



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL



**Desempenho operacional e análise de custo do corte,
carregamento e transporte mecanizado da cana-de-açúcar
(*Saccharum spp.*).**

Rodrigo Rebelo Cruz

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina, para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Florianópolis, SC

Dezembro de 2010.

Rodrigo Rebelo Cruz

**Desempenho operacional e análise de custo do corte,
carregamento e transporte mecanizado da cana-de-açúcar
(*Saccharum spp.*).**

**Orientador:
Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina, para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo

Florianópolis, SC

Dezembro de 2010

AGRADECIMENTOS

À Empresa, Agroconsult Consultoria e Marketing, pelo apoio e oportunidade de realização deste estágio.

Ao Supervisor da Empresa, Eng. Agr. Fábio Meneghin, pela supervisão, atenção, amizade, e por desempenhar seu papel de modo exemplar durante o período de estágio.

Ao Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka, pela orientação, correção, amizade, simpatia, atenção e apoio para realização do trabalho.

Aos colegas da Agroconsult, André Debastiani, André Pessôa, José Arthur, Daiana, Douglas, Felipe, Giseli, Ione, Leon, Marcos, Murilo, Pereira, Rodrigo Oshima, Alan.

Ao José Tadeu Celestrino e ao José Carlos Meneghin funcionários da Usina Zanin pelas informações e pela atenção durante a visita técnica.

Aos meus pais, José Luiz Cruz e Delma Rebelo, minha irmã Andreza, a Juliana e Victor pelo amor, força e presença em todo esse percurso.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
RESUMO	VI
1. Introdução	7
2. Objetivos	9
2.1 Objetivo Geral	9
2.2 Objetivo Específico	9
3. Justificativa	10
4. Revisão Bibliográfica	12
4.1 A cultura da cana-de-açúcar	12
4.2 Início do setor sucroalcooleiro no Brasil	14
4.3 O Setor Sucroalcooleiro no Século XXI	17
4.4 O Sistema de Corte, Carregamento e Transporte (CCT)	19
4.4.1 Corte	19
4.4.2 Carregamento	21
4.4.3 Transporte	22
4.5 A Mecanização do CCT	24
4.6 A terceirização no CCT	27
4.7 Principais impactos da Adoção da Colheita Mecanizada	29
4.7.1 Impactos Ambientais	29
4.7.2 Impactos Sociais	30
5. Material e Métodos	32
5.1 Caracterização do Município	32
5.2 Caracterização da Usina	34
5.3 Dimensionamento de uma frente de corte	34
5.4 Avaliação do desempenho operacional dos conjuntos mecanizados	35
5.4.1 Análise do Desempenho Operacional	35
5.5 Levantamento dos Custos	38
5.6 Análise de custo	42
6. Resultados e Discussão	43
6.1 Processo de Colheita	43
6.2 Frota de Colheita Mecanizada	44
6.3 Desempenho Operacional	48
6.4 Custo Operacional do CCT	51
7. Conclusão	57
8. Referências Bibliográficas	59

LISTA DE TABELAS

1	Características dos modelos de colhedora.	46
2	Número de maquinário próprio total e de maquinário em cada frente de colheita mecanizada.	48
3	Análise da capacidade operacional das operações de colheita Mecanizada.	50
4	Análise da capacidade operacional das colhedoras automotrizes de cana-de-açúcar.	51
5	Valor de mercado dos maquinários da frente de colheita mecanizada.	52
6	Custo operacional do corte mecanizado.	54
7	Custo operacional do carregamento do corte mecanizado.	55
8	Tabela de preço cobrado pelo terceirizado no transporte de cana picada em função da distância.	57
9	Preço do CCT da colheita mecânica.	58

LISTA DE FIGURAS

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Colhedora autopropelida em processo de colheita e trator com o trasbordo. Transbordo efetuado em espaço reservado para manobras de veículos, malhador. | 45 |
| 2 | Colhedora CASE-IH modelo 7700. Colhedora CASE-IH modelo 8800. | 46 |
| 3 | Trator Valtra Modelo 1780. Transbordo Santal modelo VT8 SC. | 47 |
-

Desempenho operacional e análise de custo do corte, carregamento e transporte mecanizado da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*).

Autor: Rodrigo Rebelo Cruz

Orientador: Prof. Dr. Alberto Kazushi Nagaoka

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo levantar o desempenho operacional e os custos da colheita de cana-de-açúcar na Usina Zanin em Araraquara, São Paulo. O setor sucroalcooleiro tem crescido vertiginosamente, sendo assunto de destaque nos dias atuais. Primeiramente este trabalho apresenta uma explicação completa do processo de colheita, para possibilitar o entendimento da operação de colheita. Em seguida é levantado e analisado o desempenho dos maquinários devido ao seu forte impacto na composição dos custos de produção sendo primordial para o sucesso da Usina. Assim após a análise do desempenho operacional são levantados os custos envolvidos na mecanização separados pelo corte, carregamento e transporte (CCT). Os resultados mostraram que a mecanização da colheita de cana é realizada ao custo de R\$15,85 t⁻¹ enquanto que o CCT manual é de R\$ 24,79 t⁻¹, sendo R\$ 8,94 t⁻¹ acima operação mecanizada. A adoção da colheita mecanizada é uma tendência devido à necessidade do cumprimento do protocolo ambiental, escassez de mão-de-obra, péssimas condições de trabalho no corte manual de cana queimada, necessidade de aumento da capacidade de trabalho, e principalmente a redução dos custos.

Palavras-chave: Colheita mecanizada, Análise econômica, Desempenho operacional.

1. Introdução

A empresa Agroconsult Consultoria e Marketing LTDA, situada em Florianópolis com uma filial em São Paulo Capital, é uma empresa de consultoria que foi fundada no ano de 2000. Especializada no agronegócio atende os mais diversos segmentos assessorando os clientes em suas tomadas de decisões operacionais e nas estratégias das empresas.

Através de uma equipe multidisciplinar de profissionais, como engenheiros agrônomos e economistas, a empresa atua no acompanhamento e análise de diversos setores do agronegócio, elaborando cenários e tendências de curto, médio e longo prazo sobre as principais commodities agrícolas, bem como o desenvolvimento de estudos e projetos personalizados. A Agroconsult auxilia seus contratantes de maneira efetiva nas tomadas de decisões, que podem estar relacionadas à localização de fábricas, lançamento de produtos, concessão de crédito, parcerias e fusões, estratégia comercial e outros itens que integram o plano de negócios das empresas.

Essa assessoria é baseada em dados obtidos em estágios e visitas técnicas no campo no qual consistem no acompanhamento conjuntural dos mercados agrícolas através do acompanhamento das variáveis que afetam os mercados de commodities agrícolas como: área, produtividade, produção agrícola, cotações físicas e futuras, fluxo de comércio (Importação e exportação de matérias primos e derivados), custo de produção das lavouras, preço de insumos (fertilizante, defensivos e sementes), variáveis econômicas (câmbio, juros e inflação), oferta e demanda.

Durante o estágio, participando de um projeto da empresa, verificou-se a necessidade de se obter informações mais confiáveis e detalhadas em

relação aos custos da colheita mecanizada de cana-de-açúcar. Devido à importância da cultura da cana-de-açúcar a empresa montou um projeto para que fossem levantadas informações técnicas reais sobre os custos da colheita mecanizada para atender às demandas da empresa.

O projeto desenvolvido durante a realização do estágio consistiu além do acompanhamento conjuntural uma coleta de dados na usina de açúcar e etanol Zanin localizada no município de Araraquara no estado de São Paulo no período entre os dias 20/09/2010 e 24/09/2010. Os dados foram tabulados e analisados na empresa Agroconsult.

Com os dados obtidos realizou-se uma análise econômica dos custos operacionais da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, pesquisando separadamente o Corte, Carregamento e o Transporte (CCT), para fornecer ao setor sucroalcooleiro informações no qual auxiliem no planejamento das operações de CCT.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o desempenho e o custo operacional do corte, carregamento e transporte da colheita mecanizada da cana.

2.2 Objetivo Específico

- Levantamento das características dos maquinários envolvidos na colheita mecanizada de cana-de-açúcar;
 - Análise do desempenho operacional dos maquinários envolvidos na colheita mecanizada de cana-de-açúcar;
 - Analisar o custo operacional do corte, carregamento e transporte da colheita mecanizada de cana-de-açúcar.
-

3. Justificativa

Atualmente, as usinas de produção de açúcar e etanol têm realizado investimentos em novas tecnologias aplicadas tanto nas unidades industriais como nas atividades de Corte, Carregamento e Transporte (CCT) da cana-de-açúcar (VEIGA et. al., 2006).

Frente a um cenário de expansão do setor sucroalcooleiro há uma tendência para o aumento do corte mecanizado da cana crua devido: à superação dos “gargalos” produtivos de forma que se consiga suprir à demanda das Usinas, redução dos gastos com mão-de-obra que se torna cada vez mais escassa, preocupações com as condições de trabalho do corte manual de cana queimada e à necessidade do cumprimento do protocolo ambiental assinado pela UNICA e pelo Governo do Estado de São Paulo que prevê a eliminação total das queimas até 2017 (ZYLBERSZTAJN, 2006; SMA, 2010; SCOPINHO et. al., 1999).

Com esse cenário as empresas estão sempre buscando soluções técnicas capazes de superar os problemas sem, contudo, reduzir seus rendimentos (RAMÃO et. al., 2007).

Com a alteração prevista na forma de corte da cana-de-açúcar, espera-se, por consequência, implicações na atividade subsequente, que são o carregamento da cana e posteriormente o seu transporte. Os sistemas logísticos são fundamentais para melhorar a eficiência operacional das usinas de cana-de-açúcar (GAL et. al., 2008). O problema importante nesses sistemas é como coordenar os processos de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar de forma que os custos sejam minimizados devido à representatividade da operação de que é de aproximadamente 30% do custo da produção da cana, com somente o transporte equivalendo a 12% do total (RANGEL et. al., 2009).

Destaca-se que a adoção da mecanização, além de possível fonte de redução de custos e ganhos em capacidade de trabalho, constitui uma forma de viabilizar a eliminação da queimada na colheita da cana. As queimadas que são alvo de ataque pela sociedade, cada vez mais preocupada com as questões ambientais em âmbito global e local, pressiona as empresas do setor pelo fim dessa prática (OLIVEIRA, 2000a).

4. Revisão Bibliográfica

4.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta perene da família das Poaceae, do gênero *Saccharum*, própria de climas tropicais e subtropicais com origem provável no sudeste da Ásia (GOMES & LIMA, 1964).

Seus atuais cultivares são híbridos, cujas constituições genéticas são a *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barbieri* e *S. robustum* (MATSUOKA, 1996; MATSUOKA et. al., 1999). Tem como característica o perfilhamento abundante na fase inicial de crescimento e metabolismo fotossintético C4, com elevada taxa fotossintética, sendo altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química (MATSUOKA, 1996).

O clima ideal para seu cultivo é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos. As temperaturas predominantes devem estar entre 19 e 32° C onde as chuvas sejam bem distribuídas, com precipitação acumulada acima de 1000 milímetros por ano. Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são os ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado. Solos rasos, isto é, com camada impermeável superficial ou mal drenada, não são indicados para a cana-de-açúcar (FERNANDES, 1984).

A importância da cana-de-açúcar é decorrente de sua vasta utilidade, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de melado, aguardente, rapadura e principalmente açúcar e etanol. Seus resíduos também possuem grande importância econômica, o bagaço pode ser queimado nas caldeiras e servir como combustível e o vinhoto ser transformado em adubo (CAPUTO et. al., 2008).

Hoje com o aumento da utilização dos biocombustíveis em escala mundial houve uma expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil, sendo registrada uma evolução da produção de cana-de-açúcar de 252 milhões de toneladas na safra 2000/01 para 651,5 milhões de toneladas na safra 2010/11 (NUNES JUNIOR et. al., 2007) (CONAB, 2010), um aumento de 158,53%. Este fato foi proporcionado pela expansão do número de novas usinas, pelo crescimento e modernização da lavoura canavieira e pela ampliação dos investimentos na modernização das unidades industriais já existentes no país (ARJONA et. al., 2001; DIAZ & PERES, 2000).

Segundo Magalhães & Braunbeck (1998), o setor canavieiro enfrentou problemas pela falta de tecnologia apropriada, principalmente no setor agrícola que, aliado à questão da sazonalidade da mão-de-obra, onerava o custo da produção o qual, sem o subsídio do Governo Federal, enfrenta sérios impasses financeiros.

A reestruturação produtiva e organizacional vem ocorrendo de forma significativa. Sofisticados mecanismos de gestão, controle do processo produtivo e da força de trabalho, como a utilização da informática no controle do processo produtivo, o uso de técnicas modernas de gerenciamento e a utilização de novos equipamentos, a intensificação do corte mecanizado da cana-de-açúcar, e mesmo a ampliação do processo de terceirização, têm sido algumas das medidas adotadas por empresas do setor (OLIVEIRA, 2000a).

A tendência é ocorrer também mudanças “induzidas” por razões externas à necessidade de reestruturação produtiva do capital sucroalcooleiro, mas que podem vir a contribuir com este processo. Afirma-se isso, pois se tem verificado no contexto mundial, um progressivo pressionamento no que concerne à agricultura de um modo geral, no sentido de que esta modifique sua base técnica, incorporando a preocupação com o meio ambiente (OLIVEIRA, 2000a), e a responsabilidade social.

O momento atual do segmento canavieiro tem sido marcado por um cenário de crescimento e transformações. Uma das principais mudanças ocorridas é a gradativa substituição da colheita manual pela colheita mecânica da cana-de-açúcar,

justificada por diversos fatores, com destaque para aspectos ambientais e econômicos. A intensificação da mecanização de todas as etapas do processo produtivo é uma tendência do padrão tecnológico do modelo de agricultura produtivista vigente na contemporaneidade (RAMÃO et. al., 2007).

A substituição do corte manual da cana-de-açúcar para o mecânico representa mais do que a simples alteração de uma técnica por outra. Em termos agrícolas, significa combinar e otimizar elementos relacionados ao planejamento e manejo da cultura, ao uso e dimensionamento dos equipamentos no campo, à equipe de manutenção e apoio, ao treinamento do pessoal envolvido, e às alterações no transporte e na recepção da cana na indústria (VEIGA FILHO, 1999).

4.2 Desenvolvimento do setor sucroalcooleiro no Brasil

“A cultura da cana-de-açúcar no Brasil confunde-se com a própria história do País, tendo sido umas das primeiras, se não a primeira das culturas agrícolas organizadas na colonização” (COSTA, 2003).

A cana-de-açúcar foi trazida para o Brasil por Martim Afonso de Souza, português, em 1533, logo após o descobrimento do Brasil no período colonial por ordem de D. João III e introduzida na capitania de São Vicente, onde se espalhou pelo litoral, (MACHADO, 2003; FERNANDES, 1984). Assim como ocorria nas demais colônias, Portugal fazia o cultivo de cana-de-açúcar em suas colônias, devido a sua posição geográfica que acabava fazendo de Portugal passagem obrigatória para as naus carregadas de mercadorias (LIBONI, 2009).

A indústria açucareira desempenhou um papel fundamental na formação econômica do Brasil; segundo Baer (1996), o primeiro produto de exportação realmente importante economicamente e o primeiro ciclo econômico do país-colônia, “O ciclo da cana-de-açúcar” (LIBONI, 2009).

No início do século XVI, o Brasil já teria se tornado o principal fornecedor de açúcar do mundo. Contudo, as safras brasileiras estavam totalmente entregues às conveniências dos mercados consumidores, principalmente ao mercado europeu, que era seu principal consumidor. Até o século XVIII, a produção de açúcar no Brasil e em outros países se dava de forma quase artesanal nos chamados “engenhos”, onde a atividade intensiva de mão obra era notadamente escrava (PINA, 1972).

Sendo uma produção voltada para a exportação, o açúcar teve momentos de grande euforia, e grandes períodos de crise, como na segunda metade do século XVII, com a entrada da produção das Antilhas, do Suriname e do mercado Europeu (FERNANDES, 1984).

O primeiro processo de modernização do setor canavieiro ocorreu no Brasil República, a partir de 1889, com o início da participação dos governos estaduais na modernização do setor, por meio de leis e decretos destinados a permitir que antigos senhores de engenho pudessem ampliar a escala de produção de suas unidades de processamento de cana (VIAN, 2003).

Mais adiante já na “Era Vargas” em dezembro de 1931 foi criada a CDPA/Comissão de Defesa da Produção Açucareira, cujo principal objetivo era o de implantar medidas e tomar iniciativas destinadas a diminuir os excedentes de oferta de açúcar no mercado interno. Um pouco antes, em agosto, já havia sido criada a Comissão de Estudos sobre Álcool Motor (SZMRECSÁNYI, 1979).

No mesmo ano da criação da CDPA já foram tomadas medidas para diminuir os excedentes com o decreto 19.717, de 20 de Fevereiro de 1931, que obrigava a mistura de etanol à gasolina, estabelecendo um percentual de 5% de álcool anidro de procedência nacional na gasolina importada consumida no Brasil (SILVA, 2010).

Em 1938, a mistura de 5% de etanol à gasolina foi estendida para toda gasolina produzida no país, decorrente do início da operação da primeira refinaria de Petróleo do Brasil (SILVA, 2010) Com essas mudanças o etanol de subproduto passaria a ser visto como um fator de equilíbrio da balança comercial brasileira e de recuperação do setor agroindustrial, que nos anos 30 passava por intensa crise de superprodução. O etanol era visto como um mecanismo de defesa, de salvaguarda, para o mercado açucareiro (FISCHER, 1983).

A partir da década de 1970, com o Programa Nacional do Álcool, mais conhecido como Proálcool, o etanol tornou-se mais expressivo no país, deixando de ser um subproduto para ser um produto da cana-de-açúcar. Anunciado pelo Presidente Ernesto Geisel, o Proálcool foi um programa do governo que substituiu parte do consumo de gasolina por etanol, álcool obtido a partir da cana-de-açúcar, sendo pioneiro no uso, em larga escala, do etanol como combustível automotivo. O Proálcool, lançado em 14 de novembro de 1975, deveria suprir o país de um combustível alternativo e menos poluente que os derivados do petróleo (SOUZA, 2000).

O Proálcool, criado em 1975, alavancou o desenvolvimento de novas regiões produtoras como 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 maior programa de energia renovável já estabelecido em termos mundiais, economizando mais de US\$30 bilhões em divisas (PINHEIRO MACHADO, 2006).

Para a modernização do setor foi criado pelo IAA (Instituto do Açúcar e Álcool) o Funproçucar que financiou em 1973 a modernização das indústrias, dessa forma a maioria das indústrias foram totalmente remodeladas (LIBONI, 2009).

O processo de modernização também contou com a mecanização de algumas etapas do processo produtivo agrícola, principalmente do preparo do solo, plantio, corte, carregamento e transporte, além de pesquisas genéticas (desenvolvimento e adoção de novas variedades) (LIBONI, 2009).

Na década de 1990 ocorreu abertura comercial, bem como o efeito da globalização e de desregulamentação do mercado, modificando os modelos de produção do país. Dessa forma Instituto do Açúcar e do Álcool foi extinto, o que resultou na proibição da utilização de recursos do Tesouro Nacional em operações de compra e venda de açúcar para exportação. Isto forçou ao Poder Executivo que procedesse à reformulação da organização do setor sucroalcooleiro, com a redução da dependência da agroindústria canavieira de recursos do Tesouro Nacional e da Intervenção do Governo no setor (LIBONI, 2009).

Desde 1999 o Estado afastou-se consideravelmente deste setor, sendo que atualmente os preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do etanol são formados em livre mercado, o que impôs um novo padrão de competitividade às usinas de açúcar e/ou etanol, induzindo-as a buscarem estratégias competitivas visando redução de custos e aumentando a competitividade (MORAES, 2007a).

Em face de um mercado mais competitivo algumas usinas buscaram novos caminhos para garantir a remuneração do capital investido. Apareceram estratégias de especialização na produção e no aumento de produtividade de unidades industriais e agrícolas. Essas empresas investiram e ainda investem na automação industrial, na mecanização da agricultura, principalmente na colheita e na logística de transporte e produção de cana (LIBONI, 2009).

Sem a interferência do governo desde a década de 90, o setor produtivo de açúcar e etanol passou por uma reestruturação e se organizou em um conselho

chamado CONSECANA (Conselho dos Produtores de cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo), que é formado pela ORPLANA (Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil), e pela UNICA (União da Indústria de Cana-de-Açúcar). Dessa forma o setor soube atender às necessidades de consumo, garantindo também o abastecimento do mercado interno, que se voltou para o etanol como opção econômica à gasolina. Colaborou para essa retomada o desenvolvimento de veículos “flex”, que roda a etanol, a gasolina e a qualquer mistura entre os dois (LIBONI, 2009).

4.3 O setor sucroalcooleiro no século XXI

Atualmente a produção de cana-de-açúcar tornou-se mais dinâmica atendendo as demandas de etanol, de açúcar e, em alguns casos, de energia, destacando-se, por isso, tanto no cenário nacional como internacional como o maior produtor de cana e o maior exportador de etanol e açúcar. O mercado para o açúcar continua assegurado já que um dos principais exportadores, a Índia, ainda não recuperou a sua produção e a frota brasileira de veículos “flex-fuel” conta com mais de 10 milhões de unidades em circulação, com as vendas mensais destes veículos respondendo por 90% do total comercializado no Brasil (OLIVEIRA, 2009; CONAB, 2010).

Sob a ótica do mercado internacional o Brasil tem se preparado para se beneficiar do crescimento da demanda de etanol devido o crescente interesse pela adição de etanol na gasolina (SOUZA, 2006).

O setor sucroenergético na safra 2009/10 movimentou US\$ 87 bilhões. Importante estudo realizado por pesquisadores da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP) da USP aponta que a cadeia sucroalcooleira é de fundamental importância para a economia brasileira, movimenta grande quantidade de recursos, empregos, impostos. Somente as vendas de bens finais (etanol, açúcar, bioeletricidade, levedura e aditivo e crédito de carbono, entre outros) representam 1,5% do PIB nacional, ou US\$ 28,1 bilhões (FONSECA et. al., 2009).

Apenas para dimensionar a expansão do setor, verifica-se que a produção de etanol na safra 2000/01 saltou de 10,5 bilhões de litros para 28,4 bilhões de litros na atual safra, o que representa um crescimento de 170%; o açúcar passou dos 19,2

milhões de toneladas na safra 2000/01 para atuais 38,1 milhões de toneladas o que representa um crescimento 98%. Esses resultados evidenciam que o crescimento do setor sucroalcooleiro tem sido alavancado principalmente pela produção do etanol (CONAB, 2010).

As expectativas de produção para a safra 2015/16 são de 829 milhões de toneladas de cana-de-açúcar; 41,3 milhões de toneladas de açúcar; e 46,9 bilhões de litros de etanol. Para esse crescimento haverá um investimento em novas unidades no valor de R\$33 bilhões (TONETO JR. & LIBONI, 2007). De acordo com Torquato (2008), a demanda crescente nos mercados interno e externo por combustíveis renováveis, especialmente o etanol, atrai novos investimentos para a formação de novas áreas de cultivo da cana-de-açúcar para indústria.

Esta situação de expansão do setor sucroalcooleiro está relacionada ao desenvolvimento de novas variedades de cana, crescimento da área plantada, equipamentos industriais mais adequados, avanços na logística e no transporte da matéria-prima, aumento da produtividade, entre outros. Assim vantagens naturais combinadas com políticas de incentivo ao setor resultam na elevada competitividade do país na produção de açúcar e etanol (LIBONI, 2009).

Com isso, o setor sucroalcooleiro brasileiro tem passado por profundas alterações nos últimos anos, com mudanças institucionais e organizacionais de impactos importantes sobre a organização setorial, estratégias empresariais e sobre o mercado de trabalho (LIBONI, 2009).

Apesar dos benefícios econômicos devido às mudanças, o setor constatou principalmente que aspectos ambientais, sociais e técnicos devido à prática da queimada antes do corte deveriam ser melhorados (OMETTO et. al., 2005).

Em resposta a essa necessidade o setor tem passado por transformações com a adoção por parte das usinas do sistema de colheita mecanizada, sendo o corte manual após a queima substituído paulatinamente. Essas substituições vêm ocorrendo em função principalmente de fatores econômicos que são baseados em técnicos e ambientais. Sendo responsável por essa mudança em mais de 70% dos casos principalmente a escassez da mão-de-obra e a legislação ambiental (ZYLBERSZTAJN et. al., 2006).

O estado de São Paulo, por pressão de ambientalistas em 2002 aprovou a Lei Estadual de Queima (Lei 11.241/02) que prevê eliminação gradual do uso de fogo, como facilitador do corte da cana, até 2021 para áreas mecanizáveis e até 2031

para áreas não mecanizáveis. A lei também proíbe a queima em áreas a menos de um quilômetro de centros urbanos. Outro marco da regularização das queimadas de cana-de-açúcar no estado de São Paulo foi à assinatura do Protocolo Agro-Ambiental entre o Governo de São Paulo, a Secretaria do Meio Ambiente e a União da Indústria de cana-de-açúcar (SILVA & FERREIRA, 2010).

Antecipando o que está previsto na Lei Estadual de Queima do Estado de São Paulo (Lei 11.241/02) as usinas estão se antecipando para reduzir o prazo estabelecido pela lei de 2002, onde as indústrias da cana de açúcar tomarão medidas para eliminar a queima em 2014 e 2017, respectivamente, para as áreas consideradas mecanizáveis e não mecanizáveis. Também pelo protocolo fica estabelecido que as áreas ocupadas a partir de 2007 serão integralmente colhidas sem uso de fogo (SILVA, 2010).

4.4 O sistema de Corte, Carregamento e Transporte (CCT)

Segundo Gualda (1995), um sistema pode ser definido como uma coleção de componentes, conectados por algum tipo de interação ou relacionamento, sendo capaz de responder a estímulos ou demandas, e de realizar algum propósito ou função. Dentro desse contexto o sistema CCT pode ser dividido em: corte, carregamento e transporte (CCT) de cana-de-açúcar que podem ser executadas de diversas maneiras, variando parâmetros, desde o tipo de corte até ao tipo de equipamento (MUNDIM, 2009).

Este sistema opera da seguinte forma: o corte da cana-de-açúcar pode ser manual ou mecânico, sem queimadas (cana crua) ou com queimadas. O carregamento pode ser feito de forma manual ou mecanizada (com colhedoras ou com carregadoras de cana). O transporte é feito quase em sua totalidade por caminhões, mas pode ser feito através de ferrovias e hidrovias (MUNDIM, 2009).

4.4.1 Corte

Devido à expansão do Complexo Agroindustrial Canavieiro Brasileiro e a exigências da sociedade por ações contra os danos sociais e ambientais causados pela atividade sucroalcooleira algumas operações têm sofrido modificações. Dentre

as mudanças ocorridas na atualidade o corte é o que vem sofrendo as maiores mudanças com a introdução da colheita mecanizada (MARQUES et. al., 2006).

Para a sociedade, a reivindicação é pela necessidade de eliminação das queimadas e pela melhoria das condições de vida e de trabalho dos cortadores de cana. Para os empresários, a mecanização é uma alternativa para diminuir os custos das operações e aumentar as exportações de etanol. Ou seja, as exportações de etanol brasileiro para se expandirem, dependem do setor demonstrar, para os importadores internacionais, que a produção do etanol não agride ao meio ambiente e não degrada as condições de trabalho dos trabalhadores. Desta forma, para os usineiros, a mecanização do corte é a ação capaz de solucionar, a um só tempo dois problemas: eliminar a queima de cana e aumentar as exportações de etanol (ALVES, 2009).

4.4.1.1 Corte manual

No caso do corte manual, a cana é queimada antes da sua colheita, como uma forma de eliminar a palha, a qual dificulta as atividades de corte, e também para afugentar animais que residem nos canaviais, como cobras, insetos e lagartos (MACEDO, 2005). A colheita manual é apontada como uma atividade extremamente desgastante do ponto de vista físico (SCOPINHO et. al., 1999). A cana crua oferece maior resistência ao trabalho manual, devido à presença da palha que também proporciona o risco de acidentes devido às suas extremidades cortantes, fazendo com que a atividade seja pouco produtiva.

No Brasil, o corte de cana é feito predominantemente de forma manual, ou seja, o cortador munido de um facão (ou machete) ou “podão de cortar cana”, corta a planta rente ao solo para evitar uma má brotação de soqueira e o estabelecimento de pragas. Depois dá um golpe com o facão no palmito (ponteiro da cana), procurando retirar apenas o cartucho, deixando tudo o que for colmo. A capacidade de corte manual vai de 5 até 12 toneladas/homem/dia em 10 horas de trabalho e para a cana crua esse valor cai pela metade. (FERNANDES, 1984; BRAUNBECK et. al., 2009).

4.4.1.2 Corte mecânico

Existem cortadoras que apenas efetuam o corte basal, deixando a cana sobre o terreno. Podem ser acopladas a tratores ou podem ser automotrizes. Outros tipos de máquinas de corte efetuam o corte basal e o desponte, enleirando a cana, ou deixam montes separados sobre o solo. A capacidade dessas máquinas pode chegar a até 60 toneladas por hora. Um outro tipo de máquina também empregada no corte da cana combinada são as colhedoras que, além de cortar tanto a base como o ponteiro, também picam, ventilam, limpam e carregam a cana em toletes de 30 a 40 centímetros em veículos de transbordos que caminham ao lado da máquina ou nos veículos de transporte (MARQUES et. al., 2006).

Segundo Marques et. al. (2006) a mecanização da colheita da cana requer que sejam atendidas algumas condições físicas, técnicas e de produtividade para que seja possível o uso de máquinas como: variedades de porte ereto e uniformidade de altura o que acaba afastando uma rápida e maciça implantação do corte mecânico.

4.4.2 Carregamento

O carregamento é a etapa em que liga a colheita da cana até a sua acomodação final nos caminhões que fazem o transporte até a usina. De forma geral o carregamento que em grande maioria é mecânico é feito em veículos mais leves chamados de trasbordo que transfere a matéria-prima do canavial para os caminhões, de forma a evitar a compactação do solo (CORREIA, 2009).

O sistema de carregamento da cana-de-açúcar ainda pode ser manual ou mecanizado. Geralmente se utiliza o sistema mecanizado pela sua agilidade e praticidade. Já o sistema manual é usado quando o terreno apresenta uma declividade grande, acima de 25%, onde o trabalho da máquina fica inviável (CORREIA, 2009; RIPOLI & RIPOLI, 2004).

4.4.2.1 Carregamento manual

Há algum tempo o carregamento de cana era feito manualmente (FERNANDES, 1984) em feixes, mais ou menos, de 13 quilos, continham de 12 a 18 colmos amarrados com os próprios ponteiros da cana. Hoje, o carregamento manual é uma pratica bastante limitada no Brasil e costuma ocorrer em regiões de relevo acentuado como no sul de Pernambuco, norte de Alagoas e zona da mata de Minas Gerais (PARANHOS,1987).

4.4.2.2 Carregamento mecânico

Com o aumento da produção das usinas e o alto custo da mão-de-obra (FERNANDES, 1984), o grande incremento de carregamento mecânico se deu por volta da segunda metade da década de 50, na região centro-sul do país, quando foram desenvolvidas máquinas que carregavam os caminhões apanhando a cana cortada no solo e ajeitando-a na carroceria do caminhão. Atualmente os tipos básicos dessas carregadoras são montadas em tratores e as auto-propelidas. Essas máquinas são acopladas a tratores de porte médio de 60 a 80 cv, devendo dar preferência a tratores que possam trocar os discos de fricção de platô, sem ter necessidade de se mexer no motor ou na carregadora acoplada. Esta máquina possui na parte da frente um rastelo que, acionado hidraulicamente, amontoa a cana e através de uma lança que possui uma garra hidráulica na extremidade, apanha a cana amontoadada pelo rastelo. Tal garra, dependendo do modelo do carregadora pode levantar de 400 a 900 kg de cana por vez, a uma altura que varia de 4 a 6 metros girando até 90° conseguindo carregar de 40 a 50 toneladas de cana por hora (MARQUES et. al., 2006).

4.4.3 Transporte

Devido às grandes extensões que caracterizam as unidades canavieiras no Brasil, consagrou-se o transporte viário como a principal opção, apesar de nem sempre ser a mais viável economicamente (MARQUES et. al., 2006).

Tal situação atual é reflexo de uma política de transportes em geral desencadeada nos primórdios da implantação da indústria automobilística no país que, a fim de estimular e favorecer a indústria de veículos rodoviários, partiu para a construção de rodovias, o que por si não seria negativo. O que se viu por consequência foi a desativação das linhas férreas que então existiam nas usinas de açúcar. Atualmente não mais que duas ou três unidades açucareiras no Rio de Janeiro e em Pernambuco mantêm trechos ferroviários, segundo Paranhos (1987). Desta forma os tipos de subsistemas de transporte para a cana-de-açúcar utilizados no país são: rodoviário, ferroviário e hidroviário, sendo o principal e mais utilizado o rodoviário (MARQUES et. al., 2006).

Atualmente poucas unidades utilizam outros tipos de transporte para a cana-de-açúcar como o ferroviário e hidroviário. Buscado maior agilidade no transporte da matéria-prima a Usina da Barra/Cosan localizada no município de Barra Bonita no Estado de São Paulo, através de um sistema logístico direcionado às suas características particulares, realiza o transporte por rodovias, ferrovias e hidrovias, o que faz com que a cana-de-açúcar chegue com rapidez a indústria, agilizando todo o processo de produção (PIASSI, 2009).

4.4.3.1 Transporte viário

De acordo com Fernandes (1984), teoricamente, qualquer coisa que se mova pode transportar cana, ou seja: lombo de animais; carroças, carroções, carros de boi; cabos aéreos; chatas barcaças, lanchões, tratores, caminhões, cavalos mecânicos e outros. Na região centro sul, os tratores, caminhões e cavalos mecânicos são os mais utilizados.

O trator com carretas de até 10 toneladas é usado para curtas distâncias de no máximo 5 km e quando as condições do terreno assim permitirem. Já para distâncias maiores que 30 km, são recomendados o uso do cavalo mecânico que transporta carretas com até 40 toneladas (MARQUES et. al., 2006).

O caminhão hoje é praticamente usado para todas as distancias. O domínio dos caminhões no transporte da cana-de-açúcar é evidente e são muitas as opções existentes no mercado, variando desde caminhões médios, com capacidade para transportar de 8 a 10 toneladas de carga líquida, até os chamados superpesados que

tracionam carretas com capacidades que variam de 45 a 50 toneladas (MARQUES et. al., 2006).

Existe também o uso de caminhões mais potentes que levam outras além de sua própria carroceria. Esses tipos de caminhão são chamado de “Romeu e Julieta”, com capacidade líquida em torno de 25 a 30 toneladas, são recomendadas para distâncias entre 20 e 50 km do campo à indústria. Caso a necessidade a ser tracionada seja de 3 a 4 cargas por vez, atingindo 60 toneladas por viagem para distâncias acima de 30Km da Usina recomenda-se veículos superpesados (MARQUES et. al., 2006).

Ainda segundo Marques (2006) a melhor escolha de caminhão é os de maiores capacidades de transporte por viagem para grandes distâncias, ou seja, a escolha do transporte é em função das distâncias dos campos de produção da unidade industrial, das condições da malha viária, da quantidade de matéria-prima a ser esmagada diariamente, além de custos operacionais do transporte.

Para Fernandes (1984), o custo do transporte da matéria-prima tem grande peso em todo o processo. Eis a razão da grande importância do planejamento, execução e controle desse subsistema, que pode chegar a resultados positivos quando esse nível de controle atinge inclusive os acompanhamentos periódicos dos desgastes de pneus e a análise física e química do óleo de motor e câmbio dos veículos em trabalho.

4.5 A mecanização do CCT

O corte mecanizado ganhou espaço na década de 1970, quando se desenvolveram as colhedoras autopropelidas que cortam, picam, limpam e carregam a cana em operações integradas. Nessa época, para atender ao PROÁLCOOL, procurava-se tecnificar a cultura canavieira e suprir a carência de mão-de-obra decorrente da grande expansão da lavoura. Porém, pode-se dizer que a mecanização da colheita da cana-de-açúcar no Brasil ganhou maior impulso a partir da década de 1990. Os benefícios trazidos representaram um avanço significativo para a agroindústria canavieira, assim como a redução dos custos e a possibilidade de aumentar a capacidade de trabalho são fatores que estão contribuindo para a aceleração desse processo (VIEIRA & SIMON, 2005).

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola tem ganhado destaque pois representa um fator de grande importância para a competitividade em termos de custo para o setor sucroalcooleiro, chegando a ser o segundo fator de produção mais importante, sendo inferior apenas à posse da terra. Em termos de potencial para redução dos custos de produção, a mecanização pode ser considerada como o fator principal (PELOIA & MILAN, 2010).

Hoje tanto as condições precárias de trabalho no corte manual como as implicações ambientais da prática de queimadas prévia ao corte da cana têm impulsionado o debate em favor da adoção da prática de corte mecanizado para a modernização do setor (NOCCHI, 2007).

Para as usinas o principal fator que as tem levado para a adoção da colheita mecanizada de cana crua é o da redução do custo com as operações que ainda é impulsionado por outros dois motivos: Dificuldade na contratação de mão-de-obra devido à escassez de cortadores e a fiscalização do ministério público no que diz respeito às condições de trabalho. A outra causa é devido à legislação ambiental com a Lei Estadual paulista nº 11.241/02 que regulamenta a prática das queimadas nos canaviais com a eliminação total da queima até 2031 ou 2017 para as Usinas que aderiram ao Protocolo ambiental (RODRIGUES, 2006).

Nesse contexto ainda há Usinas que aderiram ao protocolo agroambiental com o intuito de receber um Certificado de Conformidade agroambiental em sintonia com exigências ambientais de novos mercados em contrapartida os prazos para eliminação da queimada em áreas mecanizadas, com até 12% de declividade, foi estabelecido até 2014 e não mecanizadas até 2017. O Protocolo agroambiental visa reconhecer e premiar as boas práticas ambientais do setor sucroenergético com um certificado de conformidade, renovado anualmente. Por meio da publicidade do certificado concedido às unidades agroindustriais e às associações de fornecedores de cana. O Protocolo acaba por influenciar na imagem das usinas frente ao mercado interno e externo, determinando um padrão positivo de planos e metas de adequação ambiental a ser seguido (SMA, 2010).

Somente para quantificar essa demanda crescente por maquinários segundo a União dos Produtores de Bioenergia - UDOP, (2007) estimou que serão comercializado neste ano cerca de 1500 colhedoras autopropelidas, o que representa um aumento de 60% em comparação com o ano anterior. Esse crescimento é uma consequência da adoção das empresas do corte mecanizado em

áreas já estabelecidas e de que desde o final de 2007 devido ao que foi estabelecido no protocolo agroambiental novos projetos de canaviais tem de ser totalmente mecanizados. Esse crescimento será ainda maior no ano de 2012 com à renovação dos canaviais em conseqüência das previsões de bons preços no setor. Em 2015, só o Estado de São Paulo deverá contar com cerca de 2.266 colhedoras autopropelidas, com um índice de mecanização de 80% no geral (RAMOS, 2007; RODRIGUES & ABI SAAB, 2007).

A colheita mecânica da cana traz ganho ambiental e de saúde pública, principalmente por reduzir os danos ao meio ambiente, em virtude de dispensar a queima de resíduos, mas além destes a mecanização proporciona ganhos econômicos. Quando a palhada não é queimada, como na colheita mecanizada, ela forma uma camada no solo que bloqueia a luz do sol e impede a brotação das ervas daninhas e, embora isto não elimine o uso de herbicidas, permite reduzir seu uso significativamente. Segundo estudo da avaliação do efeito da palha da cana sobre o uso de herbicidas diminui o custo de produção da lavoura de cana, reduz os impactos ambientais, além de ser possível o aproveitamento da palhada da cana para a geração de energia nas usinas (FURTADO, 2002).

Martins Filho (2010) acrescenta que há uma economia relativa, quanto ao custo de reposição de nutrientes com a colheita de cana crua devido ao controle das perdas de solo e nutrientes por erosão ser feito por uma palhada com alta relação C/N. Logo pode-se demonstrar em partes a viabilidade técnica do sistema de produção de cana crua em favorecer a sustentabilidade do solo, quanto à redução nas perdas de solo e nutrientes.

Perfila-se, dessa forma, um novo conceito de colheita, que visa o aproveitamento integral da cultura. Esta abordagem tem implicações nos processos manuais de colheita. Na condição de corte sem queima prévia, a colheita manual fica sujeita às limitações ergonômicas e econômicas. Assim, a mecanização total ou parcial representa, atualmente, uma opção para a colheita que atende, simultaneamente, aos requisitos ergonômicos, de viabilidade econômica do setor (JUNQUEIRA et. al., 2008).

Porém, a colheita mecanizada também apresenta alguns problemas de ordem econômica e operacional. O problema econômico começa pelo alto preço das máquinas e pela grande quantidade de maquinários, já que uma frente de trabalho mecanizado requer segundo Soares (2007) os seguintes equipamentos: colhedora;

trator; equipamento de transbordo; caminhão-prancha; caminhão oficina; caminhão-bombeiro.

Sob o ponto de vista operacional é necessário treinamento das equipes de trabalho para a correta utilização da colheita mecanizada a fim de evitar problemas como: pisoteio e arranquio das soqueiras, falhas de brotação e redução do vigor, compactação do solo influenciado pelo teor de água do solo e tráfego intenso que podem reduzir a longevidade do canavial (BENEDETI & DONZELLI, 2007).

Uma limitação operacional para a adoção da colheita mecanizada segundo Braunbeck & Oliveira (2006) são os terrenos com alta declividade que apresentam dificuldades à colheita mecânica, pois a inclinação do terreno acima de 12% provoca o escorregamento do eixo traseiro dos veículos, disso resulta um desalinhamento da colhedora com a fileira de cana, dificultando o processo de alimentação da máquina. Essa condição é a principal responsável pelas áreas canavieiras consideradas não-aptas para a colheita mecanizada. Contudo cabe destacar os esforços realizados pelos usuários e fabricantes para adaptar as máquinas aos mais diversos terrenos e condições de colheita (JUNQUEIRA et. al., 2008).

Segundo Soares (2007), a colheita mecanizada exige ainda variedades de cana com características especiais como: raízes mais resistentes ao arranque mecânico; cana de porte mais ereto; maior facilidade de despalhamento (JUNQUEIRA et. al., 2008).

Apesar de alguns problemas com a introdução da tecnologia de colheita de cana-de-açúcar de forma mecanizada, segundo Soares (2007), a colheita mecânica tem apresentado economia de 30% em relação ao custo da colheita manual, em função do aumento da capacidade de trabalho, uma vez que a colheita mecânica pode estender-se por 24 horas ininterruptas (JUNQUEIRA et. al., 2008).

4.6 A terceirização no CCT

A terceirização segundo Legnaro (2008) nada mais é do que um processo planejado de repassar a terceiros a realização de determinada atividade. A terceirização abre novos horizontes na condução de tornar as empresas mais ágeis e competitivas. Permite transformar custos que eram fixos em custos variáveis, os quais podem controlar mais adequadamente, eliminando parte de operações não essenciais, intermediárias, liberando capital e recursos financeiros para aplicação

em melhorias do processo produtivo, em inovações tecnológicas e desenvolvimento de novos produtos. Esta transformação acaba por aumentar as chances de maior lucratividade e re-investimentos, assim como possibilita à empresa tornar-se mais competitiva (CHAHAD & ZOCKUN, 2002).

O objetivo principal da terceirização é a redução de custos através da transferência de serviços para uma empresa especializada (terceira) que possua competência técnica para produzir ou fornecer serviços com qualidade similar ou superior à firma contratante (CÂNDIDO, 2002).

Outro motivo para a terceirização é a dificuldade de investimento em novos equipamentos, devido ao alto valor dos maquinários, já que em muitas usinas há a necessidade de compra de novos e/ou a substituição dos equipamentos (ALIMANDRO & FERREIRA, 2005).

A redução de custos é sempre um desafio, particularmente para uma empresa brasileira. A terceirização, desde que realizada com critério e permanente supervisão do contratante, é um dos maiores achados da administração privada para essa redução. Sua aplicação no Brasil é particularmente bem-vinda. Em outras palavras, a terceirização é indispensável para as empresas brasileiras que pretendem ser moderna e bem administrada (ALIMANDRO & FERREIRA, 2005).

Dentre os serviços agrícolas terceirizados pelas usinas, destacam-se os de carregamento e transporte da cana-de-açúcar, pois representam em torno de 25% a 40% dos custos totais da tonelada de cana, enquanto que o corte manual fica proibido a sua terceirização por se caracterizar na atividade fim, ou seja, atividade essencial para se obter o produto final (RODRIGUES, 2006; CARRARA, 2005).

Quando o corte é mecânico alega-se que a possibilidade da terceirização da colheita fica possível pelos mesmos motivos que se terceiriza o carregamento e transporte que é em função da especialização das função e de uma legislação específica permitindo a contratação (Lei nº 11.442/2007) (CARRARA, 2005).

A colheita mecanizada apresenta o menor índice de terceirização. O número de prestadora desse tipo de serviço é bastante reduzido, aumentando a dificuldade de contratação de terceiros e a incerteza relacionada à terceirização dessa operação. Isto pode estar relacionado como alto custo de aquisição, da necessidade de um serviço de alta qualidade, da introdução recente da colhedora autoprovelida quando comparada as outras máquinas utilizadas no corte que são

terceirizadas e da sua especificidade, que pode inibir investimentos dos terceiros nesse equipamento (RODRIGUES, 2006).

Com a alta incerteza as empresas do setor sucroalcooleiro utilizam o seguinte argumento para a não terceirização do corte mecanizado (RODRIGUES, 2006):

[...] nós preferimos realizar as atividades internamente e porque a contratação de prestadores de serviço é muito arriscada, no setor já observamos vários casos em que as usinas tiveram dificuldades de ser abastecidas, pois os terceiros contratados não conseguem colher a quantidade de cana pré-estabelecida [...]

4.7 Principais impactos da adoção da colheita mecanizada

A importância do Brasil na produção sucroalcooleira é notória, sendo que o país veio ganhando importantes avanços na produção de açúcar e etanol. Por outro lado, o sistema produtivo aliado ao agronegócio da cana-de-açúcar é enraizado por problemas sociais e ambientais que perpetuam em um resultado de exploração dos recursos naturais e da mão-de-obra gerando significativas preocupações sobre como estas indústrias vem sendo organizadas no país (TRINDADE, 2009).

Juntamente com a discussão sobre o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos para o setor sucroalcooleiro, muito se tem debatido sobre os aspectos de sustentabilidade do complexo sucroalcooleiro (MORENO & CARLO, 2007). Para Labodová (2004) tornar um empreendimento sustentável significa diminuir o impacto de uma companhia de maneira economicamente viável, utilizando abordagens preventivas em conjunto com princípios de melhoria contínua.

4.7.1 Impactos ambientais

Com as restrições de queima as usinas tiveram que se adaptar a um novo processo de colheita. A mecanização, por sua vez, tem relação direta com o aumento da compactação dos solos, prejudicial ao desenvolvimento da cana no plantio e nas rebrotas (VEIGA FILHO, 1998).

A compactação dos solos em agrossistemas canavieiros tem sido atribuída principalmente à colheita mecanizada em condições de elevados conteúdos de água

no solo (PANKHURST et. al., 2003). Assim, a determinação da umidade do solo antes da realização das operações mecanizadas torna-se indispensável, pelo fato de essa governar a capacidade de suporte de carga do solo (KONDO & DIAS JÚNIOR, 1999).

4.7.2 Impactos sociais

Sob a ótica social, a despeito dos praticamente um milhão de empregos diretos gerados no corte e apesar das perspectivas de geração de novos postos de trabalho nas indústrias do açúcar e do etanol devido à expansão do setor, muito tem se escrito sobre os empregos agrícolas – especificamente dos cortadores de cana-de-açúcar – principalmente sobre as condições de trabalho, ao pagamento por produtividade, ao uso da terceirização na contratação dos cortadores e da migração de trabalhadores de outros Estados, que vem principalmente para São Paulo para trabalhar no corte da cana-de-açúcar (MORAES, 2007b).

Além destes temas, duas mudanças institucionais internas relevantes sinalizam redução da colheita manual com conseqüente redução e mudança de perfil do empregado agrícola, visto que ambas aceleram o processo de mecanização da colheita: a primeira é a antecipação da proibição da queima no Estado de São Paulo e a outra é o efetivo cumprimento das normas regulamentadoras do mercado de trabalho agrícola no Brasil, por exemplo, a Norma Regulamentadora 31 (NR 31) (MORAES, 2007b).

A mecanização alterará o perfil do empregado: cria oportunidades para tratoristas, motoristas, mecânicos, condutores de colhedoras autopropelidas, técnicos em eletrônica, dentre outros, e reduz, em maior proporção, a demanda dos empregados de baixa escolaridade (grande parte dos trabalhadores da lavoura canavieira têm poucos anos de estudo) (MORAES, 2007b).

A mecanização segundo estimativas da União da Agroindústria do Açúcar (UNICA), reduzirá em aproximadamente 114 mil empregados na lavoura canavieira até safra 2020/2021 (MORAES, 2007b).

Apesar do impacto sobre a oferta de mão-de-obra a mecanização, apesar de não ter como objetivo inicial, com sua implantação tem melhorados as condições de trabalho pela eliminação do corte manual da cana queimada. Assim melhorando a imagem do setor sucroalcooleiro já que o trabalho no corte de cana se tornou mal

visto pela sociedade por exigir grande esforço físico e apresentar difíceis condições. A imprensa também divulga uma má imagem do trabalho, relatando mortes por esforço físico e muitos acidentes de trabalho (MOREIRA, 2006).

5. Material e Métodos

Para coleta de dados utilizou-se: (1) observação direta; (2) entrevista; (3) documentação e (4) registros em arquivos. Para que fosse possível mapear os processos e identificar as características das atividades executadas, foi realizado o acompanhamento de uma frente de colheita mecanizada e da entrega da cana na indústria.

Na segunda etapa da pesquisa, realizou-se entrevista semi-estruturada, para obter informações sobre custos, características e desempenhos operacionais das máquinas utilizadas. Os tópicos principais abordados durante as entrevistas foram os seguintes: custos incorridos na realização da atividade; níveis de consumo de matéria-prima e de utilização de mão-de-obra direta e indireta; número de equipamentos utilizados; idade dos equipamentos; características principais dos equipamentos; capacidade de campo efetiva das máquinas; capacidade de campo operacional; capacidade de manipulação efetiva líquida; eficácia de manipulação; peculiaridades envolvidas na realização das atividades; possíveis impactos destas peculiaridades nos custos e no desempenho.

Com o objetivo de complementar as informações coletadas através das observações e entrevistas, realizou-se uma terceira etapa que consistiu em uma pesquisa nas revendedoras da região, referentes aos maquinários usados como: preço de mercado, vida útil em horas e em anos.

5.1 Caracterização do município

Araraquara localiza-se a noroeste do estado de São Paulo, a 21°47'40" de latitude e 48°10'32" de longitude cerca de 280 quilômetros da cidade de São Paulo .

Com uma área total de 1.006 km², sendo 80 km² ocupados pelo espaço urbano, possui atualmente cerca de 200.666 habitantes (IBGE, 2009).

No que diz respeito às características socioeconômicas - ela agrega em seu espaço intra-urbano, por um lado, um enorme centro industrial, com indústrias nacionais e multinacionais e, por outro, um grande centro de ensino superior com três Faculdades e um Instituto da Unesp e quatro Instituições Privadas de Ensino Superior (FOGANHOLO, 2009).

A cidade é moderna e impressiona por algumas de suas características marcantes. Do ponto de vista sócio-ambiental, alguns indicadores mostram que o município oferece boas condições de vida em decorrência dos seus indicadores socioeconômicos (baixa taxa de mortalidade infantil, bom grau de escolaridade, bom saneamento básico, boa renda familiar, etc), que apresentam padrão de desenvolvimento compatível ao de países desenvolvidos (BEDANI et. al., 2007).

Evidencia-se no município o predomínio com cerca de 90% de três ramos de atividade (respectivamente, a indústria de transformação, o comércio atacadista e varejista e os serviços de transporte, armazenagem e comunicações) no valor total gerado no município. Outro fato que se destaca é a grande concentração das atividades econômicas locais: quase 80% do valor adicionado total computado é gerado pelas grandes empresas desses três ramos de atividade (FOGANHOLO, 2009).

Na área industrial, a circulação de capital é grande: conforme o aquecimento da economia, as indústrias da cidade tornam-se geradoras de emprego em potencial. Ressalta-se a posição do município de Araraquara bem ao centro do estado, fator que facilita a circulação demográfica e econômica (FOGANHOLO, 2009).

O município possui grande atividade agrícola destacam-se, as agroindústrias sucroalcooleira e citrícola, além da cervejaria Kaiser.

O clima da região é do tipo Cwa de Köppen, com precipitação média anual de cerca de 1345 mm e temperatura média anual variando entre 18 e 20 °C. As chuvas são distribuídas durante o ano, sendo abundantes no verão e pouca no inverno, derivada das intermitentes frentes frias que passam na região (ALMEIDA, 2007).

A cidade está situada numa área integrante do planalto Ocidental, planalto arenítico-basáltico, formado pelos derrames de lavas processadas durante o triássico ou jurássico com camadas intercaladas de arenitos do mesozóico. Como

conseqüência da estrutura geológica, o relevo é levemente ondulado. A topografia se apresenta com características tabulares, pouco onduladas, aplainadas pelo trabalho da rede hidrográfica, comandada pelo Rio Mogi-Guaçu e cursos d'água da bacia do Rio Tietê (LAGO, 2007).

Os solos com maior ocorrência na região são: Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, que possui o horizonte B textural, e o Latossolo Vermelho Férrico distrófico, ambos originados de rochas basálticas. (EMBRAPA, 1999; ALMEIDA, 2007).

O bioma predominante na região do presente trabalho é de Cerrado e apresenta espécies de árvores de grande porte e vegetação herbácea e arbustiva (ALMEIDA, 2007).

5.2 Caracterização da usina

A usina construída em 1949 é uma das principais produtoras de açúcar e etanol da região de Araraquara, com uma capacidade instalada de moagem de 2.750.000 toneladas de cana na safra 10/11 ou 13.000 toneladas/dia, produzindo 15.500 sc/dia de açúcar VHP (açúcar destinado a exportação que ainda irá passar no processo de branqueamento ou refino) ou 3.280.000 sacos de 50kg na safra e uma produção de etanol de 500.000 L/dia ou 120.000.000 litros na safra.

A Usina que na safra 08/09 foi a 39ª Usina do estado de São Paulo em moagem processou 2.650.000 toneladas de cana na safra 10/11, 35% das quais foram colhidas mecanizadamente alcançando uma área de 9.341 ha. O índice ainda é pequeno, principalmente quando comparado aos índices de São Paulo na safra 08/09 de 47,6% e de Araraquara 36,3% na safra 07/08, mas o corte mecânico apresenta uma tendência, frente ao cenário do setor canavieiro (UNICA, 2010; CONAB, 2010; FREDO et. al., 2008).

5.3 Dimensionamento de uma frente de corte

O número de colhedoras autopropelidas trabalhando na frente de corte é obtido pela razão entre o ritmo operacional de colheita mecanizada (ha/h) definida pelo sistema, pelo produto da velocidade de deslocamento da colhedora (Km/h), da

Eficiência de manipulação (decimal) e da largura de ação da máquina (m) (MIALHE, 1974).

$$N = \frac{Rop}{L \times V \times Efc}$$

N = Número de conjuntos motomecanizados;

L = Faixa de ação da máquina (m);

V = Velocidade de deslocamento (m/h);

Efc = Eficiência de campo em %;

Rop = Rítimo operacional (m²/h).

5.4 Avaliação do desempenho operacional dos conjuntos mecanizados

As características operacionais da frente de trabalho mecanizado, foram obtidas conforme Mialhe (1974), Balastreire (1990), Mialhe (1996) e Mazeto (2008).

5.4.1 Análise do desempenho operacional

Segundo Mialhe (1974), o desempenho operacional é um complexo conjunto de informações que definem, em termos qualitativos e quantitativos, os atributos da maquinaria agrícola quando executam operações sob determinadas condições de trabalho.

A capacidade de campo efetiva do corte mecânico segundo Mialhe (1974), representa a capacidade realmente demonstrada pela máquina no campo, isto é, capacidade básica da máquina medida durante certo intervalo de tempo.

Capacidade de campo efetiva do corte mecânico:

$$Cce = \frac{A}{Tp} \text{ (ha)}$$

Cce = Capacidade de campo efetiva do corte mecânico (ha h⁻¹);

A = Área colhida (ha);

Tp = Tempo em produção (h).

Já a capacidade de campo operacional segundo Mialhe (1974) representa a capacidade incluindo o efeito dos tempos que são consumidos no preparo da máquina, interrupções requeridas pelo próprio trabalho da máquina.

Capacidade de campo operacional do corte mecânico:

$$Cco = \frac{A}{Tm} \text{ (ha/h)}$$

Cco = Capacidade de campo operacional do corte mecânico (ha h⁻¹);

A = Área colhida (ha);

Tm = Tempo da máquina (h).

O rendimento de campo efetivo segundo Mialhe (1974) indica as perdas da área trabalhada em função dos tempos consumidos em preparo da máquina e interrupção durante a jornada de trabalho.

Rendimento de campo efetiva:

$$Rce = \frac{Cco}{Cce} \times 100$$

Re = Rendimento de campo efetivo em %;

Cco = Capacidade de campo operacional do corte mecânico (ha h⁻¹);

Cce = Capacidade de campo efetiva do corte mecânico (ha h⁻¹).

Através dos valores de capacidade de campo efetivo e consumo horário de combustível calcula-se o consumo de combustível por área trabalhada (MAZETTO, 2008).

Consumo de combustível específico:

$$CCesp = Ch/Cce$$

CCesp = Consumo de combustível específico (L ha⁻¹);

Cce = Capacidade de campo específico do corte mecânico (ha h⁻¹);

Ch = Consumo de combustível horário operacional (L h⁻¹).

De acordo com Mialhe (1996), o desempenho da colhedora autopropelida é expresso em termos de capacidade de manipulação no corte mecânico, medida em massa de colmos cortada por unidade de tempo.

A capacidade de manipulação efetiva bruta foi determinada por meio da equação:

$$C_{m\text{eb}} = \frac{m}{T_{\text{pr}}} \quad (\text{h})$$

$C_{m\text{eb}}$ – Capacidade de manipulação efetiva bruta (t h^{-1});

m – Massa de colmos existentes na linha de plantio, (t);

T_{pr} – Tempo em produção (h).

A capacidade de produção efetiva foi determinada conforme a equação:

$$C_{\text{prel}} = \frac{m_c}{T_{\text{pr}}} \quad (\text{h})$$

C_{pe} = Capacidade de produção efetiva (t h^{-1});

m_c = Massa de cana colhida lançada no veículo de transporte em cada parcela (t);

T_{pr} = Tempo em produção (h).

A eficácia de manipulação das colhedoras autopropelidas foi realizada através da relação entre capacidade de produção manipulação bruta e a capacidade de manipulação efetiva, conforme a equação:

$$EM = \frac{C_{m\text{el}}}{C_{m\text{eb}}} \times 100$$

EM – Eficácia de manipulação, (%);

$C_{m\text{el}}$ – Capacidade de manipulação efetiva bruta (t h^{-1});

$C_{m\text{eb}}$ = Capacidade de manipulação efetiva líquida (t h^{-1}).

5.5 Levantamento dos custos

São considerados custos fixos todos os custos que, periodicamente, oneram a empresa, independentemente do nível de atividade (SOUZA & CLEMENTE, 1998). Logo, o tempo e a intensidade de funcionamento da máquina não alterarão estes custos. Entre os custos fixos são incluídos: depreciação (D), juros (J), alojamento e seguros (AS).

$$CF = D + J + AS$$

a) Depreciação

Depreciação pode ser definida como um processo que registra a perda de valor (devido a desgastes, danos e obsolescência) no decorrer de sua vida útil. A depreciação por linha reta é considerada um método onde o preço decresce linearmente de um valor constante (FREITAS, 2005).

O método da linha reta é o mais simples de ser usado, resultando numa depreciação anual constante da máquina, durante a vida útil. Os demais métodos são indicados para determinação do valor de mercado das máquinas usadas. No método da linha reta, o valor de sucata é arbitrado em 10% do preço inicial da máquina e o valor da máquina é depreciado do valor constante dado por (PACHECO, 2000):

$$D = (P - S)/V$$

Onde:

D = Depreciação (R\$ h⁻¹);

P = Preço de aquisição da máquina (R\$);

S = Valor de sucata - 0,1 x P (R\$);

V = Vida útil (horas).

b) Juros

O capital utilizado na aquisição da máquina agrícola deve ser computado como retendo juros à base semelhante do que é obtido quando este capital é colocado no comércio (PACHECO, 2000).

Normalmente, são juros simples e calculados sobre o capital médio investido, pela fórmula que segue:

$$J = [(P + 0,1P) / 2] i / t$$

Onde:

J = Juros (R\$ h⁻¹);

P = Preço de aquisição (R\$);

i = Juros ao ano (decimal);

t = Tempo de uso por ano (horas ano⁻¹).

c) Alojamento e seguros (AS)

Se a máquina for mantida sob abrigo, quando estiver fora de uso, certamente a sua vida útil será maior, dada a possibilidade de se executar reparos em qualquer condição climática e também pela maior proteção das intempéries (PACHECO, 2000).

No Brasil, não é muito comum fazer o seguro de máquinas agrícolas. Este fato pode levar à falsa impressão de que não é necessário calcular o custo desse seguro. Não se pode esquecer, porém, que se o proprietário não repassa o custo do seguro a uma seguradora, este é bancado pelo mesmo, pois o risco de acidentes ou perdas sempre existe. Desta maneira, o mais aconselhável é utilizar uma porcentagem do custo inicial para o cálculo do seguro, seja ele feito ou não em uma companhia seguradora. Os valores sugeridos, pela literatura especializada, para alojamento e seguro de máquinas, variam de 0,75% a 1% do custo inicial ao ano

Sendo assim, aconselha-se uma taxa de 2% ao ano para os cálculos do custo com alojamento e seguro, conforme a fórmula:

$$AS = 0,02 P/t$$

Onde:

AS = Alojamento mais seguro (R\$ h⁻¹);

P = Preço de aquisição (R\$);

t = Tempo de uso (horas ano⁻¹).

Os custos variáveis são todos os custos e despesas que variam proporcionalmente ao nível de atividade. Esses custos e despesas dependem do nível de atividade (volume produzido x volume vendido) por período (SOUZA & CLEMENTE, 1998). São constituídos por combustíveis (CC), lubrificantes (LG), manutenção (RM) e Mão de obra (MO).

$$CV = CC + LG + RM + MO$$

a) Custo de combustíveis

O consumo de combustível varia de acordo com a potência do motor, da altitude, do fator de carga, da temperatura ambiente e também o tipo de combustível (LOPES, 2007).

$$CC = P_u \times c$$

Onde:

CC = Custo de combustível (óleo diesel) (R\$ h⁻¹);

P_u = Preço de um litro de óleo diesel (R\$ L⁻¹);

C = Consumo de óleo diesel por hora efetiva (L h⁻¹).

b) Custo de lubrificantes e graxas

A quantidade de lubrificantes gastos por hora depende do tipo e da potência do trator, e pode ser obtida no manual do proprietário e na planilha de manutenção proposta pelo fabricante, determinando a capacidade dos reservatórios de

lubrificantes e a periodicidade em horas em que devem ser substituídos (PACHECO, 2000).

$$LG = \frac{P \times \text{Cons}}{IL}$$

LG = Lubrificação e Graxa (R\$ h⁻¹);

P = Preço (R\$ L⁻¹);

IL = Intervalo de lubrificação (h);

Cons = Consumo por lubrificação (L).

c) Reparos e Manutenção

São os gastos da empresa em relação à manutenção e reparos das máquinas durante sua vida útil. Varia de acordo com a especificidade de cada máquina e com as rotinas de manutenção programadas.

$$RM = \frac{i \times P}{t}$$

RM = Reparo e manutenção (R\$ h⁻¹);

P = Preço de aquisição do trator (R\$);

t = Tempo de uso por ano (horas ano⁻¹);

i = Percentual sobre o maquinário (%). (3,7% para a Colhedora autopropelida, 10% para o trator de transbordo e 8% Transbordo) por ano.

d) Mão de Obra

Corresponde ao somatório dos salários, 13º salário, férias, adicional de férias, FGTS, INSS, seguros, saúde, alimentação, etc., divididos pela quantidade de horas trabalhadas.

$$\text{Cop} = (\text{salário} + \text{encargos sociais}) \times 12/t$$

Cop = Custo com o operador (R\$ h⁻¹);

t = Tempo trabalhado (horas ano⁻¹).

5.6 Análise de custo

Para tanto, a análise dos custos envolvidos na prestação dos serviços é feita da seguinte forma: (1) os custos são classificados (diretos, indiretos, fixos e variáveis) em relação ao equipamento; (2) os diretos são alocados ao maquinário; (3) os indiretos, custos que não são facilmente atribuídos aos maquinários, são calculados através de um rateio; (4) obtém-se o custo de cada tonelada de cana colhida; (5) obtém-se o custo hora de operação de cada equipamento; (6) obtém-se o custo total da operação.

6. Resultados e Discussão

6.1 Processo de colheita

O Modelo analisado neste trabalho contempla todos os maquinários da colheita mecanizada de cana picada da Usina, nas quais as atividades de corte, a limpeza e o picamento da cana são realizadas por um único equipamento denominado de colhedora de cana autoprovelida, que transfere os toletes de cana após ser picado para os equipamentos de transbordo.

Após o corte ocorre o carregamento, que é constituído por tratores agrícolas com reboques (tratores com transbordo), que operam de forma simultânea com a colheita recebendo a cana das colhedoras e as transferindo para os veículos de transporte, evitando o tráfego destes no canavial.

Nesse sistema, os caminhões permanecem estacionados em uma área denominada malhador. Os tratores rebocando os transbordos – duas unidades (Total de 40,4m³), vêm até os caminhões, acionam os pistões hidráulicos e a carroceria dos transbordos se eleva, transferindo a carga para os caminhões.

No processo de transporte que é terceirizado, após a operação de transbordo os Rodotrens (65m³), Romeu e Julieta (30 m³) e os Treminhões (45m³/reboque) recebem a cana picada e transportam para a indústria em sistema “bate e volta”, o caminhão que chega à porta da indústria, descarrega e volta para o malhador.



Figura 1 – Colhedora autopropelida em processo de colheita e trator com o trasbordo (a). Transbordo efetuado em espaço reservado para manobras de veículos, malhador (b). (Fonte: Agroconsult)

6.2 Frota de colheita mecanizada

A colheita consiste de uma seqüência de operações, cujas quantificações dos equipamentos são frutos de um planejamento prévio do dimensionamento das quantidades a serem colhidas e das necessidades de recursos para concretizarem estas colheitas.

Devido à grande concentração de máquinas e operários e, também, um sistema logístico importante, para melhor gerenciamento da operação a colheita é dividida em frentes de corte. As frentes de corte são o local onde ocorre o corte e o carregamento da cana-de-açúcar nas lavouras. Segundo Hahn (1994), o número de frentes de corte trabalhando na colheita mecanizada varia de três até mais de doze, de acordo com a quantidade de cana estimada em cada frente e a capacidade de moagem diária da Usina.

A definição de mais de um local de trabalho possibilita lidar com as diversidades de variedade, clima, solo e variedades que compõem o universo de decisões para o planejamento e realização da colheita. Além disto, as frentes são fundamentais para a otimização dos recursos, pois a sua distribuição em diferentes distâncias permite operar em uma distância média virtual que possibilite otimizar os equipamentos e garantir o abastecimento contínuo da indústria. Este procedimento visa basicamente racionalizar a utilização dos recursos necessários para a realização da colheita.

Para as áreas mecanizadas da Usina foram dimensionadas duas frentes de corte com duas colhedoras e uma terceira frente de corte com três colhedoras. Essa terceira colhedoras atua no apoio da colheita em áreas com necessidade de uma colheita mais rápida, quando se tem variedades precoces, atua em conjunto com as outras duas colhedoras formando a frente de corte em áreas mais planas de forma a acelerar o processo de colheita, ou atuando como uma máquina reserva em caso de quebra de uma das colhedoras. No total a Usina possui seis colhedoras CASE-IH, modelo A7700, duas fabricadas no ano de 2007, uma fabricada no ano de 2006, uma fabricada no ano de 2005 e duas fabricadas no ano de 2001.

Além das seis colhedoras CASE-IH, modelo A7700, a Usina ainda possuiu uma colhedora modelo A8800 também da CASE-IH fabricada no ano de 2010 (Tabela 1).

Tabela 1 – Características dos modelos de colhedora.

Modelo	Marca	Motor	Potência (cv)	Sist. de rodado	Velocidade máxima de operação (Km/h)	N° facas	Tanque comb.(L)
A7700	Case-IH	Cummins M11	335	Esteira	9	10	480
A8800	Case-IH	Case IH C9	358	Esteira	9	10	480

Fonte: Usina Zanin.



Figura 2 – Colhedora CASE-IH modelo 7700 (a). Colhedora CASE-IH modelo 8800 (b). (Fonte: Case).

O número de unidades de carregamento e transporte a ser atribuída a frente de colheita é definida de maneira a suprir a necessidade de movimentação do potencial de colheita até a unidade de recepção (Usina), assim assumi-se que tudo o que for colhido seja trasbordado e transportado sob a mesma taxa de retirada praticada pelas colhedoras.

Na operação de carregamento para cada colhedora utilizam-se dois tratores que tracionam dois transbordos cada. Esses tratores são da marca Valtra, modelo 1780 sendo que do total de quatorze, seis foram fabricados no ano de 2005, outros dois fabricados no ano de 2006 e seis fabricados no ano de 2007.

Os tratores modelo 1780 da Valtra são da linha pesada e são equipados com o motor modelo MWM TD 229 EC 6VA, potência de 160 cv, Tomada de potência com 540 rpm, Tração dianteira assistida, Embreagem de disco simples, Transmissão Heavy Duty – HD, Direção hidrostática, Bitola traseira de 1700mm a 2017mm, Tanque de combustível de 270 L.

Como cada trator traciona dois transbordos o número de transbordo utilizado na colheita mecanizada são vinte e oito. Os transbordos utilizados são da Santal modelo VT8 SC sendo que dos vinte e oito, seis são do ano de 2000, oito do ano de 2002, quatro do ano de 2005, oito do ano de 2007 e dois do ano de 2010.

Os transbordos marca Santal modelo VT8 SC possuem características técnicas de: oito toneladas de capacidade de carga, volume de 20,2m³, bitola de 1900 mm, Peso de 3.920 Kg, Altura de transbordamento 4.600mm.



(a)



(b)

Figura 3 – Trator Valtra Modelo 1780 (a). Transbordo Santal modelo VT8 SC (b). (Fonte Valtra e Santal).

Para as três frentes de corte com essas dimensões ainda há equipamentos de apoio à frente como: um Caminhão bombeiro Mercedes Bens modelo 1113 ano 2002 para eventuais problemas com a queima espontânea da vegetação, um Caminhão Oficina Mercedes Bens modelo 1113 ano 2002 para eventuais problemas mecânicos na frente de colheita (reduzir o tempo em que as máquinas ficam paradas) e uma saveiro ano 2004 para apoio.

De acordo com a Tabela 2 observa-se que Usina Zanin possui num total de cinquenta e duas máquinas trabalhando simultaneamente sem contar os veículos de transporte que são terceirizados e, portanto são dimensionados pelos parceiros de forma a suprir a necessidade de movimentação de cana até a Usina.

A frente de colheita da Usina, com exceção da frente de corte com três colhedoras, tem quatorze maquinários, sendo duas colhedoras, quatro tratores e oito transbordos.

Tabela 2 – Número de maquinário próprio total e de maquinário em cada frente de colheita mecanizada.

Maquinário	Número de máquinas, veículos e Equipamentos Total	Número de máquinas, veículos e Equipamentos na Frente de Corte
Colhedoras	7	2
Transbordos	28	8
Tratores	14	4
Caminhão Oficina	1	-
Caminhão Bombeiro	1	-
Saveiro de Apoio	1	-
Total	52	14

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o dimensionamento mais seguro a Usina faz o uso de duas ferramentas que a auxilia na tomada de decisão, a programação linear e a simulação. Essas ferramentas conseguem trabalhar em atividade complexa que lidam com diferentes tipos de recursos simultaneamente, já que as máquinas utilizadas na frente de colheita têm diferentes características e funções.

Recentes avanços na técnica de simulação, disponibilidade de software e de computadores velozes tem feito dessas duas técnicas as ferramentas mais utilizadas e aceitas na Análise de Sistemas e na Pesquisa Operacional desta usina.

Todo esse dimensionamento e organização dos recursos (número de frente de corte) são realizados através de uma programação de colheita previamente estabelecida de forma a atender o abastecimento da Usina. O dimensionamento é feito de forma a atender as necessidades da usina ao longo da colheita, enquanto que a organização dos recursos dimensionados é feito em decorrência de uma definição semanal do gestor do número de locais, distancia dos locais de colheita e tamanho das áreas a serem colhidas.

6.3 Desempenho operacional

Do ponto de vista das Usinas, o desempenho operacional ganha importância no gerenciamento à medida que o número, o tamanho e a complexidade das máquinas aumentam, tornando-o fundamental para a rentabilidade do negócio. No caso de máquinas agrícolas o acompanhamento sistemático do desempenho e os cálculos operacionais, ao longo da vida útil, são fatores fundamentais para seu uso racional (OLIVEIRA, 2000b).

Na Usina estudada a atividade de colheita mecanizada da cana-de-açúcar ocorreu em dois turnos de nove horas e vinte minutos cada, totalizando um trabalho diário de dezoito horas e quarenta minutos. A colheita avaliada foi iniciada em abril de 2010 e ocorreu até o mês de setembro totalizando 185 dias ou 3.404 horas. A produção da área colhida foi de 941.829 toneladas em 9.341 ha, ou seja, 100,83 t/ha, cuja produtividade foi acima da média nacional (79,77 t/ha na safra 10/11) e superior a produtividade média do estado de São Paulo (84,50t/ha na safra 10/11) (CONAB, 2010).

As colhedoras conseguem seu melhor desempenho operacional em velocidades de 4,5 km/h a 5 km/h, obtendo menor índice de resíduos vegetais e minerais e o mínimo de desperdício de cana no campo.

Os valores de consumo específico de combustível ficaram muito próximos aos resultados encontrados por Tomazela et. al. (2010) que avaliou o desempenho operacional dos equipamentos da Case-IH A7700 em semelhantes quantidades de dias de colheita e jornada de trabalho.

Conforme a Tabela 3 a operação com as colhedoras autopropelidas teve uma média de rendimento de campo efetivo de 71,43%, com valores mínimos de 67,07% para Case-IH A7700 ano 2001 e valores máximos de 77,24% para Case-IH A8800 ano 2010. O rendimento encontrado foi de acordo com Pacheco (2000) que se baseou em dados American Society of Agricultural Engineers (ASAE) que define que o rendimento fique entre 65% a 80%, valores considerados normais para a operação (PACHECO, 2000).

Tabela 3 – Análise da capacidade operacional das operações de colheita mecanizada.

Maquinário	Modelo	Ano	CCesp(L ha ⁻¹)	Cco (ha h ⁻¹)	Cce(ha h ⁻¹)	Rce (%)
Colhedora	Case-IH A8800	2010	73,51	0,4551	0,5892	77,24
Colhedora	Case-IH A7700	2007	74,23	0,4009	0,5558	72,14
Colhedora	Case-IH A7700	2007	74,36	0,4073	0,5534	73,60
Colhedora	Case-IH A7700	2006	74,52	0,3805	0,5463	69,65
Colhedora	Case-IH A7700	2005	74,61	0,3773	0,5397	69,91
Colhedora	Case-IH A7700	2001	74,95	0,3609	0,5227	69,05
Colhedora	Case-IH A7700 Valtra 1780	2001	75,03	0,3621	0,5349	67,70
Trator+Transbordo	/ Santal VT8 SC	Diversos	27,93	0,2345	0,3471	67,56
Média Colhedoras		-	74,46	0,3920	0,5488	71,43
Total Colhedoras		-	521,21	2,7441	3,8419	71,43

Fonte: Dados da pesquisa.

A capacidade de manipulação efetiva líquida do corte mecânico, (o que foi transferido para o transbordo), foi de 37,84 t h⁻¹ totalizando 264,88 t h⁻¹ para as três frentes obtendo diariamente (nos dois turnos) a quantidade de 4.873,792 toneladas, ou uma média de 696,26 t/dia/máq.

Conforme com o disposto na Tabela 4 a capacidade de manipulação efetiva bruta foi menor do que os 45,97 t h⁻¹ encontrados por Ripoli et al. (2001). Essa diferença ocorreu devido que a elevação da velocidade de deslocamento da colhedora que provoca um aumento na capacidade de manipulação bruta (RODRIGUES & ABI SAAB, 2007), já que a velocidade de trabalho com melhor desempenho econômico encontrados por Ripoli et al. (2001) foi de 5,39 km h⁻¹, enquanto que a velocidade de trabalho das colhedoras na Usina Zanin que apresenta melhor desempenho econômico foi em média de 4,5 km h⁻¹.

Os valores de eficácia de manipulação foram muito próximos aos 95,7% encontrado por Carvalho (2009). Com os valores de eficácia encontrados pode-se concluir que a frente estudada atende a eficácia mínima de manipulação para cana crua que é de 93%, de acordo com Mialhe (1996).

Apesar de uma produtividade de 100,83 t/ha devido às perdas no processo a quantidade colhida pelas três frentes foi de 96,52 t/ha o que resulta em uma perda de 4,31 t/ha, ou seja, 4,28% da produção.

Tabela 4 – Análise da capacidade operacional das colhedoras automotrizas de cana-de-açúcar.

Maquinário	Modelo	Ano	Cmeb (t h ⁻¹)	Cmel (t h ⁻¹)	Em (%)
Colhedora	Case-IH A7700	2007	40,42	39,04	96,58
Colhedora	Case-IH A7700	2007	41,07	39,89	97,12
Colhedora	Case-IH A7700	2006	38,37	36,36	94,77
Colhedora	Case-IH A7700	2005	38,04	36,56	96,10
Colhedora	Case-IH A7700	2001	36,39	34,12	93,76
Colhedora	Case-IH A7700	2001	36,51	33,91	92,88
Colhedora	Case-IH A8800	2010	45,89	44,97	98,01
Média		-	39,53	37,84	95,60
Total		-	276,69	264,85	95,60

Fonte: Dados da pesquisa.

6.4 Custo operacional do CCT

Para se reduzir os custos na mecanização é necessário ampliar e modernizar a gestão dos sistemas mecanizados com a adoção de técnicas administrativas eficientes como: um bom dimensionamento do sistema mecanizado, uma boa organização dos recursos, estudos dos tempos e movimentos, uma boa sistematização das áreas de forma a aumentar o tempo em que a colhedora realizará o corte, uma melhor utilização das características da colhedora, minimizar as perdas na colheita e utilização de colhedoras com maior capacidade de campo e de manipulação de forma a se obter melhores índices de rendimento de campo efetivo e Eficácia de manipulação.

Na avaliação do custo operacional do CCT levantou-se o valor dos maquinários envolvidos na operação. Em média conforme observa-se na Tabela 5 os maquinários estavam com idade de cinco a seis anos com um valor de mercado de R\$ 7.132.594,00, valor 28% menor que o novo (R\$ 9.934.255,00). Para os maquinários fora de linha utilizou-se valores equivalentes da mesma marca.

O preço médio das colhedoras foi estimado em R\$ 600 mil, sendo o valor de uma colhedora nova de R\$ 825 mil. Considerando o trator de apoio, os transbordos e os veículos de apoio que teve seu valor rateado entre as frentes de corte, cada frente de corte com duas colhedoras tem um valor estimado de R\$ 2.013.199, somou-se a esse valor para a frente de corte com três maquinários R\$ 1.006.600 para cada unidade de corte acrescentado (uma colhedora, dois tratores, quatro transbordo e os equipamentos de apoio rateado). Para a frente de corte com duas colhedoras o valor dos maquinários novos foi de R\$ 2.816.120.

Para avaliar o corte realizado por uma colhedora de cana autopropelida utilizou-se o valor médio e vida útil de 20.000 h (10 anos).

A tabela 6 evidencia que os custos variáveis são os que mais contribuíram para a formação dos custos na operação de corte, correspondendo a 77,34% do custo na operação do corte mecanizado.

Os custos indiretos incorridos para a obtenção do produto, não foram associados de forma direta à cana, já que esses custos são comuns a outras operações como o plantio e a aplicação de defensivos. Os custos de conservação de estradas, reboque dos maquinários, fiscalização, administração, foram rateados e então apresentados como custo indireto.

Tabela 5 – Valor de mercado dos maquinários da frente de colheita mecanizada.

Maquinário	Modelo	Ano	Valor Atual (R\$)	Número de máquinas	Valor Total (R\$)
Colhedora	Case-IH A8800	2010	825.000,00	1	825.000,00
Colhedora	Case-IH A7700	2007	670.000,00	2	1.340.000,00
Colhedora	Case-IH A7700	2006	615.000,00	1	615.000,00
Colhedora	Case-IH A7700	2005	555.000,00	1	555.000,00
Colhedora	Case-IH A7700	2001	420.000,00	2	840.000,00
Trator	Valtra 1780	2007	120.000,00	6	720.000,00
Trator	Valtra 1780	2006	110.000,00	2	220.000,00
Trator	Valtra 1780	2005	100.000,00	6	600.000,00
Transbordo	Santal VT8 SC	2010	70.000,00	2	140.000,00
Transbordo	Santal VT8 SC	2007	55.000,00	8	440.000,00
Transbordo	Santal VT8 SC	2005	49.500,00	4	198.000,00
Transbordo	Santal VT8 SC	2002	39.000,00	8	312.000,00
Transbordo	Santal VT8 SC	2000	33.000,00	6	198.000,00
Caminhão Bombeiro	Mercedes Bens modelo 1113	2002	53.000,00	1	53.000,00
Caminhão Oficina	Mercedes Bens modelo 1113	2002	53.000,00	1	53.000,00
Saveiro		2004	23.594,00	1	23.594,00
Total	-	-	-	-	7.132.594,00

Fonte: Dados da pesquisa.

O custo por tonelada de cana colhida conforme a Tabela 6 foi de 6,38 R\$ t⁻¹, ou 482,52 R\$/h por frente de corte o que corresponde a um custo total no período analisado de R\$5.748.841,00.

Tabela 6 – Custo operacional do corte mecanizado.

Custos Fixos						
Componentes	R\$/h/FC ⁽¹⁾	R\$ t ⁻¹	Produção (t)	R\$	Participação parcial no custo (%)	Participação total no custo (%)
Depreciação	54,00	0,71	901.651,52	643.356	64,12	11,19
Juros	23,10	0,31	901.651,52	275.213	27,43	4,79
Seguro	3,70	0,05	901.651,52	44.100	4,39	0,77
Alojamento	3,42	0,05	901.651,52	40.740	4,06	0,71
Total dos custos fixos	84,22	1,11	901.651,52	1.003.409	100,00	17,45
Custos Variáveis						
Combustível/Lubrificante	170,58	2,25	901.651,52	2.032.186	45,70	35,35
Reparo/Manutenção	101,86	1,35	901.651,52	1.213.659	27,30	21,11
Mão de Obra	100,76	1,33	901.651,52	1.200.379	27,00	20,88
Total dos custos variáveis	373,2	4,93	901.651,52	4.446.224	100,00	77,34
Total custo fixo + variável	457,42	6,04	901.651,52	5.449.633	94,79	94,80
Custos indiretos	25,12	0,33	901.651,52	299.208	5,21	5,20
Total	482,52	6,38	901.651,52	5.748.841	100,00	100,00

(1) Frente de corte.

Fonte: Dados da pesquisa.

Para avaliar o carregamento realizado utilizou-se o valor médio dos tratores de R\$110 mil e vida útil de 12.000 h (10anos). Já para os transbordos utilizou-se o valor médio de R\$46 mil e vida útil de 20.000 h (10 anos).

Para o custo operacional do carregamento dado em R\$/h por frente de corte, considerou-se duas colhedoras, quatro tratores Santal 1780 (160cv) e oito transbordos Santal VT8 SC, dois transbordos sendo tracionados por cada trator. O custo por frente de corte foi de R\$/h 194,84.

O custo total conforme a Tabela 7 foi de R\$ 2.327.565,00, ou seja, R\$2,60 t⁻¹, considerando 0,4% de perda no processo de transbordo.

Os custos indiretos (conservação de estradas, reboque dos maquinários, fiscalização, administração), foram obtidos seguindo a mesma metodologia dos custos diretos utilizados no corte. Entretanto os custos indiretos incorridos para a obtenção do produto, não podem ser associados de forma direta à cana, já que

esses custos são comuns a outras operações como o plantio e a aplicação de defensivos.

Para alocar os custos ditos indiretos nas operações de colheita a empresa definiu formas de rateio, ou seja, forma de dividir esses custos para que seja possível apurar o custo de uma unidade colhida de cana em cada operação. A forma com que a empresa ratiou seus custos indiretos variou de acordo com a característica da atividade a ser rateada, com o custo da operação sendo dividida pelo tempo de utilização da mão-de-obra, pelo tempo de horas-máquina.

Tabela 7 – Custo operacional do carregamento do corte mecanizado.

Custos Fixos						
Componentes	R\$/h/FC ⁽¹⁾	R\$ t ⁻¹	Produção (t)	R\$	Participação parcial no custo (%)	Participação total no custo (%)
Depreciação	33,06	0,44	897.943,00	393.849	65,20	16,97
Juros	14,14	0,19	897.943,00	168.480	27,89	7,26
Seguro	1,70	0,02	897.943,00	20.167	3,34	0,87
Alojamento	1,82	0,02	897.943,00	21.607	3,58	0,93
Total dos custos fixos	50,70	0,68	897.943,00	604.103	100,00	26,14
Custos Variáveis						
Combustível/Lubrificante	57,78	0,77	897.943,00	688.372	42,62	29,49
Reparo/Manutenção	35,60	0,47	897.943,00	424.129	26,26	18,17
Mão de Obra	42,18	0,56	897.943,00	502.479	31,11	21,52
Total dos custos variáveis	135,56	1,80	897.943,00	1.614.980	100,00	69,18
Total custo fixo + variável	186,26	2,48	897.943,00	2.225.255	95,32	95,32
Custos indiretos	9,18	0,12	897.943,00	109.310	4,68	4,68
Total	194,84	2,60	897.943,00	2.334.565	100,00	100,00

(1) Frente de corte.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Usina Zanin disputa por terras com Usinas vizinhas como a Tamoios da Cosan, Maringá, Santa Cruz e Nova Era, dessa forma sua administração acaba tendo que recorrer à procura por outras áreas mais distantes.

Pela busca por áreas de cana a Zanin chega a ter áreas plantadas em outro município como de São Carlos, a 40 km de distância, sendo essa uma das

preocupações da gestão, pois os custos do transporte pode inviabilizar a produção e a cana perder sua qualidade, devido a sua necessidade de ser rapidamente processada.

Por estes motivos as plantações devem estar localizadas a uma distância máxima de 50 km das usinas. As principais áreas produtoras da Usina Zanin, estão a uma distancia média de 33 km.

O custo com transporte seguiu outro modelo por ser terceirizado. Os valores são cobrados por uma empresa terceirizada em R\$ t⁻¹ de acordo com a distância conforme observa-se na Tabela *. As plantações de cana da área avaliada estão a uma distância média da Usina de 33 km, resultando em um preço médio de R\$ 6,87 t⁻¹. Considerando perdas de 2,6% no processo de transporte de cana picada, a quantidade de cana entregue na indústria foi de 874.596 toneladas a um custo de transporte para a Usina de R\$ 6.008.475 (Tabela 8).

Tabela 8 – Tabela de preço cobrado pelo terceirizado no transporte de cana picada em função da distância.

Faixa em km	1 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	21 – 25	26 – 30	31 – 35	36 – 40
R\$ t⁻¹	2,98	3,42	4,07	4,28	5,11	5,92	6,90	7,03

Faixa em km	41 – 45	46 – 50	51 – 55	56 – 60	61 – 65	66 – 70	71 – 75	76 – 80	81 – 85
R\$ t⁻¹	7,77	8,23	8,97	9,54	10,15	10,73	11,94	13,12	14,32

Fonte: Dados da pesquisa.

O preço final da operação de colheita mecanizada de cana foi de R\$14.085.474,00 ou R\$15,85 t⁻¹ durante o período analisado. Esse custo se refere ao custo com a operação do corte, carregamento e transporte de cana picada até a Usina.

O custo das operações de corte e transporte são os mais significativos por corresponder a 83,47% dos custos da colheita mecanizada ou R\$11.573.316. Dessa forma pela representatividade nos custos essas duas etapas acabam sendo as que requerem maior atenção por parte da Usina quando ela pretende diminuir os custos com as operações do corte mecanizado de cana. O carregamento devido ao seu baixo custo quando comparado com as outras operações do corte acaba não recebendo tanta atenção da administração no seu gerenciamento por ser pouco representativa no custo do corte de cana.

Ao custo por tonelada de R\$15,85 t⁻¹ as frentes de colheita mecanizada conseguem entregar à usina o montante de 874.596,00 toneladas (Tabela 9). O resultado encontrado é um pouco superior ao encontrado por Borba & Bazzo (2009), que em uma área também no Estado de São Paulo na Região de Ribeirão Preto com produtividade de 110 t^{-h} a 30 km de distância da Usina apurou o valor corrigido pela inflação no período de R\$14,65 t⁻¹ para a colheita mecanizada de cana. Essa diferença é decorrente não somente a diferenças na produtividade e distância, mas também na complexidade de fatores que formam os custos como número de frentes de colheita, número de maquinários na frente de colheita, desempenho operacional dos maquinários, características social da região, declividade da área, clima e solo da região, entre diversos outros fatores.

Tabela 9 – Preço do CCT da colheita mecânica.

Custos por Operação da Colheita Mecanizada				
Operação	R\$ t ⁻¹	R\$	%	Produção Total mecanizada (t)
Corte	6,38	5.748.841	40,81	901.651,52
Carregamento	2,60	2.334.565	16,57	897.943,00
Transporte	6,87	6.008.475	42,66	874.596,00
Total	15,85	14.085.474	100,00	-

Fonte: Dados da pesquisa.

A demanda por colhedoras de maior capacidade de campo tem aumentado em função da escassez da mão-de-obra, aumento dos custos sociais, eliminação gradual da queima, melhores condições de trabalho e principalmente pela mecanização do corte diminuir o custo da operação do CCT.

O corte manual para a Usina custa atualmente R\$ 14,02 t⁻¹ e o seu carregamento R\$ 3,90 t⁻¹, levando em consideração o mesmo transporte da colheita mecanizada ao valor de R\$ 6,87 t⁻¹ o custo da operação do CCT manual será de R\$ 24,79 t⁻¹, sendo R\$ 8,94 t⁻¹ acima operação mecanizada.

Esse resultado ocorre devido à grande capacidade das máquinas que podem substituir de 80 até 100 homens. Essa capacidade é atingida quando há o correto gerenciamento tanto dos maquinários envolvidos na operação com seu correto dimensionamento e busca por melhores desempenhos, assim como também na sistematização da área e utilização de variedades mecanizáveis.

7. Conclusão

O corte mecânico da cana-de-açúcar pela Zanin tem sido adotada devido às exigências legais que determinam a eliminação gradativa da queima da cana no Estado de São Paulo com o Protocolo Ambiental. A adoção da mecanização da colheita justifica-se pela crescente escassez de mão-de-obra braçal, pela precária condição de trabalho no corte manual de cana queimada e principalmente pela redução dos custos da operação.

Pode-se dizer que a adoção do corte mecanizado pela Empresa demonstra a importância do paradigma tecnológico, evidenciando que a busca pela eficiência é uma estratégia essencial para a sobrevivência no segmento canavieiro, caracterizado por um crescente dinamismo.

O Valor da operação de colheita mecanizada de R\$ 15,85 t⁻¹ foi obtido para a capacidade de campo operacionais do corte de 0,3920 ha h⁻¹, com uma eficiência de manipulação média de 95,6% o que resultou numa média de manipulação efetiva líquida de cana de 696,26 t/dia/colhedora. Já na operação carregamento o valor encontrado para a capacidade de campo operacional foi 0,2345 ha h⁻¹.

Com o custo total de R\$ 15,85 t⁻¹, a colheita mecanizada se mostra 44% inferior ao custo realizado manualmente com queima, evidenciando-se assim que a operação de colheita mecanizada é realmente realizada a um custo inferior com as operações do CCT ao custo respectivamente de R\$ 6,38 t⁻¹, R\$ 2,60 t⁻¹, R\$ 6,87 t⁻¹.

A Usina tem-se mostrado em constante busca de inovação técnica, no intuito de se adaptar às novas condições de mercado e aos atuais padrões de competitividade. Nesse contexto, a mecanização da etapa do corte da cana representa uma estratégia de redução de custos, aumento da capacidade de

trabalho, além de possibilitar a ininterrupção da moagem da cana e proporcionar à empresa maior autonomia com relação à mão-de-obra braçal, cada vez mais escassa.

O estágio realizado na empresa Agroconsult Consultoria e Marketing LTDA possibilitou conhecer o mercado que envolve as commodities agrícolas com o acompanhamento conjuntural, também foi possível através de um projeto de levantamento dos custos da colheita de cana mecanizada conhecer a cultura da cana-de-açúcar que infelizmente durante o curso não foi abordada.

De forma geral, o estágio concretiza os conhecimentos possibilitando uma visualização da forma prática de desempenhar as atividades, além de mostrar novas maneiras de se aplicar o conhecimento. O curso contribuiu de forma satisfatória para ampliação de conhecimentos e aplicação de conceitos.

8. Referências Bibliográficas

- ALIMANDRO, A. E.; FERREIRA, L. N. **Análise dos Custos na área de instalações industriais**: O caso do grupo SHV Gás Brasil. Trabalho de Formatura (TCC) - Curso de Ciências Contábeis, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2005.
- ALMEIDA, L. F. P. de. **Produção de frutas em assentamentos rurais na região de Araraquara, São Paulo**. Rev. Bras. de Agroecologia, v.2, n.2, 2007.
- ALVES, F. J. C. **Políticas Públicas Compensatórias Para a Mecanização do Corte de Cana Crua**: Indo direto ao ponto. Ruris (Campinas), v.3, 2009.
- ARJONA, E.; BUENO, G.; SALAZAR, L. **An activity simulation model for the analysis of the harvesting and transportation systems of a sugarcane plantation**. Computers and Electronics in Agriculture, n.32, 2001.
- BAER, W. **A economia brasileira**. São Paulo, 1996.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990.
- BEDANI R.; MIGUEL D. P.; CHAVES I. R.; JUNG E. B. OLIVEIRA P. F.; GUAGLIANONI D. G.; ROSSI E. **A. Consumo de Soja e seus Derivados na Cidade de Araraquara-SP**: Um Estudo de Caso. Alim. Nutr., Araraquara, v.18, n.1, 2007.
-

- BENEDETI, M. S.; DONZELLI, J. L. **Colheita Mecanizada de Cana Crua: Caminho sem volta**. Revista Coplana, Jaboticabal, 2007.
- BORBA, M. M. Z.; BAZZO, A. M. **Estudo Econômico do ciclo produtivo da cana-de-açúcar para reforma de Canavial, em área de fornecedor do Estado de São Paulo**. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Porto Alegre, 2009.
- BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLEB, F.; CORTEZ, L. **Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil**. Biomass and Bioenergy, 1999.
- BRAUNBECK, O.; OLIVEIRA, J. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. Engenharia agrícola, Jaboticabal, v. 26, n. 1, 2006
- CÂNDIDO, J. G. D. **Análise dos processos de terceirização em uma montadora de automóveis**. Taubaté, 2002.
- CAPUTO, M. M.; SILVA, M. A.; BEAUCLAIR, E. G. F.; GAVA, G. J. **Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação**. Bragantia, Campinas, v. 67, n.1, 2008.
- CARRARA, H. **Terceirização agrícola**. STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos. Piracicaba, v. 23, n.3, 2005.
- CARVALHO, L. S. **Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2009.
- CHAHAD, J. P. Z.; ZOCKUN, M. H. **A dimensão e as formas de terceirização do trabalho: Estudos de Casos Selecionados no Brasil**. São Paulo, 2002.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2010/2011**. Segundo Levantamento. Conab,
-

2010. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/boletim_cana_setembro_2010.pdf>. Acesso em 12 set. 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil Safra.** Conab, 2010. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 17 set. 2010.
- CORREIA, A. N. **Monitoramento da expansão da cultura de cana-de-açúcar na região sul de Mato Grosso do Sul.** Monografia (Licenciatura em Física) - Curso de Física, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2009.
- COSTA, M. L. O. da. **Setor Sucroalcooleiro.** São Paulo, 2003.
- DIAZ, J. A.; PÉREZ, I. G. **Simulation and optimization of sugar cane transportation in harvest season.** In: Winter Simulation Conference. Miami, USA, 2000.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999.
- FERNANDES, A. J. **Manual da Cana-de-açúcar.** Piracicaba, 1984.
- FISCHER, R. M. **A Política e as políticas das relações de Trabalho.** FFLCH, São Paulo, 1983.
- FOGANHOLO, M. **Algumas notas sobre o processo de hierarquização espacial das classes sociais em Araraquara/SP, Brasil.** Encontro de Geógrafos de América Latina, Montevideo, 2009.
- FONSECA, M. da G. D. et. al. **Açúcar, Alcool e Energia.** Boletim Infosucro. n.3. 2009. Disponível em:
<<http://www.ie.ufrj.br/infosucro/boletim/BoletimInfoSucroN0003.pdf>> Acesso em 23 ago. 2010.
-

FREDO, C. E. ; VICENTE, M. C. M.; BAPTISTELLA, C. S. L.; VEIGA, J. E. R. **Índice De Mecanização Na Colheita Da Cana-de-Açúcar No Estado De São Paulo E Nas Regiões Produtoras Paulistas**. Análises e Indicadores do Agronegócio, v.3, n.3, 2008.

FREITAS K. E. de. **Análise Técnica e Econômica da Colheita Florestal Mecanizada**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

FURTADO, F. **Mecanização da colheita da cana traz benefício ambiental**. 2002.
Disponível em:
<<http://www.cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/1382>> Acesso em 30 set. 2010.

GAL, P.-Y Le; LYNE, P. W. L.; MEYER, E. E SOLER, L.-G. **Impact of sugarcane supply scheduling on mill sugar production: a South Africa case study**. Agriculture Systems, 2008.

GOMES, F.P. & LIMA, U.de A. **A Cana-de-açúcar no Mundo**. In: MALAVOLTA, E. Cultura e Adubação da Cana-de-açúcar. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1964.

GUALDA, N. D. F. **Terminais de transporte: Contribuição ao Planejamento e ao Dimensionamento Operacional**. Tese apresentada para a Escola Politécnica da USP para o concurso de Livre Docência, São Paulo, 1995.

HANH, M. H. **SISTEC**: Simulador de sistema de transporte de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado de Eng. Elétrica) – Faculdade de Energia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa populacional 2009**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 out. 2010.

- JUNQUEIRA, C. P.; STERCHILE, S. P. W.; SHIKIDA, P. F. A. **Mudanças no padrão tecnológico do corte de cana-de-açúcar: uma análise do caso paranaense.** In: Congresso brasileiro de economia, administração e sociologia rural, Rio Branco, 2008. Anais... Rio Branco: SOBER/UFAC, 2008.
- KONDO, M.K.; DIAS JÚNIOR, M.S. **Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.2, 1999.
- LABODOVA, A. **Implementing integrated management systems using a risk analysis based approach.** Journal of Cleaner Production, v.12, 2004.
- LAGO, D. **Modelagem de Banco de Dados Geográfico como Subsídio à Gestão Integrada de Recursos Hídricos Aplicado a Sub-Bacia do Ribeirão das Cruzes (Araraquara-SP).** Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2007.
- LEGNARO, A. **Terceirização.** É necessário discutir novas formas de organização e gestão da mão-de-obra rural. Revista Hortifruti, n.71, 2008.
- LIBONI, L. B. **Perfil da mão-de-obra no setor sucroalcooleiro: tendências e perspectivas.** Tese (Doutorado em Administração) - Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MACEDO, I. de C. **A Energia da Cana-de-Açúcar: Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade.** São Paulo, 2005.
- MACHADO, F. B. P. **Brasil a doce terra: história do setor sucroalcooleiro.** Texto para discussão, 2003. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/conteudo/HistoriadoSetor.asp>>. Acessado em 01 de set. 2010.
-

- MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, O. A. **Colheita de cana-de-açúcar: atualidades e perspectivas** In: D. Ingeniería Rural y Mecanización Agrária em el ámbito Latinoamericano, La Plata,1998.
- MARQUES, K. M.; ALVES K. C. M.; BORGES R. M. **Logística de Transporte da cana-de-açúcar como uma especificidade da logística geral aplicada ao setor sucroalcooleiro.** Monografia (Bacharel em Administração) - Curso de Graduação em Administração de Empresas, Faculdades Integradas “Antônio Eufrásio de Toledo”, Presidente Prudente, 2006.
- MARTINS FILHO, V. M. **Perdas de nutrientes por erosão e produção sustentável de cana-de-açúcar.** Idea news, Ribeirão Preto, 2010.
- MATSUOKA, S. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar:** In: Curso de qualificação em plantas industriais – Cana-de-açúcar. Maringá: UFPR/SENAR, 1996.
- MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. A.; ARIZONO, H. **Melhoramento da cana-de-açúcar.** In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Editora UFV, 1999.
- MAZETTO, F. R.. **Avaliação dos desempenhos operacional e energético e da ergonomia de colhedoras de soja (Glycine max (L.) Merrill) no Sistema de Plantio Direto.** Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2008.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola.** Editora Agronômica Ceres Ltda, 1974.
- MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas: ensaios & certificação.** FEALQ, Piracicaba, 1996.
- MORAES, M. A. F. D. de. **Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005.** Estud.
-

- Econ., São Paulo, v.37, n.4, 2007a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612007000400007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 25 ago. 2010.
- MORAES, M. A. F. D. de. **O mercado de trabalho da agroindústria canvieira: desafios e oportunidades.** Econ. Apl., Ribeirão Preto, v.11, n.4, 2007b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502007000400008&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 04 set. 2010.
- MOREIRA, F. L. **Análise da Viabilidade Econômica da Mecanização da Colheita de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil.** Trabalho de Formatura (TCC) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MORENO, A.; CARLO, J. **Piracicaba: o cérebro da tecnologia sucroalcooleira. Visão da agroindústria.** Campinas, v.4, n.30, 2007.
- MUNDIM, J. U. C. **Uso de Simulação de Eventos discretos para o dimensionamento de frota para colheita e transporte de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Logísticos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- NOCCHI, R. de O. **Quantificação econômica e energética em cultura de cana-de-açúcar na região da alta paulista.** Tese (Dissertação em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- NUNES JUNIOR, D.; PINTO, R. S. A.; TRENTO FILHO, E. e ELIAS, A. **Indicadores agrícolas do setor sucroalcooleiro.** São Paulo, 2007.
- OLIVEIRA, A. M. S. **Perspectivas para o setor sucroalcooleiro frente a redução da queimada de cana-de-açúcar: a intensificação do corte mecanizado e a certificação socioambiental.** Revista Pegada, Presidente Prudente, v.1, n.1, 2000a.
-

- OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneu: avaliação de uma frota.** Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de máquinas agrícolas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000b.
- OLIVEIRA, S. M. **A Gestão Socio-Ambiental e inovação no setor sucroalcooleiro: Um estudo de caso na Pioneiros Bioenergia S/A.** Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Curso de Pós-Graduação em Agronegócio, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- OMETTO, A. R.; MANGABEIRA, J. A. de C.; HOTT, M. C. **Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil.** In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005.
- PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas.** Embrapa Acre, Rio Branco, 2000.
- PANKHURST, C. E.; MAGAREY, R.C.; STIRLING, G.R.; BLAIR, B.L.; BELL, M.J.; GARSIDE, A.L. **Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane.** In: Queensland, Australia. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.72, n.2, 2003.
- PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar cultivo e utilização.** Fundação Cargill, Editora Cidade, 1987.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M. **Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.4, 2010.
- PIASSI, J. R. **Relatório Final de Estágio Supervisionado Área Temática: Administração de materiais.** Relatório Final de Estágio Supervisionado – Curso de Administração, Faculdade Cinecista de Capivari, Capivari, 2009.
-

- PINA, H. A. **Agroindústria Açucareira e sua Legislação**. São Paulo, 1972.
- PINHEIRO MACHADO, F. de B. **Brasil, a doce terra** – história do setor. 2006.
Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/Conteudo/HistoriadoSetor.asp>>.
Acesso em: 11 ago. 2010.
- RAMÃO, F. P.; SCHNEIDER, I. E.; SHIKIDA, P. F. **A. Padrão tecnológico no corte de cana-de-açúcar: um estudo de caso no Estado do Paraná**. Revista de Economia Agrícola, São Paulo, v.54, n.1, 2007.
- RAMOS, P. **O futuro da ocupação na Agroindústria Canavieira do Brasil**: uma discussão dos trabalhos disponíveis e um exercício de estimativa. Informações Econômicas, São Paulo, v.37, n.11, 2007.
- RANGEL, J. J. A.; FRANCISCO, L. E. S.; NOGUEIRA, V. P.; VIANNA, D. S.; MEZA, E. B. M. **Modelo de Simulação para o Sistema de Corte, Carregamento e Transporte de Cana-de-açúcar um estudo de caso no estado do Rio de Janeiro**. Vértices (Campos dos Goitacazes), v.11, 2009.
- RIPOLI, T. C. C.; CARVALHO FILHO, S. M.; MOLINA JÚNIOR, W. F.; RIPOLI, M. L. C. **Desempenho econômico de colhedora em cana crua**. Engenharia Rural, Piracicaba, v.12, 2001.
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba, 2004.
- RODRIGUES, L. **O Processo de Terceirização e a presença de arranjos institucionais distintos na colheita de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (saccharum spp) na região de Bandeirantes – PR**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.28, n.4, 2007.
-

- SCOPINHO, R. A.; EID, F.; VIAN, C. E. de F.; SILVA, P. R. C. da. **Novas tecnologias e saúde do trabalhador: a mecanização do corte da cana-de-açúcar**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.15, n.1, 1999.
- SMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **O Protocolo**. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/#>>. Acesso em 01 set. 2010
- SILVA, A. F.; FERREIRA, A. C. S. **Um Estudo Teórico Sobre a Contabilização dos Impactos Ambientais no Setor Sucroalcooleiro**. Revista de Contabilidade e Organizações, v.4, 2010.
- SILVA, C. E. C. **Avaliação dos Condicionantes Ambientais nas Perspectivas de expansão da Produção de Etanol no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio/COOPE, Rio de Janeiro, 2010.
- SOARES, R. A. **Vantagens da colheita mecânica de cana**. 2007.
- SOUZA, I. M. G. et al. **Suplemento da Revista SENAC Ambiental**. Editora Senac, 2000.
- SOUZA, R. R. **Panorama, Oportunidades e Desafios para o Mercado Mundial de álcool Automotivo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio/COOPE, Rio de Janeiro, 2006.
- SOUZA A.; CLEMENTE A. **Análise econômico-financeira de projetos, São Paulo, 1998**. In: Clemente A. Projetos empresariais e públicos, São Paulo, 1998.
- SZMRECSÁNYI, T. **O Planejamento da Agroindústria Canavieira do Brasil (1930-1975)**. Editora Hucitec/Unicamp, 1979
-

- TOMAZELA M.; DANIEL L. A.; FERREIRA J. C. **Administração Limpa e Enxuta em Sistemas Hidráulicos de Colhedoras de Cana-de-açúcar**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.2, 2010
- TONETO, JR.; LIBONI, L. B. **Estudo da Competitividade da indústria paulista: Setor sucroalcooleiro**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), São Paulo, 2007.
- TORQUATO, S.A. **O que ocorreu na safra de cana-de-açúcar 2007/2008**. v.3, n.2, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=9218>>. Acesso em 16 set. 2010.
- TRINDADE, S. P.; Manoel Rodrigues Chaves. **Sustentabilidade do Setor Sucroalcooleiro em Goiás**: relação da produção agrícola e impactos ambientais. In: IV Singa, Niterói, 2009.
- UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. **Queima da cana será discutida novamente em Dourados**. 2007. Disponível em: <http://www.udop.com.br/versao_impressao.php?cod=74003>. Acesso em: 31 ago. 2010.
- UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 12 set. 2010.
- VEIGA, C. F. M.; VIEIRA, J. R.; MORGADO, I. F. **Diagnóstico da cadeia produtiva de cana-de-açúcar do estado do Rio de Janeiro**. Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.
- VEIGA FILHO, A. de A. **Estudo do processo de mecanização do corte na cana-de-açúcar: o caso do Estado de São Paulo, Brasil**. Recitec, Recife, v.3, n.1, 1999.
-

- VEIGA FILHO, A. **Fatores explicativos da mecanização do corte na lavoura canavieira paulista.** Inf. Econ., v.28, n.11, 1998.
- VIAN, C. E. F. **Agroindústria canavieira: estratégias competitivas e modernização.** Campinas, 2003.
- VIEIRA, G.; SIMON, E. **Possíveis impactos da mecanização no corte de cana-de-açúcar em consequência da eliminação da queima da palha.** In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Ribeirão Preto, 2005.
- ZYLBERSZTAJN, D.; VIAN, C. E. de F.; MORAES, M. A. F. D. **O processo de terceirização e a presença de arranjos institucionais distintos na colheita da cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
-