

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA COLHEDORA DE CANA-
DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) EM FUNÇÃO DOS TURNOS DE
TRABALHO.

CAMILLO FERRAREZI GIACHINI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP

Agosto - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA COLHEDORA DE CANA-
DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*) EM FUNÇÃO DOS TURNOS DE
TRABALHO**

CAMILLO FERRAREZI GIACHINI

Orientador: Professor Doutor Carlos Antonio Gamero
Co-orientador: Professor Doutor Kléber Pereira Lanças

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP
Agosto – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Giachini, Camillo Ferraresi, 1987-
G429d Desempenho operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função dos turnos de trabalho / Camillo Ferraresi Giachini. - Botucatu : [s.n.], 2012
viii, 57 f. : il. color., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012
Orientador: Carlos Antonio Gamero
Co-orientador: Kléber Pereira Lanças
Inclui bibliografia

I. Cana-de-açúcar - Colheita. 2. Máquinas agrícolas - Consumo de combustível. 3. Máquinas agrícolas - Desempenho. I. Gamero, Carlos Antonio. II. Lanças, Kléber Pereira. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-
AÇÚCAR (*Saccharum spp*) EM FUNÇÃO DOS TURNOS DE TRABALHO

ALUNO: CAMILLO FERRAREZI GIACHINI

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. KLÉBER PEREIRA LANÇAS

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

Data da Realização: 31 de agosto de 2012.

Ao meu pai Jorge A. Giachini e minha mãe
Palmira de Lourdes F. Giachini pelos ensinamentos,
formação de caráter e exemplos de dignidade.
A meu querido irmão Gustavo F. Giachini pelo apoio moral.

DEDICO

A minha namorada Thais S. Bacchiega pelo amor, cumplicidade,
companheirismo, paciência e pela força
inesgotável nos momentos difíceis.

OFEREÇO

“O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade.

O otimista vê a oportunidade em cada dificuldade.”

Winston Churchill.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA-UNESP), campus de Botucatu e a Coordenadoria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura, pela vaga concedida, apoio e atenção durante o curso de Mestrado.

Ao Professor Doutor Carlos Antonio Gamero, do Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP, pela orientação, atenção, dedicação, compreensão, sinceridade, amizade em todas as fases do curso. Sem dúvida um estímulo para ver na Academia um caminho para a vida.

Ao Professor Doutor Kléber Pereira Lanças, do Departamento de Engenharia Rural da FCA-UNESP, pela amizade, compreensão, ensinamentos, exemplos de vida e por aceitar o trabalho de co-orientação.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização deste trabalho.

A Usina Santa Cândida, por ter acreditado na ideia proposta e ter disponibilizado material para que se concretizasse este estudo.

Aos Professores Doutores: Paulo Roberto Arbex Silva e Saulo Philippe Sebastião Guerra, pela amizade, sugestões, críticas e apoio técnico.

Ao amigo e companheiro Gabriel Albuquerque de Lyra, pela consideração, amizade, companheirismo, paciência e ajuda decisiva nos ensaios.

Ao amigo Étore Francisco Reynaldo pela ajuda com os dados estatísticos e apoio nos momentos finais desta dissertação.

Aos amigos do curso de Pós Graduação de Energia na Agricultura: André Satoshi Seki, Leandro Augusto Felix Tavares, Fabrício Campos Mástero, Saulo Fernando de Sousa, Thiago Pereira da Silva Correa, Diego A. Fiorese, Carlos Renato Guedes, Rodolfo G. Chechetto, Caroline Vilela, Felipe Machado, Guilherme Oguri, Emanuel Rangel Spadim pela convivência, ajuda, amizade e obrigado por terem crescido comigo.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural pela atenção, amizade e serviços prestados.

Às secretárias da Seção de Pós-graduação da FCA-UNESP, Campus de Botucatu, pela atenção e atendimento.

A todas as funcionárias da seção de Pós-Graduação pela atenção e orientação em todos os atendimentos durante o curso.

A todas as pessoas e instituições que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	V
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 A cultura da cana-de-açúcar.....	7
4.2 Produção brasileira de cana-de-açúcar e derivados.....	9
4.3 Colheita da cana-de-açúcar.....	12
4.4 Evolução da colheita mecanizada.....	13
4.5 Perdas de matéria-prima.....	14
4.6 Desempenho operacional na colheita.....	15
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5.1 Material.....	17
5.1.1 Localização da área experimental.....	17
5.1.2 Colhedora autopropelida de cana-de-açúcar.....	19
5.1.3 Consumo de combustível da colhedora.....	21
5.1.4 Aquisição de dados.....	21
5.1.5 Estudos de tempos.....	22
5.2 Métodos.....	23
5.2.1 Descrição dos tumos e dias de coleta.....	23
5.2.2 Determinação do porte do canavial.....	24
5.2.3 Perdas visíveis de matéria prima no campo.....	24
5.2.4 Impureza mineral na matéria prima.....	27
5.3 Demarcações da área de realização do ensaio.....	27
5.4 Estudo de tempos.....	27
5.5 Desempenho operacional.....	28
5.5.1 Consumo de combustível da colhedora.....	28

5.5.1.1	Consumo de combustível da colhedora por área (CCa)	29
5.5.1.2	Consumo de combustível da colhedora por turno de trabalho (Ctr)	29
5.5.1.3	Consumo de combustível da colhedora por tonelada (CCt)	30
5.5.2	Capacidade de campo efetiva (CE)	30
5.5.3	Capacidade de campo operacional (CO)	31
5.5.4	Rendimento operacional RO (%)	31
5.5.5	Rendimento de campo efetivo RCE (%)	32
5.5.6	Tempo efetivo demandado (Td)	32
5.6	Rendimento agrícola Ra (t.h ⁻¹)	33
5.7	Delineamento estatístico	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6.1	Determinação do porte do canavial	34
6.2	Tipos de perdas visíveis de matéria prima entre turnos de trabalho	35
6.3	Impureza mineral na matéria prima	36
6.4	Consumo de combustível da colhedora	38
6.4.1	Consumo horário de combustível da colhedora entre operações	38
6.4.2	Consumo horário de combustível da colhedora (L.h ⁻¹)	39
6.4.3	Consumo de combustível da colhedora por unidade de área colhida (L.ha ⁻¹)	40
6.4.4	Consumo de combustível da colhedora por turno de trabalho (L.tr ⁻¹)	41
6.4.5	Consumo de combustível da colhedora por tonelada de cana-de-açúcar colhida (L.t ⁻¹)	42
6.5	Capacidade de campo efetiva (CE) e capacidade de campo operacional (CO)	44
6.6	Rendimento Operacional (%)	45
6.7	Rendimento de campo efetivo RCE (%)	45
6.8	Tempo efetivo demandado para a colheita de um hectare (Td)	46
6.9	Rendimento agrícola (t.h ⁻¹)	47
6.10	Estudo dos tempos	48
6.10.1	Duração dos turnos de trabalho (h)	48
6.10.2	Horas colhendo, manobrando e sem atividades (h)	49
7	CONCLUSÕES	51
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução da produtividade e produção da cana-de-açúcar.....	10
Tabela 2. Quantidade de cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar e etanol para as safras 2011/2012 e 2012/2013 estimada.....	11
Tabela 3. Produção de açúcar e etanol nas safras 2011/2012 e 2012/2013 estimada.....	11
Tabela 4. Características gerais da colhedora.....	20
Tabela 5. Descrição da coleta de dados durante os turnos.....	23
Tabela 6. Classificação de perdas de matéria-prima visíveis (%).....	27
Tabela 7. Tipos de perdas e produtividade da cana-de-açúcar encontradas no ensaio.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da área de ensaio (talhão 26).....	18
Figura 2. Esquema de colhedora automotriz (Fonte: NEVES, 2003).	19
Figura 3. Fluxômetro 1 (F1) e fluxômetro 2 (F2) instalados na colhedora.....	21
Figura 4. Controlador lógico programável, utilizado para coleta e armazenamento de dados.....	22
Figura 5. Demonstrativo de esquema de amostragem de perdas visíveis.....	25
Figura 6. Área demarcada para coleta e separação das perdas visíveis no campo.....	26
Figura 7. Impureza mineral (%) e ($t.h^{-1}$) encontrada na cana-de-açúcar entre turnos de trabalho.....	37
Figura 8. Consumo horário de combustível ($L.h^{-1}$) para operações de colheita e manobra da colhedora nos diferentes turnos de trabalho.....	39
Figura 9. Consumo horário de combustível ($L.h^{-1}$) da colhedora entre turnos de trabalho.....	40
Figura 10. Consumo de combustível da colhedora por unidade de área colhida ($L.ha^{-1}$) entre turnos de trabalho.....	41
Figura 11. Consumo de combustível da colhedora por turno de trabalho ($L.tr^{-1}$).....	42
Figura 12. Consumo de combustível da colhedora por tonelada de cana-de-açúcar colhida ($L.t^{-1}$) entre turnos de trabalho.....	43
Figura 13. Capacidade de campo efetiva CE ($ha.h^{-1}$) e capacidade de campo operacional CO ($ha.h^{-1}$) entre turnos de trabalho.....	44
Figura 14. Rendimento operacional RO (%) entre operações e turnos de trabalho.....	45
Figura 15. Rendimento de campo efetivo RCE (%) entre turnos de trabalho.....	46
Figura 16. Tempo efetivo demandado para a colheita de um hectare ($h.ha^{-1}$) entre turnos de trabalho.....	47
Figura 17. Rendimento agrícola ($t.h^{-1}$) entre turnos.....	48
Figura 18. Duração em horas dos turnos de trabalho.....	49
Figura 19. Duração em horas das operações entre os turnos de trabalho.....	50

1 RESUMO

A agricultura nos últimos anos vem sofrendo pressões para a modificação de suas técnicas visando o aumento da produtividade, redução dos custos de produção e a preocupação com o ambiente. Em busca de atingir todos estes fatores, a cultura da cana-de-açúcar foi em busca de modernizações que ocorreram principalmente no campo. Um grande avanço tecnológico para a produção da cultura da cana-de-açúcar foi a substituição do sistema de colheita manual para o sistema mecanizado. A colheita mecanizada passa a suprir a mão de obra utilizada no corte que estava se tornando escassa, além de possibilitar um maior rendimento na colheita e uma menor agressão ao ambiente, uma vez que a queima do canavial deixou de ser utilizada. Por estes fatores o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar sem queima prévia do canavial durante os três turnos de trabalho da mesma. O ensaio foi realizado na Usina Santa Cândida, pertencente ao grupo Tonon Bioenergia, localizada no município de Bocaina, Região Centro Oeste do Estado de São Paulo. O canavial avaliado foi caracterizado como sendo de porte ereto, com espaçamento utilizado entre as linhas de plantio de 1,5m e a variedade de

cana-de-açúcar colhida foi a RB86-7515. A colhedora avaliada foi submetida à operação de colheita em três turnos de trabalho, com duração de oito horas cada, divididos em: turno A (8h01 as 16h00); turno B (16h01 as 00h00) e; turno C (00h01 as 8h00). A avaliação do desempenho operacional da colhedora teve as seguintes variáveis estudadas: perdas de matéria-prima visíveis no campo; impureza mineral na matéria-prima colhida; consumo de combustível e tempos demandados por operações nos turnos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que o consumo de combustível da colhedora foi maior durante o turno B em relação aos turnos A e C. O total de perdas de matéria-prima visíveis no campo foi maior para o turno C, assim como a impureza mineral na matéria-prima colhida também foi maior para o turno C. O rendimento operacional se mostrou maior para o turno A.

Palavras-chave: colheita mecanizada, consumo de combustível, eficiência operacional

OPERATIONAL PERFORMANCE OF A SUGAR CANE (*SACCHARUM SPP*) HARVESTER ACCORDING TO WORKING CYCLES

Botucatu, 2012. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CAMILLO FERRAREZI GIACHINI

Adviser: CARLOS ANTONIO GAMERO

Co-adviser: KLÉBER PEREIRA LANÇAS

2 SUMMARY

Agriculture in recent years has been facing pressure to change their techniques in order to increase productivity, reduce production costs and concern for the environment. In seeking to achieve all these factors, the culture of sugar cane was looking for upgrades that occurred mainly in the field. A major technological breakthrough for the yield of cane sugar was the replacement of manual harvesting system for the mechanized system. Mechanized harvesting is to supply the labor used in the cut that was becoming scarce, and enable higher yields at harvest and less aggression to the environment, since the burning of sugarcane is no longer used. For these reasons the present study was to evaluate the operating performance of a harvester for cane sugar without previous burning of sugarcane during the three work shifts the same. The test was conducted at Santa Candida Plant belonging to the group Tonon Bioenergy, located in the municipality of Bocaina, Midwest Region of São Paulo. The sugarcane was assessed characterized as an erect, with spacing used between the planting rows of 1.5 m and a variety of sugar cane was harvested RB86-7515. The harvester evaluated underwent harvesting operation in three shifts, lasting eight hours each, divided into: The shift (8:01 a.m. to 16:00); B shift (16h01 to 00h00) and; C shift (00:01 am 8:00 am). The evaluation of the operating performance of the harvester had the following parameters: loss of raw material visible in the field; mineral impurities in the raw materials harvested; fuel consumption and time demanded by operations in shifts. Data were subjected to analysis of variance using the Tukey test at 5% probability. The results showed that the fuel consumption of the harvester was higher during the shift B turns in relation to A and C. The total loss of

raw material visible in the field was greater for the C part, and the mineral impurities in the feedstock was also taken high to turn C. Operating income was larger for the shift A.

Keywords: mechanical harvesting, fuel consumption, operational efficiency

3 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar em sua maioria está relacionada diretamente à produção de açúcar e álcool, sendo estes produtos considerados “commodities” na economia mundial. Assim, o desenvolvimento da cultura no campo está relacionado ao mercado destes produtos, que, por sua vez, mostra-se crescente perante a grande demanda mundial por alimentos e energia.

Por estes fatores o setor sucroalcooleiro do Brasil vem ganhando espaço no mercado nacional e internacional, se destacando principalmente no setor agrícola e podendo ser considerado como um dos mais competitivos internacionalmente.

A colheita da cana-de-açúcar tradicionalmente era realizada com corte manual e carregamento mecanizado. Devido ao grande crescimento de área cultivada e juntamente com os apelos ambientais esta técnica passou a ser questionada e, como consequência, substituída pela colheita mecanizada.

A substituição do sistema de colheita da cana-de-açúcar em que se utiliza o fogo para a eliminação da palhada, entre outros objetivos, pela colheita mecanizada, é denominada de processo de cana verde ou cana crua. Este é um processo irreversível, gradativo e contínuo que está previsto na Lei 11.241, de 2002, editada pelo governo do Estado

de São Paulo, que estabelece um cronograma para o fim das queimadas no Estado, sendo determinado o prazo de até o ano de 2021 para as áreas mecanizáveis e 2031 para as áreas ainda teoricamente não propícias para a mecanização.

No processo de produção da cana-de-açúcar a colheita mecanizada representa mais de 30% dos custos totais, mas devido ao seu alto rendimento em relação à colheita manual, o sistema mecanizado juntamente com novas tecnologias, foi responsável por uma redução acentuada nos custos da colheita, o que inevitavelmente levou a uma majoritária adoção de colhedoras nos canaviais.

Com a mecanização da colheita da cana-de-açúcar, tem-se como grande vantagem o aumento do número de horas trabalhadas, uma vez que as colhedoras tem a possibilidade de desempenhar sua tarefa durante as 24 horas, diferentemente da colheita semi-mecanizada, onde os trabalhadores que efetuam o corte da cana-de-açúcar manualmente necessitam da luz do sol como fonte de iluminação.

Pretendeu-se, portanto, com este trabalho fornecer subsídios para a racionalização do consumo de combustível e diminuição das perdas relacionadas à colheita mecanizada da cana-de-açúcar, levando-se em consideração o turno em que o trabalho está sendo executado.

Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional de uma colhedora de cana-de-açúcar em função dos turnos de trabalho, divididos em turno A (8h01 as 16h00), turno B (16h01 as 00h00) e turno C (00h01 as 8h00), realizados em uma Usina de açúcar e álcool da Região Centro Oeste do Estado de São Paulo.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar teve sua origem na Nova Guiné, onde sua existência era tida como em estado de planta silvestre e ornamental. De Nova Guiné, disseminou-se em várias linhas do sul do Oceano Pacífico, na Indochina, no Arquipélago da Malásia e em Bengala, sendo certo o seu aparecimento como planta produtora de açúcar na Índia. Os persas parecem ter sido os primeiros a desenvolverem as técnicas de produção de açúcar na forma cristalizada, tal como atualmente se conhece (LEME FILHO, 2009). O controle sobre o cultivo da cana-de-açúcar na Nova Guiné, segundo Horii (2004), teria sido realizado cerca de 8.000 anos antes de Cristo por horticultores neolíticos.

No Brasil a cultura da cana-de-açúcar está presente desde o período colonial. Inicialmente, era utilizada para produção de açúcar e aguardente, com grandes vantagens produtivas sobre outras matérias primas. Já na segunda metade do século XX a cultura iniciou uma nova função, agora estratégica, que foi a produção de álcool combustível.

para substituir derivados de petróleo, marcando sua participação na matriz energética do país (FERREIRA, 2006).

Segundo Carvalho (1993) a produção de cana-de-açúcar passou por períodos distintos no Brasil. No entanto, apresentou em todas as fases crescimento em área cultivada, bem como, na quantidade de cana-de-açúcar colhida. Nos anos de 1931 a 1950, a produção aumentou cinco vezes; de 1950 a 1970 quatro vezes; e de 1975 a 1991, a produção da cultura cresceu 3,5 vezes, passando de 68 milhões de toneladas para 233 milhões de toneladas incentivados, principalmente, pela produção de etanol por meio do processamento da cana-de-açúcar.

Uma nova etapa na história do ciclo da cana no Brasil foi a implantação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), em 14 de novembro de 1975, pelo decreto nº 76.593. O programa incentivou a atuação da indústria sucroalcooleira fazendo grandes investimentos com recursos públicos, que eram provenientes do Orçamento Monetário Nacional. Nessa estratégia foram dados créditos subsidiados (os juros cobrados eram sistematicamente abaixo da inflação) e financiamentos que abrangeram a constituição de uma indústria de bens de capital para atender a demanda por máquinas e equipamentos para a montagem das usinas (FISCHER, 1983).

Antes do Proálcool, o Brasil importava cerca de 70% do petróleo que consumia. Com as crises do petróleo que se seguiram a partir de 1973, e o surgimento do Proálcool, houve o incentivo à produção e uso do álcool como combustível nos automóveis, em substituição a gasolina. O programa alavancou o desenvolvimento de novas regiões produtoras como o Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Em menos de cinco anos, a produção de pouco mais de 300 milhões de litros ultrapassou a cifra de 11 bilhões de litros, caracterizando-o como o maior programa mundial de energia renovável já estabelecido, economizando mais de US\$ 30 bilhões em divisas (FISCHER, 1983).

O ciclo do PROÁLCOOL terminou no final da década de 80 com uma crise de governo e de confiabilidade do setor sucroalcooleiro, gerada pelo desabastecimento do vasto mercado nacional que havia sido criado. O financiamento público ao programa escasseou a partir de 1987 enquanto o mercado internacional de açúcar teve preços em ascensão. Estes fatores por um lado desestimularam a expansão e a renovação dos canaviais e,

por outro, levaram os produtores a desviar a matéria-prima da produção de álcool (etanol) para a de açúcar, visando principalmente à exportação (RODRIGUES e ORTIZ, 2006).

Atualmente a produção brasileira de etanol e açúcar encontra-se dividida de maneira que o direcionamento da cana-de-açúcar para a produção desses derivados é maior para o açúcar. Para a safra 2012/13, a participação de cana destinada para a produção de etanol será de 49,58% e 50,42% para o açúcar (CONAB, 2012).

O Brasil é exemplo de sucesso na produção e uso em larga escala de um combustível renovável e de baixo carbono, como hoje quer o mundo. Recentemente, foi reconhecido pela agência ambiental dos Estados Unidos, a Environmental Protection Agency (EPA), que designou o etanol produzido no Brasil como "biocombustível avançado." Paralelamente, cresce rapidamente o número de novas vertentes que vão gerar crescimento adicional nos próximos anos, como a bioeletricidade, os bioplásticos e a produção de hidrocarbonetos como diesel e querosene de aviação, a partir da cana-de-açúcar (JANK, 2010).

4.2 Produção brasileira de cana-de-açúcar e derivados

O setor sucroalcooleiro no Brasil vem ganhando espaço no mercado nacional e internacional em função da diversificação e melhoria de produtividade, principalmente no setor agrícola. O setor sucroalcooleiro brasileiro pode ser considerado como um dos mais competitivos internacionalmente, tendo em vista que em termos energéticos a cana-de-açúcar apresenta um altíssimo teor de fibra, levando clara vantagem competitiva quando comparada com outras culturas (UNICA, 2008).

Nas últimas décadas o interesse por fontes de energia renováveis e que causem menores índices de poluição e emissão de gases, deu novo animo ao uso de álcool combustível produzido através da fermentação e processamento da cana-de-açúcar e impulsionou a produção da cultura no Brasil. A área destinada ao plantio da cultura mostrou grande crescimento (tabela 1), basicamente em função da produção do álcool, sendo que essa

expansão ocorreu principalmente em regiões de solo fértil e de climas favoráveis (TAKESHI, 2008).

Tabela 1. Evolução da produtividade e produção da cana-de-açúcar.

Ano-safra	Área (mil Hectares)	Produtividade (t/ha)	Produção (mil t)
	Brasil	Brasil	Brasil
2005/2006	5.840,3	65,5	382.482,0
2006/2007	6.163,3	69,6	428.816,9
2007/2008	6.946,3	71,3	495.525,1
2008/2009	7.057,9	81,1	572.738,5
2009/2010	7.409,6	60,6	603.916,0
2010/2011	8.033,0	77,7	624.501,2
2011/2012	8.567,2	68,2	571.439,3

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento - MAPA, 2012.

O Brasil não é apenas o maior produtor de cana. É também o primeiro do mundo na produção de açúcar e etanol e conquista, cada vez mais, o mercado externo com o uso do biocombustível como alternativa energética. Responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, o País deve alcançar taxa média de aumento da produção de 3,25%, até 2018/19, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 14,6 milhões de toneladas em relação ao período 2007/2008. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é de 32,6 milhões de toneladas. O etanol, produzido no Brasil, a partir da cana-de-açúcar, também conta com projeções positivas para os próximos anos, devidas, principalmente, ao crescimento do consumo interno. A produção projetada para 2019 é de 58,8 bilhões de litros, mais que o dobro da registrada em 2008. O consumo interno está projetado em 50 bilhões de litros e as exportações em 8,8 bilhões (MAPA, 2012).

De acordo com relatório apresentado pela Companhia Nacional do Abastecimento - CONAB (2011) as lavouras brasileiras de cana-de-açúcar continuam em expansão, embora nesta safra (2011/2012) tenha apresentado um desenvolvimento aquém do ideal e inferior ao da safra passada. Porém a área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira atingiu os 8.567,20 mil hectares, distribuídos em todos Estados produtores. O total da área de expansão em todo País ficou em 697.770,9 hectares. A produtividade média brasileira atingiu os 68.289 kg/ha, 11,8% menor que a na safra 2010/11,

que foi de 77.746 kg/ha. O total de cana moída na safra 2011/12 foi de 571.439,3 milhões de toneladas, com queda de 8,4% em relação à safra 2010/11, que foi de 624.501,2 milhões de toneladas, que significa que a quantidade moída foi de 52 milhões de toneladas a menos que a moagem da safra anterior.

A quantidade de cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar e etanol para a safra 2011/2012 e suas respectivas produtividades estão expressas nas tabelas 2 e 3, criadas com base nos dados fornecidos pela Conab (2012), assim como as expectativas para a safra 2012/2013.

Tabela 2. Quantidade de cana-de-açúcar destinada à produção de açúcar e etanol para as safras 2011/2012 e 2012/2013 estimada.

Cana Colhida (em mil ton)		Açúcar (em mil ton)		Etanol (em mil ton)	
2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013
571.439,30	602.178,80	283.906,60	299.942,00	287.564,40	302.236,80

Fonte: Companhia Nacional do Abastecimento Conab (2012).

Tabela 3. Produção de açúcar e etanol nas safras 2011/2012 e 2012/2013 estimada.

Açúcar (em mil ton)		Etanol (em mil L)	
2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013
36.882,60	38.852,70	22.857.589,20	23.956.381,50
Etanol Anidro (em mil L)		Etanol Hidratado (em mil L)	
2011/2012	2012/2013	2011/2012	2012/2013
9.069.331,10	9.743.816,70	13.788.278,10	14.212.564,80

Fonte: Companhia Nacional do Abastecimento Conab (2012).

4.3 Colheita da cana-de-açúcar

Ripoli (1996) define três sub-sistemas distintos de colheita no Brasil: manual, semi-mecanizado e mecanizado. O sistema manual, que consiste no emprego da mão de obra para o corte e carregamento da matéria-prima, foi muito comum na região nordeste do país. Entretanto, devido às leis trabalhistas, o carregamento manual tornou-se proibido, sendo utilizados animais para tal tarefa. O sistema semi-mecanizado, no qual o corte é manual e o carregamento é mecanizado já foi o mais comum no país, principalmente por grande parte dos produtores autônomos. No sistema mecanizado a matéria-prima é cortada e carregada sem a utilização direta da mão de obra.

Segundo Costa Neto (2006) a evolução da colheita mecanizada de cana-de-açúcar proporciona, não apenas menores custos em relação à colheita manual, como também maior eficiência no abastecimento da indústria, possibilitando melhor programação de colheita, além de a colhedora substituir o trabalho realizado por 100 pessoas, podendo chegar a um rendimento de 15 a 20 t/h contra 5 a 6 t/dia por pessoa, o que torna a mecanização da colheita um processo inevitável, no qual evitaria os problemas de escassez de mão de obra.

A incorporação da mecanização na colheita da cana-de-açúcar é meta entre a maioria das usinas e produtores brasileiros e encontra-se em franca expansão (PEARCE, 2006). Nos últimos anos, a colheita tem passado por uma fase de substituição do corte manual para o mecanizado devido aos fatores *mão de obra* e *ambiental*. O fator *mão de obra* se deve ao elevado custo de encargos trabalhistas no Brasil e a escassez de trabalhadores para atender a demanda crescente da produção de cana no país. O fator *ambiental* deve-se às pressões da sociedade para eliminação da queima da cana-de-açúcar (RIPOLI e RIPOLI, 2004).

O avanço da mecanização na colheita da cana-de-açúcar ocorre principalmente em áreas com topografia adequada, ou seja, com declividades menores que

12%, e necessita de diversas alterações técnicas para que haja a sistematização dos solos e talhões, a determinação do espaçamento mais adequado, para que evite o pisoteio da soqueira da cana, além da adaptação das variedades que serão utilizadas na colheita mecanizada, havendo, ainda, aquelas mudanças que tratam do rendimento operacional das máquinas, melhoria na qualidade de matéria-prima e na adaptação às necessidades de cada ambiente de produção, o que proporciona o uso de novas tecnologias e ganho em produtividade para a cultura (BENEDINI et al., 2007).

4.4 Evolução da colheita mecanizada

A mecanização parcial da operação de colheita iniciou-se, no Brasil, na primeira metade da década de 50, quando surgiram as primeiras carregadoras de cana, que passaram a substituir o carregamento manual (RIPOLI e RIPOLI, 2009).

A mecanização total ou parcial se apresenta atualmente como a única opção para a colheita da cana, tanto do ponto de vista ergonômico quanto econômico e, principalmente, do ponto de vista legal e ambiental, já que apenas o corte mecânico viabiliza a colheita sem queima prévia, o que por sua vez viabiliza o aproveitamento do palhço (BRAUNBECK e MAGALHÃES, 1999).

Coelho (2009) relata que em função da preocupação ambiental e humana por parte de vários segmentos da sociedade, a tendência é que a colheita mecanizada seja o mais utilizado nas próximas décadas.

Em nível internacional, a primeira cortadora auto propelida para cana-de-açúcar já havia sido fabricada, em 1906 no Havai. Na década de 60, na Austrália, foi lançado um novo modelo de máquina para corte de cana, que era chamado de colhedora combinada. Entre os anos 58 e 61, foi desenvolvida a primeira cortadora carregadora do Brasil e nada mais era do que um conjunto de mecanismos montados sobre um trator de esteiras Caterpillar, que foi denominada de SANTAL SL da fabricante nacional SANTAL. O início da década de 70 foi marcado pela importação de tecnologias estrangeiras em máquinas de colher cana mecanicamente, sendo provenientes principalmente da Austrália e da Alemanha. Ao final da década de 70, mais precisamente em 1978, deu-se início a fabricação

da primeira colhedora auto propelida totalmente nacional, a SANTAL 115 (RIPOLI e RIPOLI, 2009).

No sistema mecanizado a matéria-prima é cortada e carregada sem a utilização direta da mão de obra. Segundo Ripoli (1996), as colhedoras combinadas automotrizes, que fazem parte do subsistema mecanizado, realizam o corte, o fracionamento, a limpeza parcial e o carregamento dos colmos diretamente em unidades de transporte denominadas transbordos.

Após a etapa de colheita, a cana é transportada para a unidade processadora. O transporte da cana do campo para as usinas é realizado essencialmente por meio do uso de caminhões, uma vez que a forma de transporte que se apresenta mais adequada para as características de distâncias, volumes, agilidade, confiabilidade e periodicidade demandada no transporte dessa matéria-prima (RIPOLI, 1996).

4.5 Perdas de matéria-prima

Braunbeck e Oliveira (2006) afirmam que as perdas que ocorrem durante a colheita mecanizada de cana-de-açúcar podem ser divididas em perdas visíveis e invisíveis, sendo elas decorrentes da ação dos mecanismos rotativos presente nas colhedoras, que realizam as operações de corte basal, picotagem (fracionamento do material colhido) e limpeza dos colmos (pedaços de cana-de-açúcar) do material colhido.

Em estudo de desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada, Carvalho Filho (2000), concluiu que a velocidade de deslocamento da colhedora, que podem variar de 2 a 8 km.h^{-1} , é um dos principais fatores que influenciam o nível de perdas no campo. Afirmou também que as principais perdas são aquelas que podem ser diagnosticadas visualmente no campo após a colheita ou presas na colhedora, sendo facilmente determinadas por meio de coleta manual.

A velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno, porém, tendo uma colhedora em velocidade elevada, sua capacidade de corte por unidade de tempo será maior. Geralmente, as colhedoras podem trabalhar com velocidade de até 9,0 km.h^{-1} , segundo especificações dos

fabricantes, mas atualmente no estado de São Paulo, não têm ultrapassado 4,0 a 6,0 km.h⁻¹, possivelmente devido à falta de sistematização dos talhões, voltados para a colheita mecânica. As maiores velocidades em talhões não adequadamente sistematizados, principalmente no que se refere à condição da soqueira, levam inevitavelmente a um aumento de perdas de matéria-prima. A velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão no que diz respeito à sistematização, porte do canavial e a produtividade agrícola estimada (RIPOLI e RIPOLI, 2009).

4.6 Desempenho operacional na colheita

Para Ripoli (1996) desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar é um conjunto de atributos que caracterizam o grau de habilitação da máquina para execução da operação de colheita, sob determinadas condições operacionais. Para o mesmo autor a análise do desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar, não deve limitar-se apenas a capacidade efetiva, em termos de kg.h⁻¹ ou t.dia⁻¹, devendo-se levar em conta também, a qualidade da matéria-prima, bem como as suas perdas e capacidade operacional.

Smith et al. (1985) estudaram a colheita da cana-de-açúcar sem queima prévia em canaviais da Austrália, nas safras de 79 a 83, e determinaram índice de matéria estranha variando de 7,14% a 8,24%.

Shaw e Brotherton (1992) avaliaram na Austrália a colheita mecanizada de cana-de-açúcar sem queima prévia. As perdas de matéria-prima e os índices de matéria estranha encontrados foram de 9,0 e 12,0%, respectivamente. A colheita de cana crua influenciou positivamente a qualidade do açúcar, quando comparada com a colheita em canaviais previamente queimados.

Ripoli e Villa Nova (1992), observaram que com o desenvolvimento tecnológico e a sistematização dos talhões, as atuais colhedoras de cana-de-açúcar, conseguem uma capacidade efetiva em média, de 60 t.h⁻¹ com perdas totais no campo variando de 3 a 6 t.ha⁻¹ (3 a 5 %) e, índice de matéria estranha total de 3 a 8%.

Soares et al. (1994) analisaram colhedoras desenvolvidas especificamente para colheita em canaviais sem queima prévia em duas safras consecutivas na

usina São Francisco, Estado de São Paulo. Os resultados obtidos foram: Capacidade efetiva $60,4 \text{ t.h}^{-1}$ e capacidade operacional $22,1 \text{ t.h}^{-1}$.

Lima (1994) estudou colheita mecânica em canaviais com e sem queima prévia, com a colhedora Engeagro E 8000, obtendo os seguintes desempenhos para cana crua. Consumo de combustível $1,80 \text{ L.t}^{-1}$; perdas de matéria prima 4,71%; matéria estranha vegetal 5,5% e matéria estranha mineral 0,2%.

O Cenicafá (1995) estudou a colhedora Case IH Austoft 7700 em canaviais sem queima prévia. A produtividade média dos canaviais foi de 104 t.ha^{-1} , variando de 86 a 116 t.h^{-1} . A colhedora trabalhou por 1.263 horas, e apresentou eficiência de 59%. Os resultados encontrados para o desempenho foram: capacidade efetiva de campo $26,74 \text{ t.h}^{-1}$, capacidade teórica de campo $45,21 \text{ t.h}^{-1}$, velocidade de trabalho $2,28 \text{ Km.h}^{-1}$, consumo de combustível $1,32 \text{ L.t}^{-1}$ e $35,2 \text{ L.h}^{-1}$.

Cury (1999), analisando o desempenho operacional e econômico de duas colhedoras Brastoft, utilizadas na Usina Santa Helena, no Estado de São Paulo, na safra de 98/99 em canaviais sem queima prévia, encontrou os seguintes resultados: eficiência de campo 64,45%, consumo de combustível $0,79 \text{ L.t}^{-1}$, consumo de óleo hidráulico $7,62 \text{ ml.t}^{-1}$, capacidade operacional $45,80 \text{ t.h}^{-1}$, custos variáveis em torno de $0,52 \text{ US\$t}^{-1}$.

Belardo (2010) em estudo onde avaliou três colhedoras de marcas diferentes obteve valores para matéria estranha mineral que variaram entre 0,78 a 0,92 % e $0,87$ a $1,16 \text{ t.ha}^{-1}$, assim como as perdas totais que atingiram valores 1,5 a 3,2% e 1,84 a $3,63 \text{ t.ha}^{-1}$, e o consumo de combustível obtido foi de $55,60$ a $64,80 \text{ L.h}^{-1}$ e $54,43$ a $85,00 \text{ L.ha}^{-1}$.

Schmidt Junior (2011) avaliando a combinação ideal entre a velocidade de deslocamento e a velocidade do exaustor primário para um protótipo de colhedora de cana-de-açúcar encontrou resultados para matéria estranha mineral entre 0,29 a 0,41%, para perdas visíveis totais foi de 0,23 a $0,61 \text{ t.ha}^{-1}$ e 0,29 a 0,82 %, já o consumo de combustível em L.h^{-1} e L.t^{-1} foram respectivamente $50,30$ a $58,56$ e $0,52$ a $0,75$.

Noronha et. al. (2011) estudaram as perdas da colheita mecanizada em turno diurno e noturno, e comprovaram que o aumento das perdas pode chegar a 20% a mais durante a colheita noturna.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Localização da área experimental

As determinações de campo foram conduzidas no período compreendido entre os dias 14 a 16 de junho de 2012, na Usina Santa Cândida, pertencente ao grupo Tonon Bioenergia, localizada no município de Bocaina, Estado de São Paulo, situada nas coordenadas geográficas: 22°06'22" de Latitude Sul, 48°28'46" de Longitude Oeste, com 532 metros de altitude.

O canal encontra-se plantado em um terreno com declividade de 6% e cultivado em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

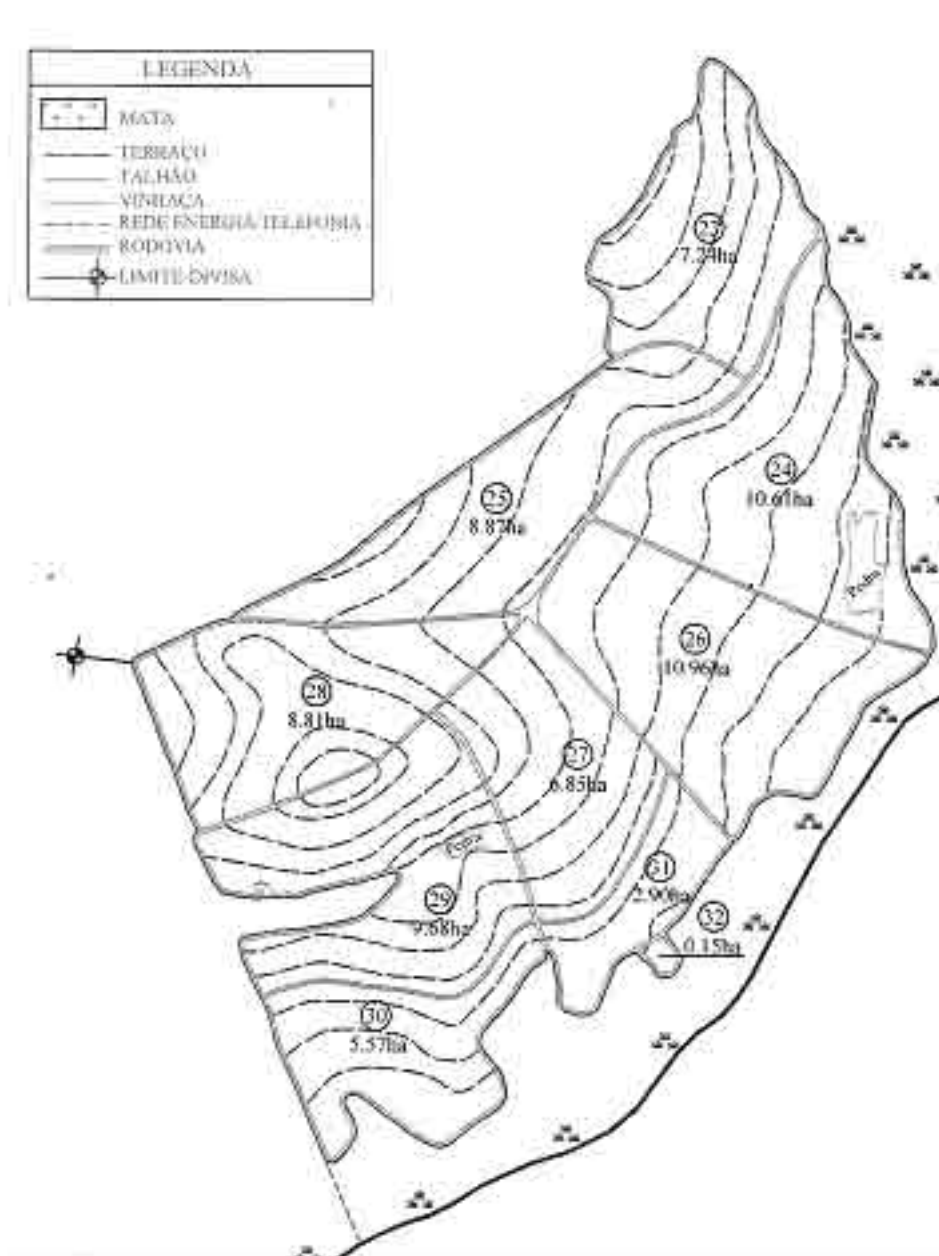


Figura 1. Mapa da área de ensaio (talhão 26)

5.1.2 Colhedora autopropelida de cana-de-açúcar

A colhedora utilizada neste ensaio foi a de marca Case IH e modelo A7700. A figura 1 apresenta de forma geral os componentes mecânicos presentes neste tipo de colhedora, responsáveis pelo processo de corte, recolhimento e carregamento do material industrializável.

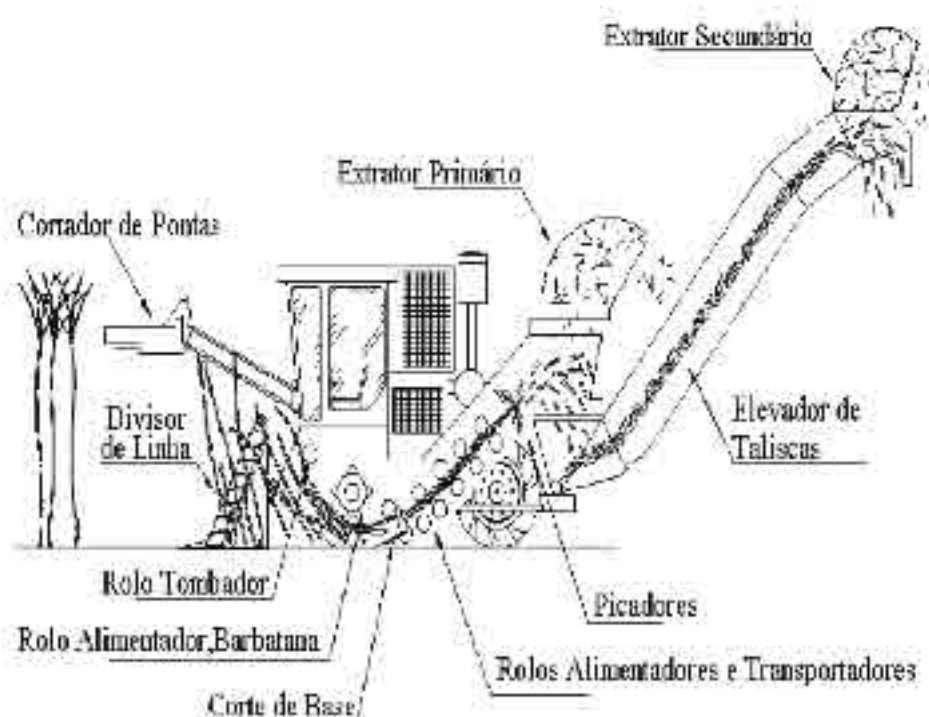


Figura 2. Esquema de colhedora automotriz (Fonte: NEVES, 2003).

Segundo esquema de Neves (2003), os sistemas da colhedora desempenham suas funções de colheita da seguinte forma: o cortador de pontas faz a primeira limpeza separando o ponteiro do colmo da planta; o divisor de linhas e o rolo tombador direcionam o material até o rolo alimentador que, por sua vez, posiciona a planta para que se efetue o corte de base; após o corte da planta, esta é levada pelos rolos transportadores até picador que tem como função fracionar a planta colhida; o extrator primário posicionado acima dos picadores, através de exaustão faz a limpeza do material que está indo para o

elevador de taliscas; o elevador de taliscas elevava o material para ser depositado em carretas transbordo passando antes da deposição pelo extrator secundário que faz a última limpeza do material que será levado para a indústria.

A tabela 4 descreve as principais características apresentadas pela colhedora utilizada no ensaio.

Tabela 4. Características gerais da colhedora

Colhedora	Características
Origem	Nacional
Fabricante/Marca	Case IH
Modelo	A 7700
Ano de fabricação	2009
Motor	Cummins M11
Potencia cv (kW) @ rpm	335 (246)@2100
Horas de trabalho	8712
Tanque de combustível	480 L
Tanque de óleo hidráulico	480 L
Rotação do motor do ventilador do extrator primário	850 rpm
Cortador de pontas	Altura ajustável, tambor separador bidirecional, equipada com triturador de palha.
Corte de base	Discos duplos desmontáveis, com 5 facas trocáveis por unidade, de acionamento hidráulico e reversível.
Divisor de linhas	Cilindros e espirais duplos
Rolos alimentadores	Acionamento hidráulico e reversível, com 12 rolos.
Extratores	Acionamento hidráulico, com 3 pás e sistema Antivortex.
Elevadores	Acionamento hidráulico reversível, com giro de 170°
Freio	Discos múltiplos com operação automática
Rodado	Esteiras
Velocidade de deslocamento	até 8 km/h

5.1.3 Consumo de combustível da colhedora

Para medição do consumo de combustível horário ($L.h^{-1}$) foram utilizados dois fluxômetros volumétricos MIII, da FLOWMATE fabricado pela OVAL Corporation do Japão e distribuído no Brasil pela K&K do Brasil, modelo LSN41L8-M2 (figura 3), vazão de 10 mL/pulso, sendo um instalado entre os filtros e a bomba injetora do motor da colhedora (F1) e o outro no retorno do combustível ao tanque (F2).

Os fluxômetros utilizados passaram por calibração para aferição de sua acurácia, antes e após o ensaio.



Figura 3. Fluxômetro 1 (F1) e fluxômetro 2 (F2) instalados na colhedora.

5.1.4 Aquisição de dados

Para aquisição e acompanhamento dos sinais obtidos pelos fluxômetros instalados no sistema de alimentação de combustível da colhedora, utilizou-se um controlador lógico programável (CLP) para coleta dos dados, permitindo a leitura e o armazenamento dos sinais enviados pelos fluxômetros (Figura 4).

O CLP utilizado foi o de modelo MC-IHM002/08 denominado Medidor de Consumo com Interface Homem-Máquina, produzido por M&S Automação & Equipamentos, montado com visor de marca UniTronics e modelo Vision 120.

Após leitura dos dados coletados pelo CLP, os mesmos foram anotados em planilhas para serem utilizados posteriormente.



Figura 4. Controlador lógico programável, utilizado para coleta e armazenamento de dados.

5.1.5 Estudos de tempos

Os instrumentos, materiais e equipamentos utilizados durante o ensaio também para aquisição de dados que permitiram o estudo de tempos durante os turnos de trabalho foram: cronômetros, rádio transmissor, aparelho GPS de marca Garmin, modelo GPSmap 60CSx com precisão de posição de 10 metros e de velocidade de 0,5 metros/segundo, planilhas, prancheta e canetas.

5.2 Métodos

5.2.1 Descrição dos turnos e dias de coleta

Os turnos estudados respeitaram a forma de divisão estabelecida pela usina parceira do ensaio, sendo classificados pela mesma como turnos A, B e C.

O turno A ocorre das 08h01 às 16h00, o turno B se inicia às 16h01 e termina às 00h00 e o turno C ocorre das 00h01 às 08h00. Durante a discussão dos resultados, os gráficos fazem referência aos turnos utilizando o seu tempo de duração em horas.

Os dados do ensaio foram coletados seguidamente entre os turnos, com três repetições para cada turno, ocorrendo da maneira como descrito na tabela 5.

Tabela 5. Descrição da coleta de dados durante os turnos.

(A) 08:01-16:00	(B) 16:01-00:00	(C) 00:01-08:00		
X	X	X		
	(B) 16:01-00:00	(C) 00:01-08:00	(A) 08:01-16:00	
Descanso	X	X	X	
		(C) 00:01-08:00	(A) 08:01-16:00	(B) 16:01-00:00
	Descanso	X	X	X

Como mostra a tabela os dados foram coletados de maneira ininterrupta entre os turnos, havendo uma pausa para descanso de 8 horas antes que se iniciasse a coleta entre as repetições.

As trocas de turno (operadores) foram feitas no campo ao final de cada turno, e a cada troca foi efetuada a troca das facas do corte de base da colhedora, proporcionando uniformidade ao ensaio.

5.2.2 Determinação do porte do canavial

O porte do canavial é definido quanto à posição relativa e a quantidade em que os colmos se encontram em relação ao solo, sendo assim classificados como (eretos, acamados ou deitados). Para determinação do porte do canavial foi utilizado neste ensaio o método proposto por Ripoli et al. (1996), sendo utilizado um triângulo (confeccionado em metal) para avaliação do porte do canavial que contou com quatro repetições de amostragem para cada turno.

Os materiais (cana-de-açúcar) colhidos no ensaio foram os de variedade RB86-7515, que se encontravam plantados em terrenos com declividade adequada a colheita mecanizada e idade do canavial de 25,7 meses, sendo este o segundo corte do mesmo, o que o caracterizou como sendo próprio para colheita mecanizada.

A produtividade do canavial foi determinada através de amostragens feitas nos talhões referentes a cada turno a ser colhido.

5.2.3 Perdas visíveis de matéria prima no campo

As perdas representam a massa de material vegetal, cujo conteúdo em açúcar a qualifica como "*matéria prima industrializável*" (partes da planta que contem açúcar) que fica no campo após a passagem da colhedora.

Essas perdas foram medidas de maneira direta demarcando-se uma área de 10 m² (3,03 x 3,33m), como mostrado na figura 5, logo após a colheita e realizando a catação manual de todas as frações que não foram colhidas como, canas inteiras (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 (pedaços de canas agarrados aos ponteiros), tocos (pedaço de colmo preso à soqueira, acima do solo e menor que 20 cm) tolete (pedaço de cana esmagado ou não com corte característico do facão picador ou corte de base em ambas as extremidades) pedaços (variações de cana que não se encaixam nas definições anteriores; sem as características de toco, canas inteira, tolete, lasca e cana ponta) lasca (fragmentos de cana totalmente dilacerados). A seguir foi efetuada a pesagem separadamente, de cada material recolhido utilizando uma balança com acurácia de 0,1 kg.

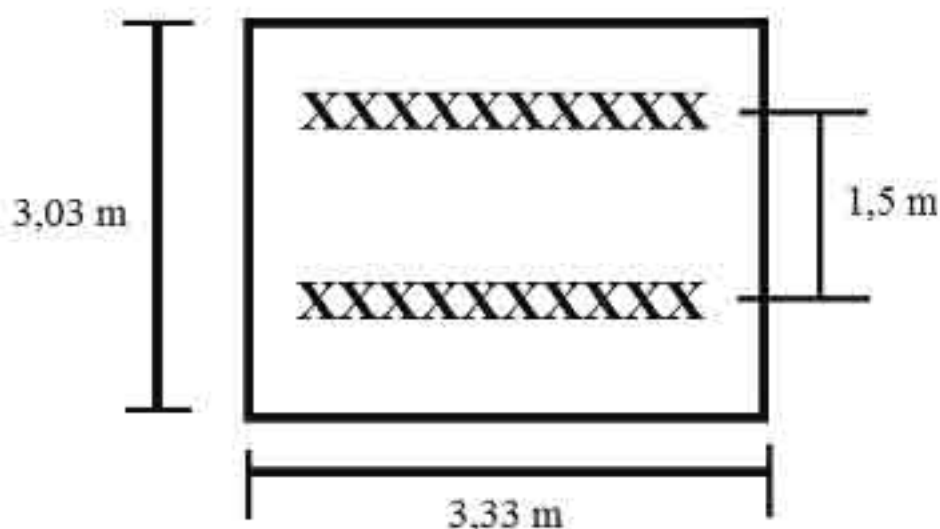


Figura 5. Demonstrativo de esquema de amostragem de perdas visíveis.

As perdas foram calculadas de forma absoluta (t.ha⁻¹), multiplicando-se o valor final em peso por 1.000, para se obter o resultado da área de 1 hectare. Para o valor em porcentagem, dividiu-se este valor pela produtividade mais o valor, conforme equação 1.

Para precisar os valores encontrados foram feitas quatro repetições de amostragem para cada tratamento.

$$Perdas(\%) = \frac{Perdas\ no\ campo(t / ha)}{produtividade\ do\ canavial(t / ha) + perdas\ no\ campo(t / ha)} \times 100 \quad (1)$$



Figura 6. Área demarcada para coleta e separação das perdas visíveis no campo.

Após a obtenção dos índices de perdas, faz-se a classificação dos resultados em perda alta, média ou baixa, de acordo com os valores médios apresentados na tabela 6, conforme metodologia do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

Tabela 6. Classificação de perdas de matéria-prima visíveis (%).

Nível de perdas	Percentual de perdas (%)
Baixo	<2,5
Médio	2,5 a 4,5
Alto	>4,5

Fonte: Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

5.2.4 Impureza mineral na matéria prima

Após a colheita da área estudada o material foi enviado para a usina por meio de caminhão, onde foram retiradas amostras de 10 kg de cada carga, utilizando-se sonda amostradora, as quais, na sequência, foram desfibradas, de onde foi retirado uma amostra de 50 g, a qual em cadim foi incinerada em mufla por período de 8 horas.

Após o procedimento feito pelo laboratório da usina obtiveram-se os valores obtidos para impureza mineral na matéria prima colhida.

5.3 Demarcações da área de realização do ensaio

A área de realização do ensaio, que corresponde à área colhida pela colhedora durante o seu turno de trabalho, foi determinado com uso de GPS Garmim (GPSmap60CSx), que forneceu ao final do turno de trabalho um mapa da área colhida e seu respectivo tamanho (em hectares).

5.4 Estudo de tempos

Fazendo uso de dois cronômetros os tempos das operações de colheita e manobras foram anotados nas planilhas de campo, assim o mesmo método foi utilizado para

anotar os tempos gastos pela colhedora enquanto desenvolvia outras funções decorrentes dos turnos de colheita, podendo ser, parada para abastecimento, manutenção preventiva ou corretiva, deslocamento pelo canal e espera por transbordo ou caminhão.

Assim em posse dos dados coletados foram feitas comparações estatísticas e obtiveram-se os resultados referentes aos tempos gastos pela colhedora durante os turnos de trabalho.

5.5 Desempenho operacional

5.5.1 Consumo de combustível da colhedora

Os pulsos gerados pelos fluxômetros foram convertidos em volume, considerando a vazão de 10 mL/pulso. O cálculo do consumo horário foi feito de acordo com a equação 2:

$$CC_h = \frac{\sum (p_e - p_s) \cdot 3,6}{\Delta t} \quad (2)$$

Em que:

CC_h = consumo horário de combustível (L.h⁻³)

$\sum (p_e - p_s)$ = diferença entre os somatórios de pulsos dos fluxômetros, equivalente a mL de combustível gasto (mL), de entrada e de saída;

Δt = tempo gasto (s);

3,6 = fator de conversão.

p_e = pulsos de entrada

p_s = pulsos de saída

5.5.1.1 Consumo de combustível da colhedora por área (CCa)

O consumo de combustível da colhedora por área foi calculado pela equação 3:

$$CCa = Id \times CCh \quad (3)$$

Em que:

CCa = consumo de combustível por área ($L \cdot ha^{-1}$);

Id = tempo efetivo demandado ($h \cdot ha^{-1}$);

CCh = consumo de combustível horário ($L \cdot h^{-1}$).

5.5.1.2 Consumo de combustível da colhedora por turno de trabalho (Ctr)

O consumo de combustível da colhedora por turno trabalhado foi calculado pela equação 4:

$$Ctr = CCh \times Ht \quad (4)$$

Em que:

Ctr = Consumo de combustível por turno ($L \cdot tr^{-1}$)

CCh = Consumo de combustível horário ($L \cdot h^{-1}$).

Ht = Horas trabalhadas durante o turno (h)

5.5.1.3 Consumo de combustível da colhedora por tonelada (CCt)

O consumo de combustível da colhedora por tonelada de cana-de-açúcar colhida foi calculado pela equação 5:

$$CCt = \frac{CCh}{T} \quad (5)$$

Em que:

CCt = consumo de combustível por toneladas de cana colhida (L.t⁻¹)

CCh = consumo de combustível horário (L.h⁻¹)

T = toneladas de cana colhida (t.h⁻¹)

5.5.2 Capacidade de campo efetiva (CE)

A capacidade de campo efetiva foi determinada pela relação entre a área útil da parcela trabalhada que foi determinada ao final de cada turno, sendo definida de acordo com o rendimento operacional da colhedora, e o tempo total entre as operações gasto no percurso da parcela, equação 6:

$$CE = \frac{Atr}{\Delta_t} \cdot 0,36 \quad (6)$$

Em que:

CE = capacidade de campo efetiva (ha.h⁻¹);

Atr = área útil da parcela trabalhada (m²);

Δ_t = tempo gasto no percurso da parcela experimental (s);

0,36 = fator de conversão.

5.5.3 Capacidade de campo operacional (CO)

A capacidade de campo operacional foi determinada pela relação entre a área trabalhada (determinada durante o turno) e o tempo gasto na realização da operação de colheita, equação 7:

$$CO = \frac{A}{\Delta_t} \cdot 0,36 \quad (7)$$

Em que:

CO = capacidade de campo operacional (ha.h⁻¹);

A = área trabalhada (m²);

Δ_t = tempo gasto na operação de colheita (s);

0,36 = fator de conversão.

5.5.4 Rendimento operacional RO (%)

O rendimento operacional referente a percentagem de tempo de operação dentro do tempo total de duração do turno, foi calculado pela equação 8:

$$RO = \frac{HC}{Ht} \quad (8)$$

Em que:

RO = Rendimento Operacional (%)

HC = Horas colhendo (h)

Ht = Duração do turno (h)

5.5.5 Rendimento de campo efetivo RcE (%)

Representa o aproveitamento do tempo de trabalho do equipamento, relacionando-se com a eficiência de tempo da operação, dado pela equação 9.

$$RcE = \frac{CO}{CE} \quad (9)$$

Em que:

RcE = rendimento de campo efetivo (%);

CO = capacidade de campo operacional ($ha.h^{-1}$);

CE = capacidade de campo efetiva ($ha.h^{-1}$).

5.5.6 Tempo efetivo demandado (Td)

O tempo efetivo demandado foi calculado pela equação 10:

$$Td = \frac{1}{CE} \quad (10)$$

Em que:

Td = tempo efetivo demandado ($h.ha^{-1}$);

CE = capacidade de campo efetiva ($ha.h^{-1}$).

5.6 Rendimento agrícola Ra ($t.h^{-1}$)

O rendimento agrícola da colhedora foi determinado pela quantidade de cana colhida em função da duração do turno de trabalho. Calculado pela equação 11:

$$Ra = \frac{Cc}{h} \quad (11)$$

Em que:

Ra =Rendimento Agrícola ($t.h^{-1}$)

Cc = Cana Colhida (t)

h = Tempo (h)

5.7 Delineamento estatístico

O ensaio compreendeu um experimento de comparação entre os três turnos de trabalho, sendo coletadas amostras de dados com três repetições para cada turno.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa JMP SAS (2012). Primeiramente se aplicou a análise de homogeneidade dos dados e posteriormente procedeu-se a remoção dos dados anormais existentes dentre todos os obtidos durante o ensaio.

A comparação das variáveis foi por meio de análise de variância, verificando-se a significância pelo teste F de Snedecor a 5% de significância.

O teste de Tukey foi aplicado para comparação entre as médias a 5% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos serão apresentados em forma de gráficos e tabelas, contendo colunas e linhas com as médias encontradas entre os turnos para cada variável estudada, as médias seguidas de letras distintas, maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

6.1 Determinação do porte do canavial

Os canaviais colhidos foram estimados como tendo porte ereto, pois apresentaram 92,5% dos colmos com ângulo, em relação à superfície do terreno, igual ou maior que 45°.

6.2 Tipos de perdas visíveis de matéria prima entre turnos de trabalho.

Na sequência serão apresentados na tabela 7 os resultados encontrados no ensaio para os tipos de perdas recorrentes do sistema de colheita mecanizada em cana-de-açúcar crua, sendo elas descritas com suas respectivas unidades de medidas: Cana inteira ($t.ha^{-1}$), lascas ($t.ha^{-1}$), pedaços ($t.ha^{-1}$), toco ($t.ha^{-1}$), tolete ($t.ha^{-1}$), total de perdas (%), total de perdas ($t.ha^{-1}$).

Tabela 7. Tipos de perdas e produtividade da cana-de-açúcar encontradas no ensaio.

Perdas	Turno		
	A	B	C
Cana Inteira ($t.h^{-1}$)	0 B	0,19 A	0,23 A
Lascas ($t.h^{-1}$)	0,17 B	0,27 B	0,42 A
Pedaços ($t.h^{-1}$)	0,24 B	0,54 A	0,57 A
Toco ($t.h^{-1}$)	0,28 B	0,39 B	0,68 A
Tolete ($t.h^{-1}$)	0,22 B	0,25 AB	0,33 A
Total (%)	0,88 C	1,64 B	2,2 A
Total ($t.h^{-1}$)	0,92 C	1,6 B	2,27 A
Produtividade (TCH)*	104,7	97,8	96,1

*(TCH) toneladas de cana-de-açúcar por hectare.

O total de perdas de cana-de-açúcar expresso em percentagem e tonelada por hectare, respectivamente, encontrados entre os turnos de trabalho A, B e C mostram que o turno de trabalho que apresentou a maior perda durante a operação de colheita da cana-de-açúcar, foi o turno C, havendo diferença entre os três turnos de trabalho.

Seguindo a metodologia descrita pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), que usa os valores encontrados para perdas em toneladas por hectare ($t.h^{-1}$) para gerarem índices de comparação entre os valores obtidos para perdas em percentagem (%), confirma-se, neste caso, o “baixo” nível das perdas encontrados no presente trabalho para todos os turnos.

Com base nestes resultados, pode-se dizer que, o aumento das perdas se inicia no turno B, mas se torna maior no turno C, o que pode ser explicado pelo fato de o mesmo ocorrer em um horário (00h00 às 8h00) onde não há incidência de luz solar, o que pode promover deficiência de visão do operador da colhedora, fazendo com que, muitas vezes, este não perceba falhas de operação que acarretam em maior perda.

Os resultados médios obtidos para perdas de cana-de-açúcar nesse ensaio foram menores que os encontrados em trabalhos desenvolvidos por diversos autores, entre eles Ripoli e Berto (1981) com 6,5%, Romero et al. (1993) com resultados entre 10 e 13%, Furlani Neto (1995) com 4,5% e Nery(2000) que encontrou valores entre 6,1 e 9,9%, tal acontecimento deve estar relacionado com a evolução das colhedoras, que hoje são mais eficientes.

Belardo (2010) encontrou resultados de perda total na colheita mecanizada de cana-de-açúcar semelhantes aos obtidos no presente ensaio entres 1,5 a 3,2%, assim como Schmidt Junior (2011) que, em seu trabalho obteve resultados abaixo daqueles aqui obtidos, ficando entre 0,29 a 0,82%.

Em estudo desenvolvido com uma colhedora CASE IH A 7700, semelhante à deste ensaio, e avaliando as perdas em turnos diurno e noturno, Noronha et al. (2011) encontrou valores de 9,3% e 11,2% para as perdas nos turnos diurno e noturno respectivamente, além de concluir que as perdas encontradas durante as operações noturnas são 20% maiores que as encontradas no diurno.

Assim, os valores obtidos neste ensaio podem ser classificados como “baixo” para todos os turnos de trabalho.

6.3 Impureza mineral na matéria prima

A quantidade de impureza mineral presente no material colhido, entre os turnos de trabalho, pode ser analisada pelo gráfico apresentado na figura 7. A partir do mesmo pode-se observar maior acúmulo de impureza mineral nos turnos B e C em relação ao turno A. Segundo classificação do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), os níveis de

impureza mineral são classificados como: “baixo” quando menores que 0,7%, “médio” quando entre 0,7 e 1,2% e; “alto” quando maior que 1,2%.

Alguns autores trabalharam somente durante o dia (turno A), assim levando em consideração o resultado encontrado neste ensaio para o turno A, verifica-se que, este ensaio obteve valor próximo aos encontrados por Nery (2000) de 0,66%, Furlani Neto (1995) de 0,7% e Molina Junior et al. (2001) que encontraram 0,08% e 1,17%. Já Belardo (2010), que avaliou o desempenho operacional de três colhedoras de marcas diferentes, e obteve resultados para impureza mineral, em toneladas por hectare e em porcentagem, que variaram entre 0,55 a 1,16 t.ha⁻¹ e 0,61 a 0,84%, respectivamente, mostrou que os resultados encontrados nesse ensaio também foram próximos aos encontrados pelo mesmo.

Schmidt (2011) após avaliar a combinação ideal entre a velocidade de deslocamento e a velocidade do exaustor primário de um protótipo de colhedora de cana-de-açúcar e também sendo este feito somente durante o dia (turno A), encontrou para quantidade de impurezas minerais valores entre 0,29 e 0,41%, os quais estão abaixo do encontrado neste ensaio para o turno A.

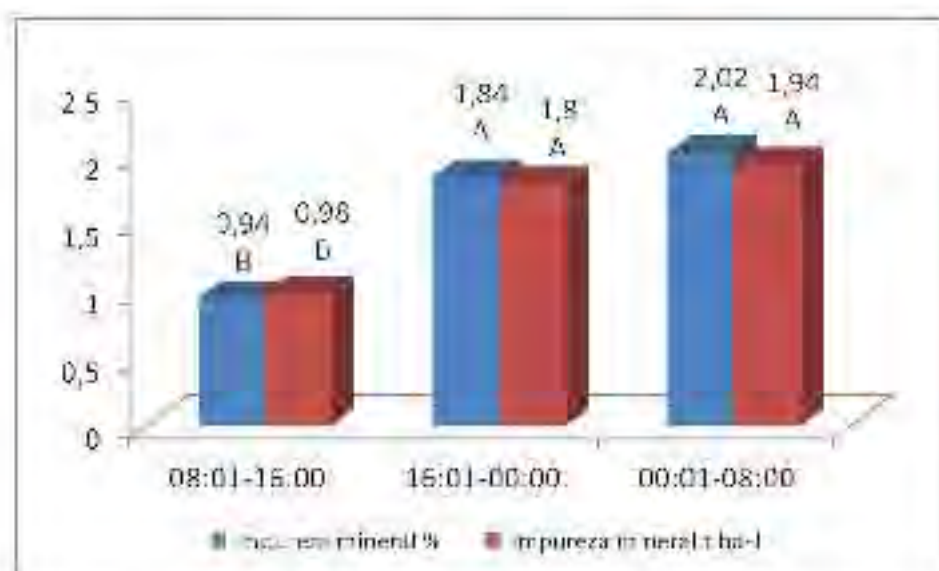


Figura 7. Impureza mineral (%) e (t.h⁻¹) encontrada na cana-de-açúcar entre turnos de trabalho.

Pode-se verificar que a quantidade de impureza mineral na cana-de-açúcar colhida mecanicamente mostra aumento significativo nos turnos onde a colheita é realizada sem luz em parte do turno.

Tal evento aconteceu também porque os operadores não contaram com o sistema automático de regulagem da altura do corte de base da colhedora que encontrava-se desligado, tendo os mesmos que operarem de forma manual e assim o efeito luminoso (ausência de luz) mostrou o quanto pode interferir para a operação de colheita.

6.4 Consumo de combustível da colhedora

6.4.1 Consumo horário de combustível da colhedora entre operações

Os resultados encontrados para os turnos de trabalho estudados, referentes ao consumo horário de combustível na operação efetiva de colheita e nas manobras, estão representados na figura 8. A operação de colheita mostrou-se diferente entre os turnos de trabalho B e C, sendo o turno B o de maior consumo.

Pode-se observar também que entre a variável operação de manobra, houve diferença entre os turnos A e B, sendo maior o consumo durante o turno B.

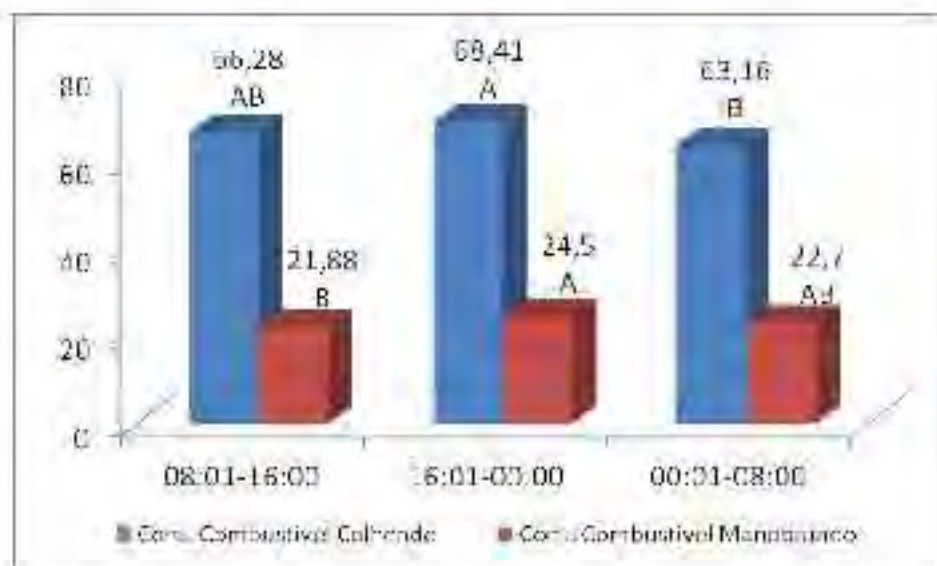


Figura 8. Consumo horário de combustível ($L.h^{-1}$) para operações de colheita e manobra da colhedora nos diferentes turnos de trabalho.

As diferenças encontradas entre os turnos de trabalho para a variável consumo horário de combustível podem ser explicadas pela troca de operadores e também pelas condições de trabalho que se modificaram entre um turno e outro.

Outro fator observado é que dentro de um mesmo talhão, com uma mesma variedade de cana, pode haver diferentes situações pela qual a colhedora tem que desempenhar sua função, dentre elas as falhas do canavial, finais das linhas de plantio (morredores), declives ou aclives, tombamento de uma ou mais linhas de cana-de-açúcar, fatores estes que promovem o acréscimo ou decréscimo do consumo horário de combustível.

6.4.2 Consumo horário de combustível da colhedora ($L.h^{-1}$)

Pode-se observar na figura 9 que o maior consumo horário de combustível se deu durante o turno de trabalho B, o qual apresentou diferença quando comparado com o turno C.

Comparando os resultados obtidos no presente ensaio com os aqueles encontrados em estudos desenvolvidos por Carvalho Filho (2000) de $49,77 L.h^{-1}$ e Mazzonetto (2004) de $51,58 L.h^{-1}$ observa-se que os valores de Consumo horário de combustível ($L.h^{-1}$)

foram maiores. Já quando comparado com o resultados encontrado por Belardo (2010), que foi $64,80 \text{ L.h}^{-1}$, os resultados mostram-se menores.

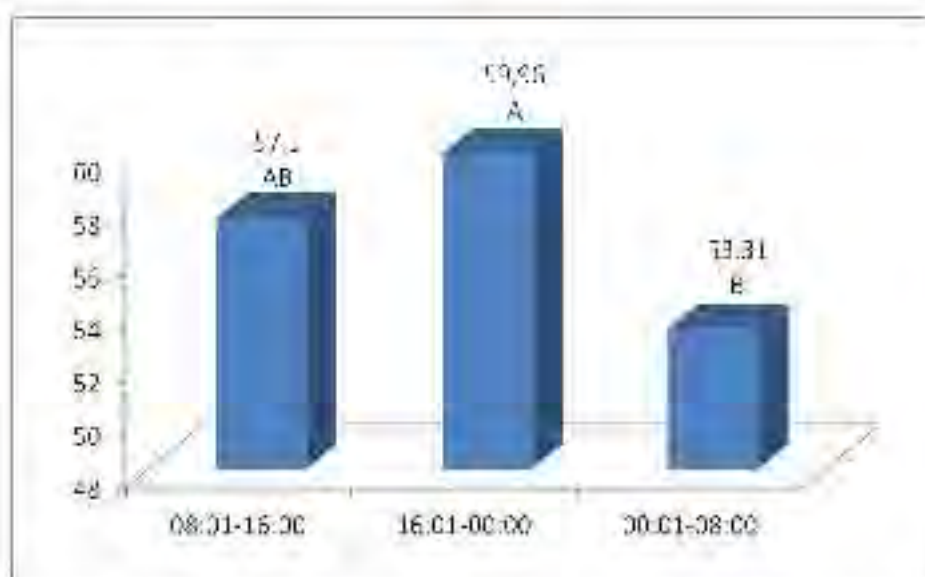


Figura 9. Consumo horário de combustível (L.h^{-1}) da colhedora entre turnos de trabalho.

Assim como já foi discutido no subitem anterior, as variações verificadas para aumento do consumo horário de combustível (L.h^{-1}) entre os turnos de trabalho, se dá pelos mesmos fatores já citados.

6.4.3 Consumo de combustível da colhedora por unidade de área colhida (L.ha^{-1})

Os resultados apresentados na figura 10, referentes ao consumo de combustível por unidade de área colhida mostram que não houve diferença significativa entre os turnos de trabalho. Em ensaio semelhante, Belardo (2010) encontrou resultados para a mesma variável que ficaram entre 54,43 e 85,00 (L.ha^{-1}).

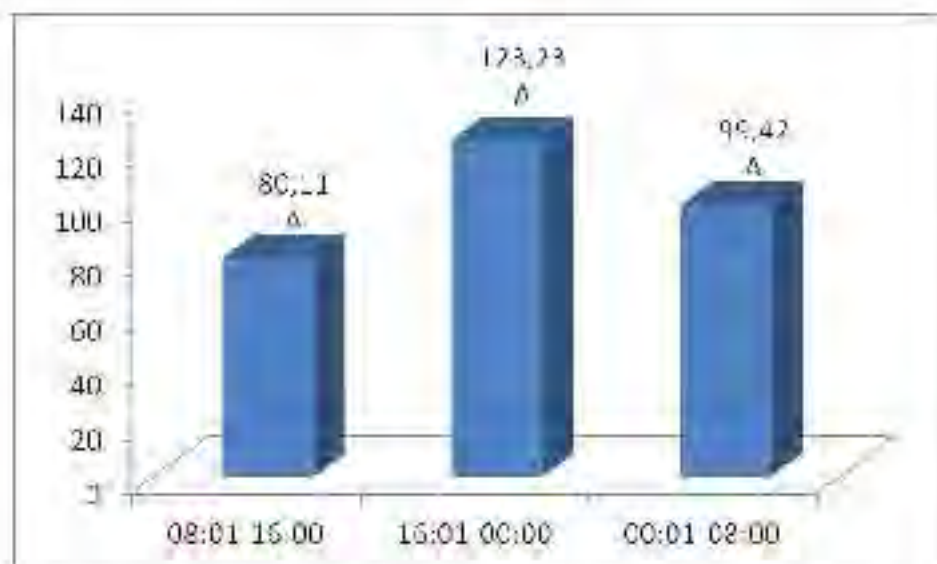


Figura 10. Consumo de combustível da colhedora por unidade de área colhida (L.ha⁻¹) entre turnos de trabalho.

O ensaio mostrou que durante o turno B, o tempo demandado para se colher um hectare foi maior, o que pode ter ocorrido devido a menor velocidade de deslocamento da colhedora durante a colheita e pelo maior tempo entre manobras, causadas, diretamente, pela forma de operação na ausência de luz solar, e assim, consequentemente, o consumo de combustível por área aumentou, porém não mostrando-se diferente dos demais turnos.

6.4.4 Consumo de combustível da colhedora por turno de trabalho (L.tr⁻¹)

Para a variável, consumo de combustível por turno de trabalho, os resultados obtidos no ensaio encontram-se representados na figura 11, onde pode-se observar que, para essa variável, houve diferença estatística do turno C com os turnos A e B. Essa queda no consumo de combustível por turno pode ser explicada pelo menor consumo horário apresentado pelo turno C e também pelo menor tempo de duração em horas deste turno (figura 16), que apesar de haver a divisão para que os turnos aconteçam tendo oito horas de duração, no campo esta realidade não acontece.

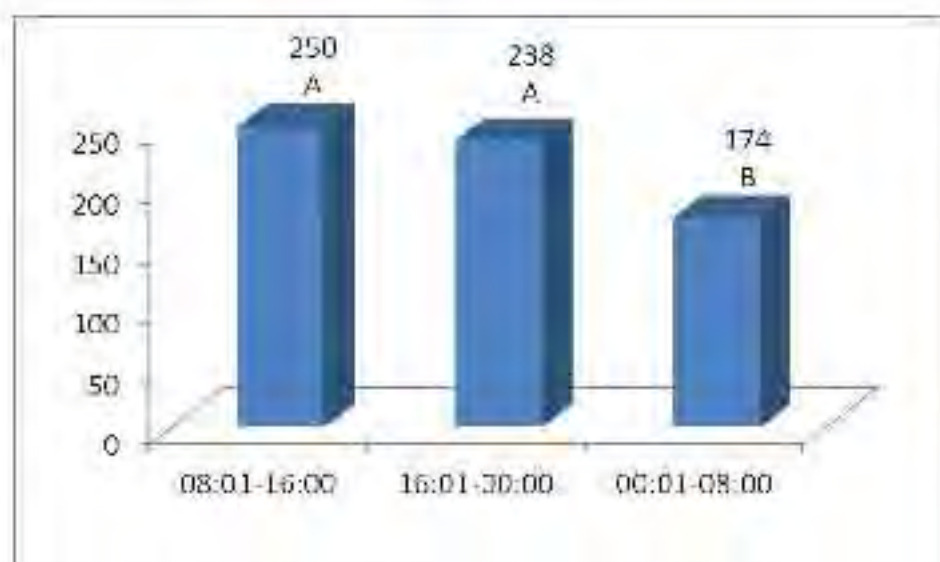


Figura 11. Consumo de combustível da colhedora por turno de trabalho (L.tr⁻¹).

6.4.5 Consumo de combustível da colhedora por tonelada de cana-de-açúcar colhida (L.t⁻¹)

Na figura 12 estão representados os valores obtidos para o consumo de combustível por tonelada de cana-de-açúcar colhida referente aos três turnos de trabalho estudados, onde para essa variável não houve diferença estatística significativa.

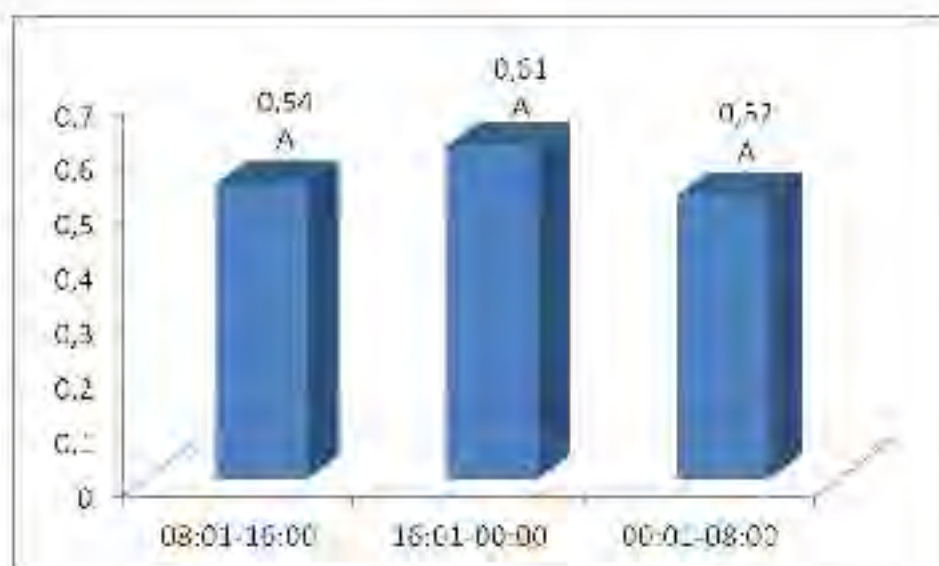


Figura 12. Consumo de combustível da colhedora por tonelada de cana-de-açúcar colhida (L.t⁻¹) entre turnos de trabalho.

Os valores da variável consumo de combustível por tonelada (L.t⁻¹) mostraram-se baixos, devido às boas condições de colheita oferecidas à colhedora, uma vez que esta operou em canaviais com produtividade média de 99,5 toneladas por hectare.

Os valores obtidos nesse ensaio são inferiores aos encontrados em ensaio semelhantes por Nery (2000) 0,61 a 0,69 L.t⁻¹ e muito próximos aos encontrados por Belardo (2010) 0,47 a 0,70 L.t⁻¹ e Schmidt (2011) de 0,52 a 0,75 L.t⁻¹.

6.5 Capacidade de campo efetiva (CE) e capacidade de campo operacional (CO).

Na figura 13 são apresentados os valores encontrados no ensaio, durante os diferentes turnos de trabalho, para capacidade de campo efetiva (CE) e capacidade de campo operacional (CO), ambas expressas em hectares por hora (ha.h^{-1}), sendo estes diferenciados pelo tempo gasto na operação de colheita somente, e tempo gasto no percurso da parcela experimental como um todo (manobra + colheita), respectivamente.

Observa-se na figura 13 que os valores obtidos para as variáveis capacidade de campo efetiva (CE) e capacidade de campo operacional (CO) não mostraram diferenças estatisticamente significativas.

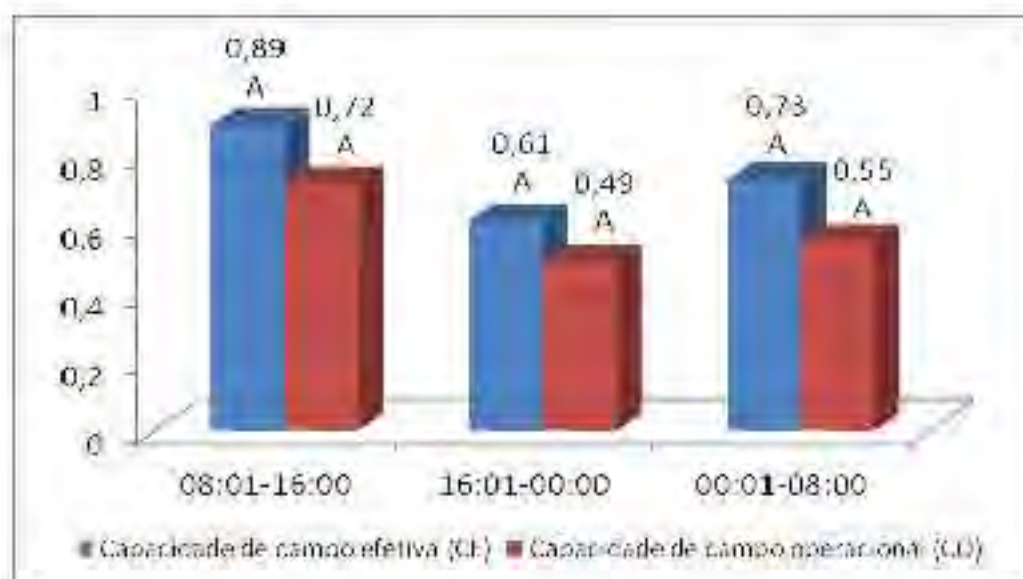


Figura 13. Capacidade de campo efetiva CE (ha.h^{-1}) e capacidade de campo operacional CO (ha.h^{-1}) entre turnos de trabalho.

6.6 Rendimento Operacional (%)

Os resultados obtidos para o rendimento operacional da colhedora utilizada no ensaio, mostrados na figura 14, apresentaram diferenças significativas em relação a variável porcentagem de tempo de colheita para o turno A em relação ao B e C.

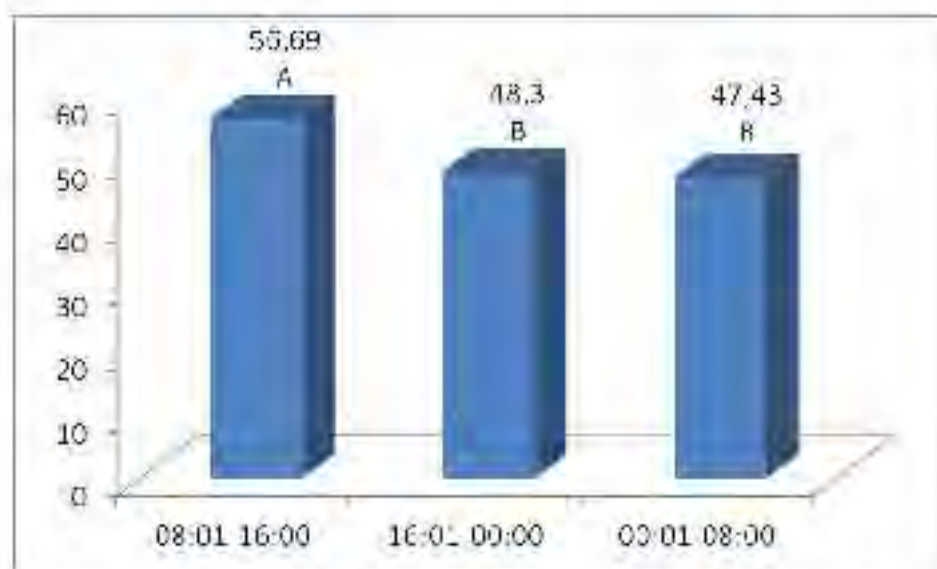


Figura 14. Rendimento operacional RO (%) entre operações e turnos de trabalho.

Assim conclui-se que durante o turno A houve um melhor aproveitamento das horas disponíveis de trabalho do que em relação aos demais turnos.

6.7 Rendimento de campo efetivo RCE (%)

O rendimento de campo efetivo encontrado no presente ensaio está demonstrado na figura 15. Levando-se em conta que este rendimento toma como parâmetro todas as perdas (manobras) da área trabalhada, constata-se que o não houve diferença significativa entre os turnos.

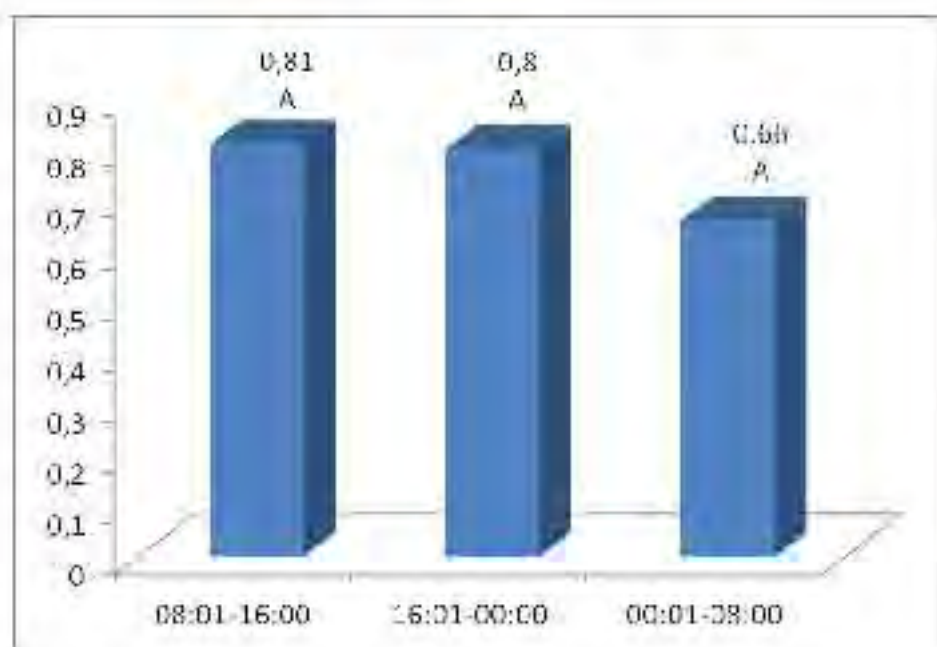


Figura 15. Rendimento de campo efetivo RCE (%) entre turnos de trabalho.

6.8 Tempo efetivo demandado para a colheita de um hectare (Td)

O tempo efetivo demandado faz referência à quantidade de horas gasta pela colhedora para que se efetue a colheita de um hectare de cana-de-açúcar. Assim os resultados encontrados nesse estudo, para tal variável, e demonstrados na figura 16, não mostram diferença significativa entre os turnos A, B e C.

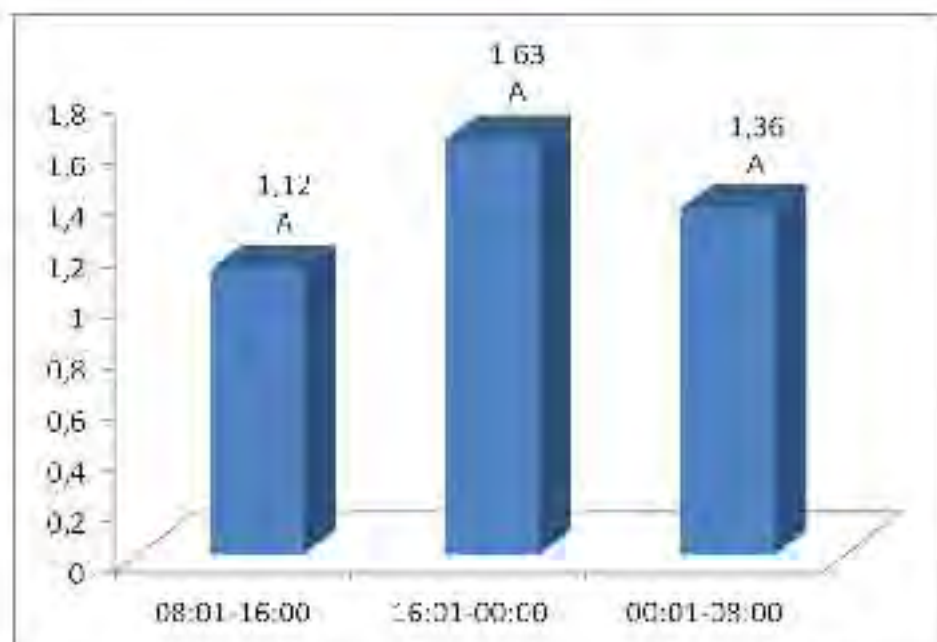


Figura 16. Tempo efetivo demandado para a colheita de um hectare (h.ha⁻¹) entre turnos de trabalho.

6.9 Rendimento agrícola (t.h⁻¹)

Os valores obtidos para o rendimento agrícola, expresso em toneladas de cana-de-açúcar colhida por hora, podem ser visualizados na figura 17. Verifica-se que houve diferença estatística entre os valores encontrados para esta variável entre o turno A para com B e C.

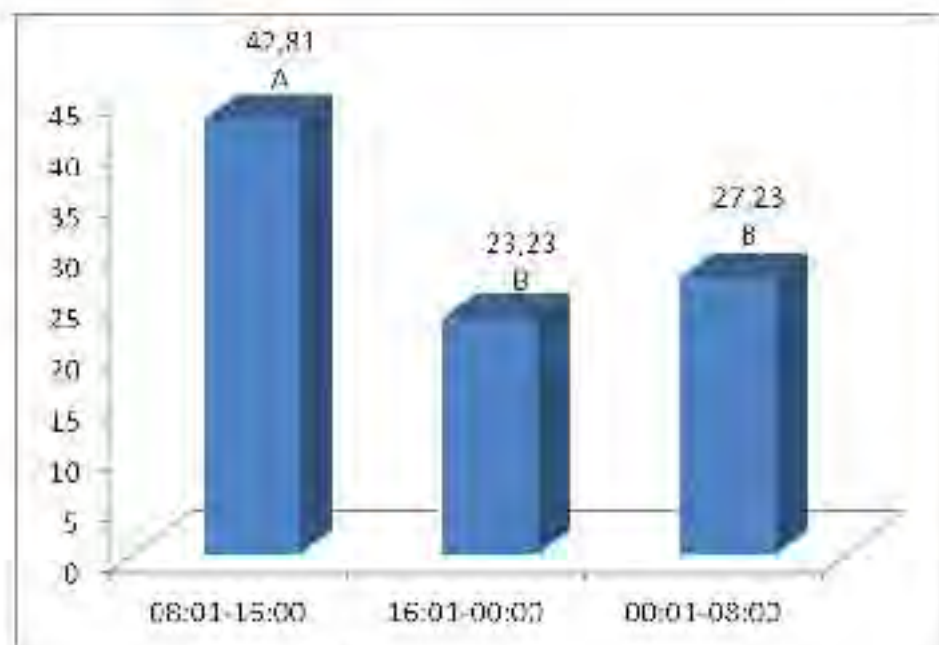


Figura 17. Rendimento agrícola ($t.h^{-1}$) entre turnos.

O resultado encontrado para esta variável justifica-se pela maior produtividade média do canal no turno A e também pela maior velocidade de deslocamento, que se torna possível no turno A por conta da luz natural do ambiente, que proporciona melhor visibilidade e maior confiabilidade à operação.

6.10 Estudo dos tempos

6.10.1 Duração dos turnos de trabalho (h)

Pode-se observar na figura 18, o tempo de duração dos turnos de trabalho, e assim concluir que o turno C (turno da madrugada) apresentou um tempo de duração menor que os demais. Tal fato pode ser explicado pelo horário em que ele acontece (00h01 as 8h00), comprometendo as trocas entre operadores que sempre acontecem com relativo atraso, sendo por volta da 01h00min da manhã e, assim, comprometendo a duração do turno.

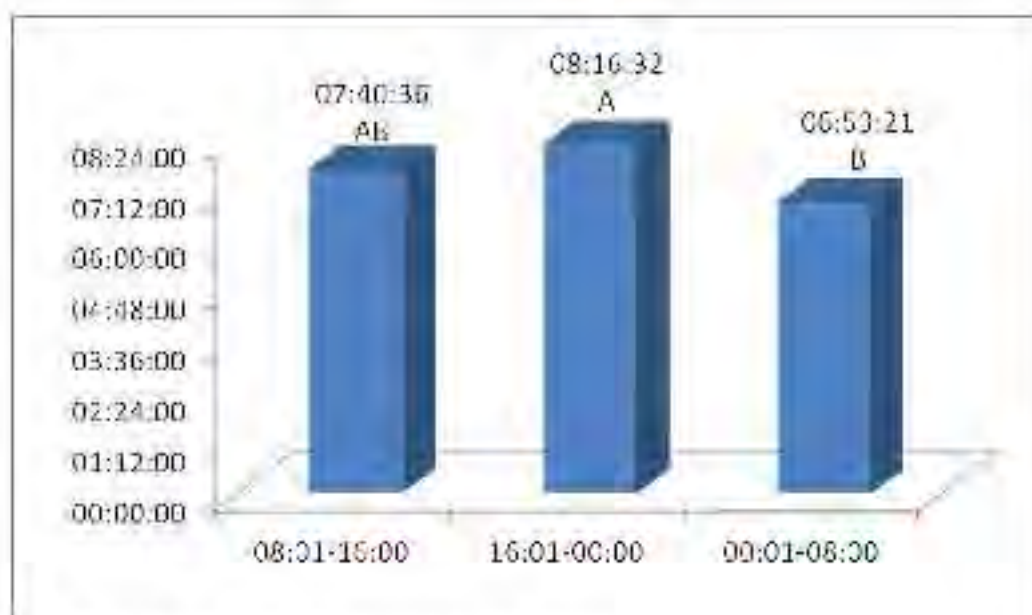


Figura 18. Duração em horas dos turnos de trabalho.

6.10.2 Horas colhendo, manobrando e sem atividades (h)

Verificou-se na figura 19 que o tempo efetivo de colheita da cana-de-açúcar no turno C foi estatisticamente inferior aos tempos obtidos para os turnos A e B, quando foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

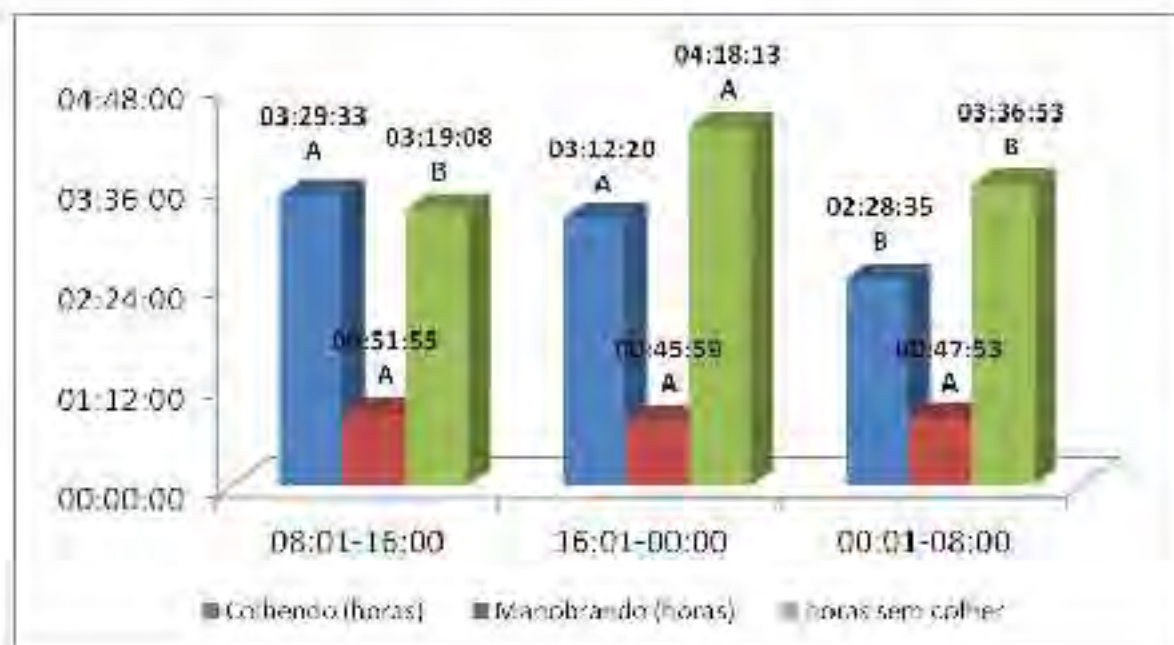


Figura 19. Duração em horas das operações entre os turnos de trabalho.

Os tempos de manobras expresso em horas mostram tempos semelhantes entre os turnos de trabalho, o que faz com que estes não apresentem diferença significativa.

Os tempos de manobras também estão relacionados aos tempos de colheita, uma vez que, durante um turno, houve maior número de horas de colheita, conseqüentemente, haverá um maior número de horas de manobras e, juntamente, os dois, geram os resultados para horas trabalhadas da colhedora, que neste ensaio pode ser observado maior durante o turno A.

As "horas sem colher" conta os tempos em que a colhedora, por algum motivo, não esteve desempenhando a função de colheita, sendo contabilizados para a obtenção deste tempo as trocas de turnos (mudança de operadores), paradas para abastecimento, manutenção preventiva (aperto das facas do corte de base, lavagem da colhedora, lubrificação) ou manutenção corretiva, e espera por transbordos ou caminhão.

7 CONCLUSÕES

Os níveis de perdas de matéria prima na colheita para cana inteira, lascas, pedaços, toco e tolete apresentaram diferença significativa entre os turnos A e C, o turno B apresentou valores iguais aos de A para os níveis cana inteira e pedaço, para os níveis lascas e toco foi igual a C, os níveis de toletes encontrados em B não diferiram de A e C. Assim as perdas totais diferiram significativamente entre os turnos A, B e C.

Os resultados encontrados para impureza mineral mostraram-se maiores nos turnos B e C e diferentes significativamente em relação a A, ou seja, quando ocorre sob ausência de luz a colheita mecanizada tende a elevar os índices de impureza mineral no material colhido.

O consumo de combustível entre operações mostrou-se diferente estatisticamente entre os turnos, sendo o turno B o de maior consumo de combustível para a operação de colheita como para as manobras. Já os consumos de combustível por área ($L \cdot ha^{-1}$) e por toneladas colhidas ($L \cdot t^{-1}$) não se mostraram diferentes estatisticamente quando comparados entre os turnos.

O rendimento operacional foi maior para o turno A, o que conclui que durante este turno há o melhor aproveitamento das horas disponíveis da colhedora para que se efetue a colheita.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, J. J. A. **História: moderna e contemporânea**. São Paulo: Ática, 1996. 472 p.

BELARDO, G. C. **Avaliação de desempenho efetivo de três colhedoras em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) sem queima**, 2010. 136 p.:il. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G. **Perdas e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**, 2009. Disponível em:

<www.canaoeste.com.br/boletim2009_03.pdf>. Acesso em: 25 out. 2011.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. **Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico**, 1999. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Auxilio_Mecanico_Colheita_Cana_000fxew1kab02wyiv80soht9h8k862sp.pdf>. Acesso em: 26 out. 2011.

BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. **Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico**. *Engenharia Agrícola*, v. 26, n. 1, 2006.

CARVALHO FILHO, S. M. **Colheita mecanizada: desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia**. 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000.

CARVALHO, L. C. C. **Perspectivas da cultura de cana-de-açúcar para a década de noventa**. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 1-17.

CENICANA. **Centro de investigación de la caña de azúcar de Colômbia**. Cali, v. 17, n. 4, p. 17-28, out./dez. 1995.

COELHO, M. F. **Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar**. 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Central de Informações Agropecuárias**, 2011. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 11 out. 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar**. 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana.pdf>. Acesso em: 9 mai. 2012.

COSTA NETO, J. D. da. **A cana em tempo bom**. *Revista CREA-PR*, n. 41, p. 16-19, 2006.

CURY, R. **Desempenho operacional de colhedoras na Usina Santa Helena**. In: SEMANA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE PIRACICABA, 1999, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: SACCHARUM, 1999. p. 48-49.

FERREIRA, M da C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. 1.ed. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 293-303.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do instituto agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: MIRANDA, L. L. D.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M G de A. **Cana-de-açúcar**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. p. 31-44.

FISCHER, R. M A **Política e as políticas das relações de trabalho**. Tese de Doutorado. 1983. São Paulo: FFLCH/USP.

FURLANI NETO, V. L. **Colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*) avaliação em canaviais com e sem queima prévia**. 1995. 110 p. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

GONÇALVES, D. B. **Mar de cana, deserto verde? Dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista**. 2005. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

HORII, J. **A cana-de-açúcar como matéria-prima**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, 2004. 27 p.

JANK, M S. **A Globalização e o Setor Sucroenergético Brasileiro**, 2010. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/opiniaio/>>. Acesso em: 25 out. 2011.

LEME FILHO, J. R. A. **Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhico**. 2009. 111 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 2009.

LIMA, L. O. T. **Fatores que influenciam na colheita mecânica.** In: SEMINÁRIO DE COLHEITA MECÂNICA. Ribeirão Preto, 1994.

MAZZONETTO, A. W. **Colheita integral de cana (*Saccharum SSP*) crua, análise de desempenho operacional.** 2004. 88 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Cana-de-açúcar, 2012.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 9 mai. 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio Brasil 2009/10 a 2019/20, 2009.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 21 out. 2011.

MOLINA JÚNIOR, W. F.; RIPOLI, T. C. C.; MIALHE, L. G.; CANALE, A. C.; RIPOLI, M. L. C.; **Comparative study of operational performance of three harvesters in green cane.** In: ASAE INTERNATIONAL ANNUAL MEETING, 2001, Sacramento. **Proceedings.** Sacramento, ASAE, 2001. p. 718-726.

MORAES, E.E. **Avaliação das perdas invisíveis de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e impurezas vegetais na colheita mecanizada.** 1992. 124p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

NERY, M.S. **Desempenhos operacional e econômico de uma colhedora em cana crua.** 2000. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

NEVES, J. L. M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar e alternativas para sua redução**. 2003. 223 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NORONHA, R. H. F.; SILVA, R. P.; CHIORDEROLI, C. A.; SANTOS, E. P.; CASSIA, M. T. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.70, n. 4, p. 931-938, 2011.

PEARCE, J. Evolução constante. **Cultivar Máquinas**, n. 51, p. 12-13, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; BERTO, P. N. A. Avaliação de desempenho de colhedoras de cana-de-açúcar na região de Campos, RJ. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 2, p. 30-31, fev. 1981.

RIPOLI, T. C. C.; FURLANI NETO, V. L.; VILLA NOVA, N. A. Avaliação de desempenho operacional de colhedora em canaviais com e sem queima prévia. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 2, p. 18-23, nov./dez. 1996.

RIPOLI, T. C.; VILLA NOVA, N. A. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: novos desafios. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, v. 11, n. 1, p. 28-31, 1992.

RIPOLI, T. C. C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. cap.13, p. 635-673.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba. Edição dos autores, 2004. 302 p.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009. 333 p.

RODRIGUES, D.; ORTIZ, L. **Em direção à sustentabilidade e da produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil**, 2006. Disponível em:

<http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/etanol_sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 19 out. 2011.

ROMERO, M. L. C.; ZAMORA, F. P.; OLEA, I.; SCANDALIARIS, J.; MARTÍN, L.

Evaluación de nuevas cosechadoras integrales. **Avance Agroindustrial**, Tucumán, v. 13, n. 52, p. 24-28, mar.1993.

ROSA, E. J.da.; JOSÉ, J. V.; SALVESTRO, A. C.; GAVA, R. **Perdas visíveis de cana-de-açúcar em colheita mecanizada**. VI Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2009. Disponível em: <http://www.cesumar.br/epcc2009/anais/jefferson_vieira_jose3.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2011.

SCHMIDT JUNIOR, J. C. **Avaliação de desempenho efetivo de colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 2011. 108 p.:il. - - Piracicaba, 2011. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SHAW, G. R.; BROTHERTON, G. A. Green cane harvesting. A dilemma. **Proceeding of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, n. 14, p. 1-7, 1992.

SMITH, N. J.; McGUIRE, P. M.; MACKSON, J.; HICKLING, R. C. Green cane harvesting: a review with particular reference to the Mulgrave mill area, **Sugar Cane**, n. 5, p. 3-8, 1985.

SOARES, G. de C.; BALBO, L.; PINTO, A. R. Colheita mecânica de cana picada. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 12, n. 3, p. 18-20, 1994.

TAKESHI, H. **Cana no estado e São Paulo**. 2008. Disponível em: <<http://www.takeshi.inf.br>>. Acesso em: 06 mai. 2012.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Dados e cotações. Estatísticas 2008**. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em: 21 out. 2011.