa dentada de corte. A amostra é retirada em duas etapas e na mesma perfuração, sendo que na primeira etapa o tubo amostrador coleta próximo ao meio da carga e na segunda até níveis inferiores da mesma, retirando e descarregando as duas sub-amostras das etapas, formando a amostra composta para análise (CONSECANA, 2006).



FIGURA 2 – Sonda oblíqua coletando amostra

A coroa dentada das sondas amostradoras, horizontais ou oblíquas, deverá ser afiada ou trocada quando demonstrar baixa eficiência de corte, observada pelo esmagamento e extração de caldo. Qualquer que seja o tipo de sonda amostradora, o peso da amostra final, não poderá ser inferior a 10 kg (dez quilogramas) (CONSECANA, 2006).

### 3.4 Comparações entre a sonda oblíqua e a horizontal

Uma amostragem de precisão garante informações seguras sobre a qualidade da matéria-prima adquirida. O equipamento utilizado nas unidades industriais para a retirada da amostra da cana, a sonda horizontal, até então predominante, tem sido substituído por sondas amostradora oblíqua, que realiza um trabalho mais representativo na operação de amostragem (TENÓRIO, 2005).

Na cana-de-açúcar, a utilização da sonda oblíqua possibilita a obtenção de amostras de todos os níveis da carga, tendo como resultado dados abrangentes e concretos sobre o produto, gerando confiabilidade ao usuário (TREVISAN, 2005). A sonda oblíqua proporciona aos fornecedores e à própria usina o resultado mais justo na análise do ATR da cana em relação ao equipamento tradicional, a sonda horizontal (ALVES, 2010).

A sonda oblíqua vem suprir a deficiência apresentada pelas sondas horizontais, que não representa os resultados reais da qualidade da matéria-prima. A utilização da sonda oblíqua vem se consolidando principalmente pela garantia que oferece na exatidão da amostra coletada. A amostragem de cana permite obter a informação do que está sendo colhido, do que vai se obter dessa colheita e do rendimento da indústria. Em razão de tais fatos, a caracterização da matéria-prima deve ser a mais abrangente e confiável possível para que o resultado das análises seja o reflexo real da matéria-prima recebida (TREVISAN, 2005).

Baseadas em números as usinas podem fixar metas e tomar decisões para atingir os resultados almejados tanto para a área agrícola como para o setor industrial. Para assegurar as vantagens da sonda oblíqua em relação à horizontal se faz necessário, pesquisa científica que comprove a eficiência de uma com relação à outra, para que não sejam subestimadas e superestimadas as impurezas encontradas na cana-de-açúcar que são entregues nas usinas. Isso faz com que as partes envolvidas estejam de acordo com os métodos e equipamentos usados para avaliação da qualidade da matéria-prima.

Na literatura não é encontrado informações sobre a comparação entre as sondas quanto ao resultado final das amostragens. Existem pesquisadores que contestam a troca de sondas, argumentando que não existe diferença entre as mesmas e que somente a troca entre as sondas não garante a melhor amostragem da matéria-prima.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local e condições do desenvolvimento da pesquisa**

O estudo foi realizado na Usina Santa Fé S/A, município de Nova Europa, localizada na região de Araraquara-SP, em duas épocas: safras 2009/2010 (primeira época) e 2010/2011 (segunda época). Na mesma usina havia os dois tipos de sondas estudadas, sendo as amostragens realizadas no laboratório de PCTS (pagamento de cana por teor de sacarose). Foram extraídas amostras dos caminhões que eram sorteados pelo sistema adotado pela empresa.

Para a extração das amostras dos caminhões foi utilizada respectivamente a sonda horizontal e oblíqua, sendo que as amostras para comparações entre as sondas foram retiradas do mesmo compartimento.

### **4.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcelas sub-subdivididas com sete repetições. Os tratamentos principais foram as duas sondas amostradoras: sonda oblíqua e sonda horizontal. As duas épocas de avaliação: primeira época dezembro de 2009 (safra 2009/2010) e segunda época junho de 2010 (safra 2010/2011) corresponderam ao tratamento secundário. Para o tratamento terciário foi avaliado três dias seguidos em cada época de amostragem, correspondendo ao primeiro, segundo e terceiro dias de coleta.

### **4.3 Amostragem pela sonda horizontal e oblíqua**

Na amostragem com a sonda horizontal o caminhão parava lateralmente a sonda, mantendo uma distância de 20 cm entre a coroa do tubo amostrador e o furo de amostragem, e o operador procedia a extração direcionando o tubo amostrador aos três pontos consecutivos indicado nos caminhões da carga de cana-de-açúcar, onde o tubo era totalmente introduzido na carga, sendo a amostra descarregada a cada coleta em tambor, até compor o ciclo da composição da amostra. A amostra foi composta pelo ciclo de três sub-amostras coletadas, seguindo o manual CONSECANA (2006).

No mesmo compartimento que fora amostrada pela sonda horizontal era retirada a coleta com a sonda oblíqua. A carreta estacionava em baixo da plataforma de onde a sonda estava fixada. Em seguida, o operador iniciava a coleta através do painel automático, iniciando o ciclo de amostragem. O tubo contendo a coroa do amostrador oblíquo descia contra a carga perfurando-a, até aproximadamente metade da carga, descarregava a sub-amostra no tubo que conduzia a amostra até um tambor e reiniciava outra perfuração descendo até níveis inferiores da carga (próximo do fundo da carreta), logo após era descarregada a sub-amostra que juntamente com a anterior já no tambor compunha a amostra final, terminando o ciclo da amostragem.

### **4.4 Preparo da amostra e extração do caldo**

Cada amostra separadamente, foi desfibrada em um desintegrador do tipo forrageira, sendo as fibras homogeneizadas em betoneira em rotação constante e descarregadas em tambor, onde se retirava aproximadamente 1 kg de cana desfibrada que era usada para extração do caldo e para realização da análise de impureza mineral. Para as análises tecnológicas foram pesados 500,00g de amostra desfibrada com tolerância de 0,5g em balança semi-analítica. E por prensa hidráulica procedeu-se a extração do caldo. Foram obtidos, os valores de peso do bolo úmido (PBU) que sobrava da prensagem e usado para cálculo da fibra. O restante da cana desfibrada inicial era armazenado para determinação da impureza mineral.

## 4.5 Equipamentos e cálculos utilizados

Para as análises de fibra, brix e pol do caldo foram utilizados os equipamentos indicados no manual CONSECANA (2006). E para análise de impureza mineral metodologia analítica (COPERSUCAR, 2003).

O cálculo da fibra e a análise de Brix, Pol e impurezas foram realizados conforme abaixo:

- **Fibra (F)** é a matéria insolúvel em água contida na cana (FERNANDES, 2003):

$$F = 0,08 \times \text{PBU} + 0,876$$

Onde: PBU = peso do bagaço úmido da prensa, em gramas.

- **Brix** é a porcentagem aparente em peso de sólidos solúveis contidos em uma solução açucarada impura (FERNANDES, 2003). O caldo prensado foi analisado em refratômetro digital, com leitura automática e correção de temperatura a 20°C.

- **Pol do caldo** representa a porcentagem aparente de sacarose contida numa solução de açúcares (FERNANDES, 2003). O caldo foi clarificado e filtrado para leitura de um sacarímetro digital.

Calculada pela equação:

$$\text{Pol do caldo} = ((1,0061 \times \text{LAI} + 0,05117) \times (0,2605 - 0,0009882 \times \text{B}))$$

Onde: LAI = leitura sacarimétrica resultante da clarificação do caldo com uso de clarificante de alumínio.

B= Brix do caldo

- **Impureza mineral:** foram pesados 25g de fibra em cadinho, e levado a mufla à 800°C por duas horas para eliminação da matéria orgânica, esfriados em temperatura ambiente e pesados. As impurezas foram calculadas pela equação:

$$\% \text{ de impureza mineral} = ((P2 - P1) / PA) \times 100$$

Onde: P1 é igual ao peso inicial da amostra + cadinho

P2 é igual ao peso final da amostra + cadinho

PA é igual a peso da amostra

## **4.6 Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e a comparação entre médias realizadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) (BANZATO e KRONKA, 2006).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sondas amostradora horizontal de cana usada pelas usinas vem sendo substituídas por sondas amostradora oblíqua, tendo como proposta principal: uma amostragem mais representativa, onde haveria maior concentração de impurezas minerais na amostra coletada pela sonda oblíqua comparado com a sonda horizontal. As impurezas minerais poderiam alterar os resultados das análises de brix, pol do caldo e fibra, promovendo uma redução no valor de ATR que é usado para pagamento da matéria-prima, em consequência de menor quantidade dos açúcares presentes. Porém os resultados obtidos do experimento demonstraram que não houve diferenças significativas entre as sondas de amostragem, para as análises de impurezas minerais, brix, pol do caldo e fibra conforme a TAB. 2.

Os resultados obtidos vão contra as informações dos autores: Alves, Pilon Filho, Trevisan Filho onde afirmam que a amostragem realizada pela sonda oblíqua é mais representativa que a realizada pela sonda horizontal. Justificando que as impurezas minerais concentram-se em maior quantidade na parte inferior da carga, por causa da trepidação do caminhão durante o transporte da cana da lavoura para a indústria. E que somente a sonda oblíqua daria a possibilidade de uma amostragem mais fidedigna da qualidade da matéria-prima. A impureza mineral quantificada seria maior pela coleta desta sonda que pela amostragem realizada por sonda horizontal, influenciando na quantidade dos açúcares presentes. Para o tratamento sondas a impureza mineral da sonda horizontal foi de 1,09% enquanto a sonda oblíqua apresentava 1,29% (TAB. 2). A quantidade de impurezas coletadas foi maior na sonda oblíqua, porém, a diferença encontrada não foi significativa de acordo com teste de Tukey.

**TABELA 2**

Resultados das amostras desfibradas provenientes das sondas: horizontal e oblíqua

<b>Causas de Variação</b>	<b>Imp. Mineral (%)</b>	<b>Brix (%)</b>	<b>Pol do caldo (%)</b>	<b>Fibra (%)</b>
Sondas (A)	1,2669 <sup>ns</sup>	0,4736 <sup>ns</sup>	0,7641 <sup>ns</sup>	0,0507 <sup>ns</sup>
Horizontal (1)	1,09A	18,12A	15,83A	13,05A
Obliqua (2)	1,29A	18,41A	16,27A	12,99A
Época (B)	18,2486 <sup>**</sup>	23,4053 <sup>**</sup>	18,8999 <sup>**</sup>	23,6367 <sup>**</sup>
Época 1	1,56A	17,30B	15,08B	13,67A
Época 2	0,82B	19,24A	17,02A	12,36B
Dias de Coleta (C)	2,6708 <sup>ns</sup>	6,0946 <sup>**</sup>	5,1108 <sup>**</sup>	0,7868 <sup>ns</sup>
1	1,34A	17,55B	15,27B	13,14A
2	1,27A	18,57A	16,33A	13,15A
3	0,94A	18,68A	16,55A	12,77A
AxB	0,0028 <sup>ns</sup>	0,0276 <sup>ns</sup>	0,0063 <sup>ns</sup>	0,9676 <sup>ns</sup>
AxC	0,8761 <sup>ns</sup>	0,7933 <sup>ns</sup>	0,9864 <sup>ns</sup>	1,2556 <sup>ns</sup>
BxC	0,2195 <sup>ns</sup>	0,0482 <sup>ns</sup>	0,2012 <sup>ns</sup>	3,4970 <sup>*</sup>
AxBxC	0,4108 <sup>ns</sup>	0,0133 <sup>ns</sup>	0,0546 <sup>ns</sup>	0,4316 <sup>ns</sup>
CV parcela	67,6	10,58	14,29	10,48
CV sub parcela	66,9	10,07	12,75	9,48
CV sub sub parcela	57,93	7,31	9,93	10,03

\*\*P<0,01; \*P<0,05; <sup>ns</sup>P≥0,05; Resultados repetidos de letras iguais, dentro do mesmo fator, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P≤0,05).

Para o tratamento épocas, houve diferença significativa entre as análises das amostras coletadas pelas sondas, sendo os fatores climáticos responsáveis pelas variações. A época 1 (fim de safra 2009/2010) apresentou grande quantidade de chuva próximo aos dias do experimento, enquanto que na época 2 (junho da safra 2010/2011) houve reduzida precipitação. O experimento se realizou em duas épocas para verificar se as impurezas em determinadas épocas do ano influenciaria ou não nas coletas das sondas. A cana-de-açúcar sofre influência dos fatores ambientais entre as estações de seca e úmida. Na primeira a matéria-prima apresenta qualidade mais adequada, pela cana-de-açúcar estar em pleno processo de maturação. O excesso de chuva no ano de 2009 (GRAF. 1) prejudicou a qualidade da cana durante a safra (CANAVIEIRO, 2009).

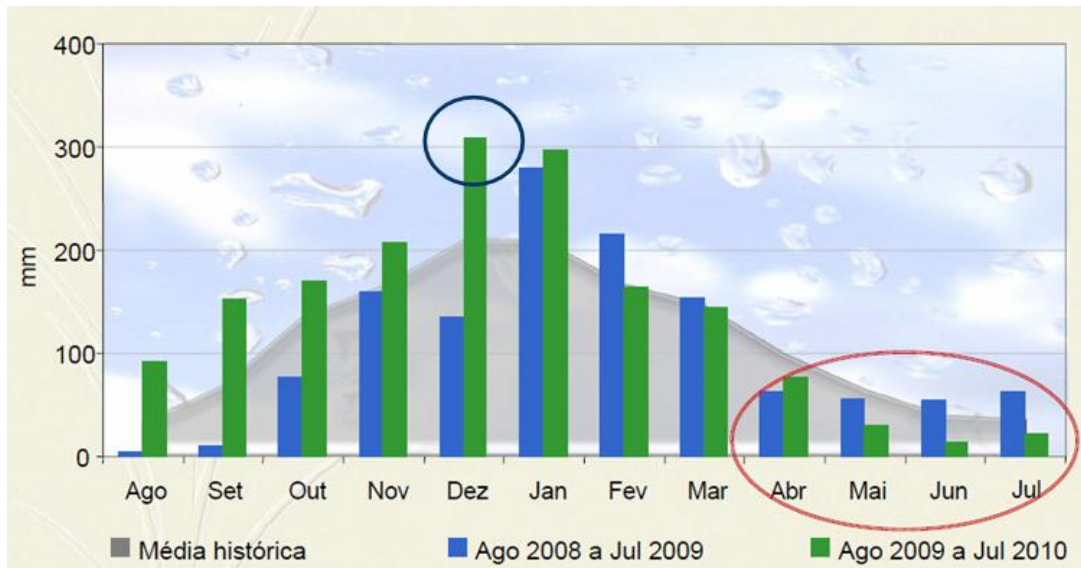


GRÁFICO 1 – Precipitação pluviométrica na região centro-sul

FONTE: CTC e INMET

A impureza mineral da primeira época foi de 1,56% enquanto na segunda época foi 0,82%. A diferença apresentada se dá pelas impurezas arrastadas junto à matéria-prima durante o carregamento e transporte da cana. Quando o carregamento é realizado com o solo muito úmido, a tendência é de que maior quantidade de terra acompanhe a matéria-prima (MARQUES, et al., 2008).

O brix de dezembro de 2009 foi de 17,3% e a pol do caldo de 15,08% enquanto que na segunda época os valores de brix e pol foram maiores em 11,2% e 12,9%, respectivamente do que na primeira época. Os resultados inferiores da primeira época são ocasionados pela ultrapassagem do ponto ideal de maturação da colheita da cana-de-açúcar e o excesso de chuva no final do ano de 2009, reduzindo a concentração dos açúcares. Entretanto em junho apresentou resultados superiores, sendo o ponto de maturação da cana-de-açúcar considerado ideal. Em condições climáticas de menor precipitação de chuva ocorre maior concentração de sacarose (ALONSO, 2006). Na TAB. 2 é observado que na primeira época a fibra da cana foi de 13,67% enquanto que na segunda época apresentou valores de 12,77% de fibra. A maior concentração de impurezas minerais reduz a pol e aumenta a fibra da cana (ALONSO, 2006).

Para o tratamento dias de coleta houve variações significativas conforme a TAB. 2. Essas ocorrências são devidas à matéria-prima apresentar diferentes variedades, talhões e outros fatores não controlados que interferiram na qualidade da cana entre os dias de amostragem.

Para o parâmetro fibra da cana houve interação significativa entre as épocas e os dias de amostragem (TAB. 2). Para o primeiro dia de coleta houve maior quantidade de fibra na primeira época do que em junho de 2010 (GRAF. 2). Para os demais dias não houve diferença estatística. Foi observado que na primeira época a qualidade da cana diminuiu com o passar dos dias, enquanto que em junho, a qualidade entre os dias permaneceu constante. Esse resultado obtido em dezembro de 2009 foi decorrente a redução da qualidade da matéria-prima expostas as chuvas.

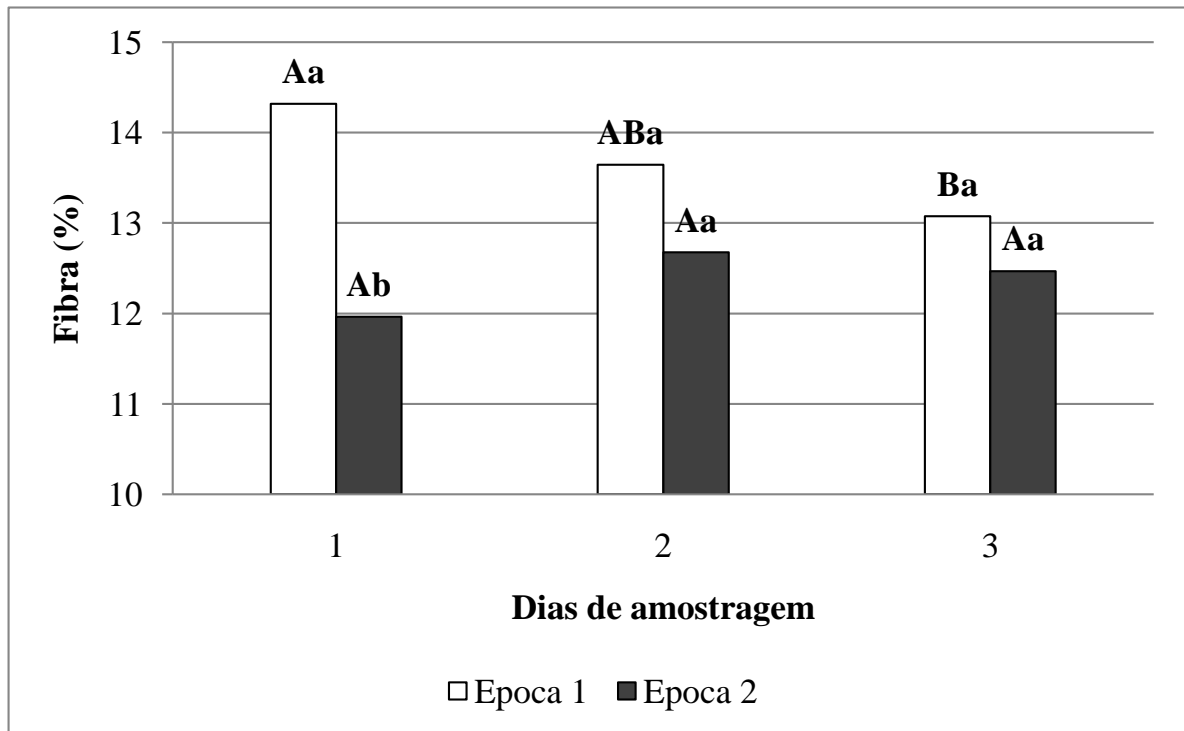


GRÁFICO 2 - Interação entre os dias de amostragem de cana e as épocas de avaliação amostradas pela sonda horizontal e oblíqua para o teor de Fibra (%). Letras maiúsculas comparam médias dentro de dias e letras minúsculas comparam entre as épocas (Tukey  $P \leq 0,05$ ), Nova Europa-SP, (safra 2009/2010 e 2010/2011).

## **6 CONCLUSÕES**

As coletas realizadas pelas sondas horizontal e oblíqua não diferem em relação aos parâmetros analisados: impureza mineral, brix, pol do caldo e fibra, em épocas e dias diferentes de amostragem.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, O. Estratégias para melhorar a qualidade da cana-de-açúcar para a indústria. In: SEGATO, S. V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. cap. 22, p. 361 – 367.

ALVES, S. **Desempenho de sonda oblíqua é testado com sucesso**. 24 mar. 2010. Disponível em: <<http://www.sindicucar-al.com.br/www/noticiasTexto.asp?id=2385>>. Acesso em: 29 out. 2010, 10:30:30.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 237 p.

BERGAMACHI, B. **Conseqüência das impurezas minerais na cadeia sucroalcooleira**. Jun. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/consequencias-das-impurezas-minerais-na-cadeia-sucroalcooleira-doc-a76429.html>>. Acesso em: 14 nov. 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética**. Brasília: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União da Indústria de Cana-de-Açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira, 2009. 288 p. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/search.asp>>. Acesso em: 30 out. 2010, 09:52:30.

CANAVIEIRO PAULISTA. Piracicaba, v. 20, n. 120, p.6, set./out. 2009. Disponível em: <<http://www.cana.com.br/Canavieiro%20Paulista%20-%20Setembro%20-%20Outubro%202009.pdf>>. Acesso: 21 nov. 2010.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar: safra 2010/201: segundo levantamento, ago. 2010**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/ecf76fd96889c63b1368be8085214377.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2010, 09:30:30.

CONSECANA - CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ALCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5.ed. Piracicaba, 2006. 200 p.

COPERSUCAR. Centro de Tecnologia Canavieira. **Metodologia analítica**: determinação de impureza na cana PCTS. 2003. p.2-3. MA ID.00.14.0004. Disponível em: <<http://intranet.usinasantaadelia.com.br/document/menu.php#>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

COSTA, J. A. B.; PONCIANO, N. J.; SOUZA, P. M. Avaliação da sistemática de cálculos para efeito de pagamento de cana pelos açúcares totais recuperáveis (ATR) nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Campos, RJ. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/525.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

DAL BEM, A. J.; KOIKE, G. H. A.; PASSARINI, L. C. Modelagem e simulação para o processo industrial de fabricação de açúcar e álcool. **Minerva**, v. 3, n. 1, p. 33-46, 2003. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/Minerva%2003\(01\)%2004.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2003(01)%2004.pdf)> Acesso em: 31 mar. 2008.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da canavieira**. 1º ed. Piracicaba: STAB, 2000a. 193 p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da canavieira**. 2º ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

FERNANDES, A. C. Impurezas e os ponteiros da cana. **STAB**: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.16 n. 5, p. 16-17, 2000b.

LAVANHOLI, M. D. G. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. In: Dinardo-Miranda, L.L; Vasconcelos. A.C.M; Landell, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. cap.32, p. 701.

MARQUES, M. O. et al. Considerações sobre a qualidade da matéria-prima. In: MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. cap.1, p. 9 – 16.

MARQUES, O. M.; MARQUES, T. A.; TASSO, L. C. J. **Tecnologia do açúcar**: produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. p. 55.

MUTTON, M. J. R; MUTTON, M. A. Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola. **STAB**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 23, n.4, p. 42-46, mar./abr. 2005.

PIACENTE, F. J.; PIACENTE, E. A. **Desenvolvimento sustentável da agroindústria canavieira**: uma discussão sobre os resíduos. 2009. Disponível em: <[http://api.ning.com/files/nNRYuNs45sC0WRuLjgsdZMNBByQ9GP2kMKyVLfbSypl\\*nDrFw9Ekm6CFRtOyz4QPExf8FJWEIZ6tfPmXFeN4ePnVdZmQK5brt/DesenvolvimentoSustentavelAgroindustriaCanavieiraumadiscussaosobreosresiduos.doc](http://api.ning.com/files/nNRYuNs45sC0WRuLjgsdZMNBByQ9GP2kMKyVLfbSypl*nDrFw9Ekm6CFRtOyz4QPExf8FJWEIZ6tfPmXFeN4ePnVdZmQK5brt/DesenvolvimentoSustentavelAgroindustriaCanavieiraumadiscussaosobreosresiduos.doc)> . Acesso em: 15 nov. 2010.

PILON FILHO, O. **Sonda obliqua motocana**. 2010. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=deKrqEsPgrQ>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

RODRIGUES, R. **Etanol e bioeletricidade**: a cana de açúcar no futuro da matriz energética. São Paulo: Luc Projetos de Comunicação, 2010. 315 p. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/search.asp>>. Acesso em: 30 out. 2010.

SILVA, D. P. **Estudo econômico do período de duração da safra de cana-de-açúcar na produção de açúcar e álcool para usinas de médio porte da região Centro-Sul do Brasil**. 2007. 185f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2007. Disponível em: <[http://dominiopublico.qprocura.com.br/dp/42916/Estudo-economico-do-periodo-de-duracao-da-safra-da-safra-de-cana\\_de\\_acucar-na-producao-de-acucar-e-alcool-para-usinas-de-medio-porte-da-regiao-centro\\_.html](http://dominiopublico.qprocura.com.br/dp/42916/Estudo-economico-do-periodo-de-duracao-da-safra-da-safra-de-cana_de_acucar-na-producao-de-acucar-e-alcool-para-usinas-de-medio-porte-da-regiao-centro_.html)>. Acesso em: 12 ago. 2010.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar**: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.761-791.v.2.

TENÓRIO, W. M. A tecnologia de recepção e preparação da cana. **Revista Opiniões**, out./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/aa/materia.php?id=271>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

TREVISAN FILHO, L. Sonda oblíqua viabiliza precisão na amostragem da cana. **Revista Opiniões**, out./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/aa/materia.php?id=277>>. Acesso em: 20 ago. 2010.

