

LOGÍSTICA NA COLHEITA MECANIZADA DA CANA-DE AÇÚCAR: CORTE, TRANSBORDO E TRANSPORTE.

Alex de Moraes Machado

alex.machado93@hotmail.com

João Carlos Lopes Vieira

joao.carloslopis@gmail.com

Prof. Esp. Helder Boccaletti

helder.boccaletti@fatec.sp.gov.br

Prof^a. Dr^a. Soraya Sacco Surian

soraya.sacco@fatec.sp.gov.br

Fatec Itapetininga - SP

RESUMO: Os sistemas logísticos são fundamentais para melhorar a eficiência operacional de usinas de cana-de-açúcar, pois atuam na integração de operações agrícolas e industriais. O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de informar sobre a colheita mecanizada e o respectivo processo operacional - desafios e aspectos positivos e negativos. O presente artigo apresenta um estudo de caso do sistema de recepção de cana em uma das maiores usinas do Brasil, a Usina São Martinho, localizada na região de Ribeirão Preto-SP. As principais medidas de desempenho avaliadas no sistema de recepção são relacionadas ao tempo médio em que os veículos permanecem no sistema de recepção e à quantidade média de cana descarregada nas moendas por unidade de tempo. Desta forma, pode-se concluir que a colheita mecanizada é o modelo ideal para

maximizar o rendimento de maneira ambientalmente correta.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Colheita. Recepção. Transporte.

ABSTRACT: Logistics systems are fundamental to improve the operational efficiency of sugarcane mills, since they work for the integration of agricultural and industrial operations. This research was developed with the purpose of informing about the mechanized harvest and operation process, the challenges and the positive and negative aspects. This paper presents a case study of the sugar cane reception system in one of the largest sugar mills in Brazil, São Martinho Mill, located in the region of Ribeirão Preto-SP. The main performance measures evaluated in the receiving system are related to the average time in which the vehicles remain in the receiving system

and the average amount of sugarcane discharged at the mills per unit time. Therefore, it can be concluded that mechanized harvesting is the ideal way for obtaining yield and besides being environmentally correct.

Keywords: Sugar cane. Harvest. Reception. Transportation.

1 INTRODUÇÃO

Uma revolução tem acontecido desde os anos 70 nos canaviais brasileiros, notadamente, na região Centro-Sul do Brasil, com a mão-de-obra manual sendo substituída pela mecanizada. Onde antes trabalhavam 80 pessoas, hoje, o serviço é realizado por uma única colhedora. A operação logística de “Corte”, “Transbordo” e “Transporte”, o chamado CTT, passa por uma evolução que visa alavancar a produtividade no setor sucroenergético (FIORINI, 2012).

As mudanças foram impulsionadas pelo Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético, um acordo entre as usinas e o Governo do Estado de São Paulo, o primeiro a ser implementado, no Brasil, com definições específicas sobre o plantio e outras providências importantes para sustentabilidade da produção. Criado em 2007, o protocolo, uma vertente do Programa Etanol Verde, promove, entre outros aspectos, a antecipação dos prazos legais para o fim da queima controlada da palha da cana, necessária para a colheita manual (FIORINI, 2012).

De acordo com essas diretrizes, o prazo para erradicar essa prática

arraigada no setor é 2014, nas áreas mecanizáveis, e 2017, nas áreas não mecanizáveis, aquelas que apresentam uma declividade superior a 12%. Os índices variam de região para região, mas segundo Fiorini (2012), entre 60% e 80% da safra nacional já contam com colheita mecanizada.

As transformações na logística do CTT vão além das questões ambientais. Impactam diretamente no lado humano dessa operação e na visão tão enraizada que se tem das condições precárias para a realização desses serviços. Os trabalhadores estão deixando as extenuantes jornadas de trabalho de colheita manual da cana para trabalhar em outras funções para as quais está sendo capacitados, como operar as colhedoras.

Este trabalho tem por objetivo apresentar as condições e a sistematização logística da colheita mecanizada de cana de açúcar no campo, os veículos de transporte até as usinas e o sistema de recepção da cana nas usinas.

2 METODOLOGIA

Segundo André (2005), a pesquisa em questão se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo. A coleta dos dados e sua análise se dão da mesma forma que nas pesquisas de campo, em geral.

No setor sucroalcooleiro a simulação tem sido utilizada para investigar novas estratégias gerenciais e equipamentos, a um custo relativamente baixo para as usinas. Conforme mencionado, alguns trabalhos que utilizaram a metodologia e simulação para analisar sistemas desse setor podem ser encontrados em Lopes (1995).

Os dados foram coletados na Usina São Martinho localizado em Ribeirão Preto - SP em períodos considerados típicos do meio da safra (junho). Os dados coletados na balança correspondem ao tipo de cana, ao tipo de caminhão, ao número do caminhão, à carga transportada por cada caminhão, à origem da cana (própria ou de terceiros) e aos momentos de entrada e saída de cada caminhão do sistema de recepção de cana.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A COLHEITA MECANIZADA

Segundo Braunbeck (1999), surgiu na década de 50, na Austrália, o princípio mecânico de colheita de cana de açúcar atualmente utilizado no Brasil, o qual combina a operação de colheita com a de carregamento, ilustrada na figura 1. Trata-se de equipamento que corta uma linha por vez, utiliza um veículo que trafega paralelamente à colhedora para receber a matéria-prima, separa parte significativa das folhas e ponteiros e os lança simultaneamente ao solo da área colhida.

Figura 1 - Colhedora mais transbordo.

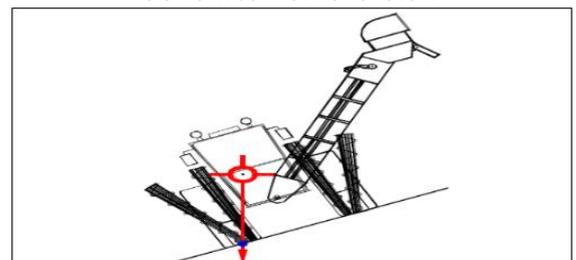


Fonte: Valtra, 2017.

3.1.1 A estabilidade ao tombamento lateral ou longitudinal

A estabilidade ao tombamento em conjunto com as deficiências de dirigibilidade, limitam a utilização das colhedoras de uma linha a terrenos com declividades não superiores a 12%. Para o Braunbeck (1999), áreas de terreno com uma inclinação superior a 12%, é a principal condição responsável para serem consideradas áreas canavieiras não aptas para a colheita mecanizada, outros fatores que interferem diretamente nesse tipo de colheita é a presença de obstáculos como pedras, árvores e redes elétricas. A figura 2 abaixo mostra a condição desfavorável de declividade no terreno.

Figura 2 - Condição limite de estabilidade ao tombamento lateral.



Fonte: Braunbeck, 1999.

3.1.2 Corte de ponteiros

Durante o processo de colheita da cana-de-açúcar, existe a necessidade de retirar os ponteiros visando aumentar e eficiência industrial de extração de açúcar e reduzir o custo de transporte da matéria-prima (BRAUNBECK, 1999). O dispositivo utilizado na colhedora está apresentado em destaque na figura 3. Na prática, as maiores dificuldades para a realização dessa operação são a visibilidade do topo da cana, a irregularidade no tamanho de cada cana, e a condição de colheita do canavial (ereto ou deitado). O ajuste do corte é realizado manualmente pelo operador de dentro da colhedora que visualiza o ponteiro da cana.

Figura 3 - Despontador da colhedora de cana.



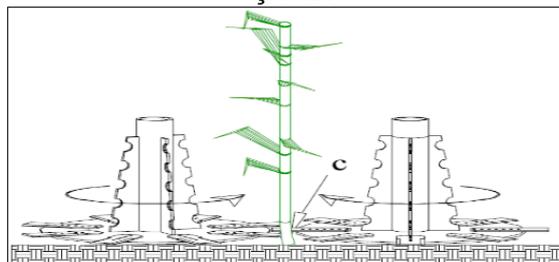
Fonte: Magalhães, 2017.

3.1.3 Corte de basal da cana

De acordo com Braunbeck (1999), os dois discos do sistema atualmente em uso, ilustrado na figura 4, definem um plano de corte de aproximadamente 1,5 m de largura, plano esse que deve descer até a base da cana, rente ao solo, para evitar perdas (tocos). Nesse processo o equipamento é conduzido por um dispositivo *autotrack* que identifica as

irregularidades do terreno, evitando assim cortes do solo, que danificam as facas dos discos de corte, contamina a cana colhida e causa desgaste prematuro no equipamento.

Figura 4 - Facas de corte basal da cana-de-açúcar.



Fonte: Braunbeck, 1999.

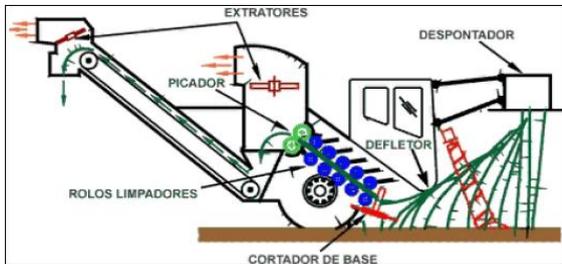
3.1.4 Alimentação da colhedora

O processo de colheita começa com o corte basal da cana-de-açúcar, deixando o toco da cana com uma altura de 3cm em relação ao solo. Junto com o corte basal, é feito o despontamento da cana conforme pode ser observado na figura 3 (BRAUNBECK, 1999).

Dentro da colhedora, a cana é transportada com auxílio de engrenagens até o picador, que realiza o corte deixando-a em toletes entre 15 a 20 cm de comprimento; durante o processo do picador, a cana passa pelo 1º extrator de resíduos vegetais, processo que funciona por sucção, pelo quais apenas materiais leves é sugados, como palhas, que não são utilizados na produção de açúcar e álcool. Após a primeira extração de resíduos, a cana é transportada por um elevador até a saída, passando por mais um processo de extração de resíduos até

o depósito do material no transbordo como pode ser observado na figura 5.

Figura 5 - Funções de uma colhedora australiana.



Fonte: Braunbeck, 1999.

3.1.5 Transferência da cana picada (transbordo)

A massa resultante na colheita da cana-de-açúcar é elevada o que obriga a transferência da colhedora para um veículo de transbordo que trafega em paralelo, ilustrado na figura 6. A utilização de cana picada facilita o manuseio a granel que permite transferir o material, em queda livre, a um transporte que acompanha a colhedora, com densidade de carga suficiente para viabilizar economicamente o transporte. Este conceito permitiu eliminar a operação de carregamento e seus respectivos custos.

Figura 6 - Transbordo de cana picada.



Fonte: Lopes, 2006.

3.2 TRANSPORTE DE CANA

O transporte de cana-de-açúcar teve uma evolução significativa, passando dos caminhões toco, para o sistema romeu e julieta, para treminhões e para rodotrens, sistema de transporte mais econômico, operando com uma quantidade menor de caminhões e obtendo várias vantagens operacionais (LYRA, 2012). A figura 7 ilustra as composições mais comuns do transporte de cana-de-açúcar:

Figura 7 - Descrição das composições mais comuns do transporte de cana-de-açúcar.

COMPOSICAO	ESQUEMA	DESCRICAO
Truck/Toco/Caminhão simples		Caminhão plataforma
Romeu e Julieta/Biminhão		Caminhão plataforma com uma carreta acoplada
Treminhão		Caminhão plataforma com duas carretas acopladas
Rodotrem		Cavalo mecânico com dois semi-reboques acoplados

Fonte: Silva, 2006.

Segundo Silva (2006) têm-se os tipos de transporte de cana-de-açúcar e a capacidade de carga:

- **Caminhão simples:** transportam cana-de-açúcar inteira (capacidade: 15 toneladas, motorização de 130 cv);
- **Romeu e Julieta:** transportam cana-de-açúcar inteira (capacidade: 30 a 35 toneladas, motorização até 320 cv);
- **Treminhão:** transportam cana-de-açúcar picada (capacidade: 50 a 55 toneladas, carretas de 8 m) e cana-de-açúcar inteira (capacidade: 40 a 50 toneladas, motorização acima de 360 cv);
- **Rodotrem:** transportam cana-de-açúcar picada (capacidade: 60 a 80 toneladas, carretas de 12,50 m) e cana-de-açúcar

inteira (capacidade: 40 a 55 toneladas, motorização acima de 400 cv).

A densidade do transporte depende do tipo da cana-de-açúcar (torta, reta, diâmetro do tolete e impurezas). Por exemplo, a cana-de-açúcar torta aumenta os espaços vazios diminuindo a densidade da carga; já a cana-de-açúcar inteira quando transportada em carretas indicadas para cana-de-açúcar picada também tem a sua densidade reduzida devido à acomodação.

O rodotrem com bate-volta é o transporte mais econômico por fazer mais viagens/dia, ou seja, o caminhão não espera para carregar nem para descarregar na usina. O dimensionamento do transporte é realizado de acordo com a cana-de-açúcar total a ser transportada/dia ou por hora de moagem e o tipo de transporte. A quantidade de cana-de-açúcar transportada/dia é basicamente a mesma durante todo o período de safra, obedecendo a um planejamento prévio limitado pela capacidade de moagem da usina. A distância ideal (raio médio) tem sido adotada pelas usinas de 20 a 30 quilômetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SISTEMA DE RECEPÇÃO DE CANA

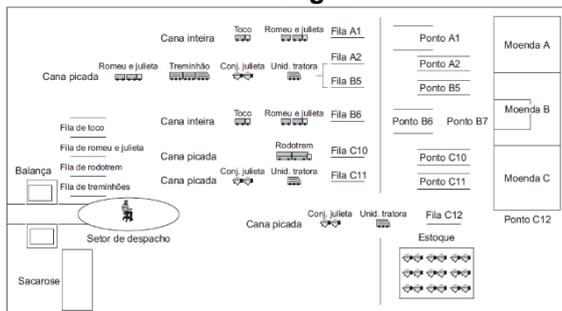
A Usina São Martinho tem tido efetiva participação nos processos evolutivos do setor sucroalcooleiro, com investimentos

próprios em pesquisas e em modernização, alcançando, assim, altas taxas de produtividade que a colocam entre as maiores do mundo, e em particular, o setor de transporte de cana tem representado papel de destaque no processo de modernização e de investimentos em pesquisas dessa usina.

Os principais focos estão relacionados à economia de combustível, à racionalização da frota e à manutenção do fluxo de cana para alimentar as moendas. Uma das metas a serem atingidas no sistema de transporte é a redução da ociosidade e do tempo de ciclo dos caminhões, compreendido desde a entrada do caminhão na usina, seu descarregamento e seu retorno ao campo, seu carregamento no campo, até sua chegada a usina, novamente. Busca-se dessa forma, a otimização das operações que envolvem esses veículos cuja ociosidade, nas áreas agrícola e industrial, resulta em altos custos para a usina.

A figura 8 apresenta resumidamente o sistema de recepção de cana na Usina São Martinho (trajetória da balança até as moendas).

Figura 8 - Sistema de recepção de cana na usina: balança, setor de despacho e descarga.



Fonte: Morabito, 2002.

Ao chegarem à usina, os veículos passam pela balança, onde são coletadas, entre outras informações, o peso e o número do caminhão. Antes de seguirem para o setor de despacho, alguns veículos devem ser sorteados para realizarem teste de sacarose por amostragem no laboratório. Após receberem a ordem de despacho nesse setor, os veículos seguem para o ponto de descarga e esperam para descarregar nas esteiras das moendas (descarga) de acordo com a especificidade de cada caminhão e a capacidade da moenda.

A ordem de prioridade dos veículos em cada fila está indicada na figura 8. A usina possui três moendas: as moendas A e B moem cana inteira e picada, possuem, respectivamente, dois e três pontos de descarga (A1, A2, B5, B6 e B7) e capacidade de moagem de 450 t/h. A moenda C moe apenas cana picada, possui três pontos de descarga (C10, C11 e C12) e capacidade de moagem de 600 t/h; após a descarga da cana nas esteiras das moendas, os veículos retornam ao campo para carregar e reiniciar o ciclo. Se

o motorista julgar necessário, o caminhão deve passar antes pelos serviços de manutenção e borracharia, evitando a ocorrência de problemas mecânicos durante o transporte fora da usina.

Na Usina São Martinho, no período da realização da pesquisa de campo, cerca de 30% de toda a cana transportada era do tipo cana inteira e 70%, do tipo picada. Dadas às diferenças técnicas e operacionais na descarga de cana inteira e picada, a política de despacho de caminhões carregados no setor de despacho, depende do tipo de caminhão, da situação das filas e da quantidade de cana a ser descarregada nos pontos de descarga. Assim, após devidamente identificados os tipos de cana e de caminhão, o operador responsável pelo despacho determina em quais pontos de descarga que o veículo pode descarregar.

O operador deve saber identificar, pelo número de veículos em fila nos pontos de descarga e pela capacidade das moendas que são abastecidas por esses pontos, pela quantidade de cana em espera e disponível para ser moída. A decisão de despacho é realizada de forma que não ocorra falta ou excesso de cana para alimentar as moendas.

São quatro os tipos de caminhões (rodotrem, treminhão, romeu e julieta e toco), cada um com características diferentes, que podem ou não competir pelo mesmo ponto de descarga. Na tabela 1 são apresentados os tipos de caminhões em operação na Usina São Martinho, o

número de caminhões de cada tipo, o tipo de cana que transportam além dos pontos de descarga nas moendas por ordem de prioridade.

Tabela 1 - Tipo de caminhão e respectivos pontos de descarga nas moendas.

Tipo de Caminhão	Número de Caminhões	Tipo de Cana	Pontos de Descarga	Moenda
Rodotrem	8	Picada	C ₁₀	C
Treminhão	50	Picada	C ₁₁ , C ₁₂ , A ₂ , B ₅	A, B, C
Romeu e Julieta (Cana picada)	60	Picada	A ₂ , B ₅ , C ₁₁ , C ₁₂	A, B, C
Romeu e Julieta (Cana inteira)	12	Inteira	A ₁ , B ₆ , B ₇	A, B
Toco	6	Inteira	A ₁ , B ₆ , B ₇	A, B

Fonte: Morabito, 2002.

O caminhão rodotrem transporta em média 65 toneladas de cana picada, possui um ponto específico de descarga (C₁₀ na moenda C, conforme tabela 1); existem situações em que seu descarregamento pode impedir o descarregamento de outro tipo de caminhão em um ponto adjacente ao seu (por exemplo, qualquer veículo que descarrega no ponto C₁₁), uma vez que esse caminhão tem prioridade de descarga.

O treminhão é composto de “cavalo” e três carretas acopladas, e carrega em média 45 toneladas de cana picada. A política de despacho do treminhão depende da quantidade de caminhões de cana inteira no pátio da usina, ou seja, se há cana inteira suficiente para alimentar as moendas. Se a quantidade for suficiente, o treminhão desacopla duas carretas no estoque intermediário (figura 8) do pátio e descarrega a carreta restante no ponto de descarga com menor fila. Se o estoque estiver completo, o treminhão

espera em fila no setor de despacho com suas três carretas.

O terceiro tipo de caminhão é o romeu e julieta, que carrega em média 25 toneladas e transporta a maior parte da cana inteira da usina, além de parte da cana picada. Note, que na tabela 1, o romeu e julieta representa o maior número de veículos da usina (72 caminhões, ou seja, 53%).

A usina também possui, um número reduzido de caminhões do tipo toco, que carregam cana inteira, porém, diante da atual tendência de redução de transporte de cana inteira, o número de caminhões romeu e julieta e toco vem sendo reduzido. A política de despacho para esses caminhões depende do tamanho da fila em frente aos pontos de descarga de cana inteira. Se a fila for menor que um determinado número de veículos (variando de 5 a 6), o caminhão descarrega no ponto de menor fila; caso contrário, ele permanece em fila na estação de despacho. Um exemplo de regra de despacho dos caminhões é apresentado a seguir para ilustrar como essas regras estão estruturadas.

4.2 RECEPÇÃO DA MÁTERIA-PRIMA

Após o veículo ter passado pela balança e pela sonda que retira uma amostra de matéria-prima para a certificação da qualidade, ele pode se dirigir para duas áreas da usina: pátio de estoque ou descarregamento direto na

mesa de recepção. Determinar onde ocorrerá o descarregamento é função da operacionalização da usina e do sistema de colheita corrida (corte manual ou mecanizado).

As figuras 9 e 10 abaixo mostram a coleta de amostra e o descarregamento da cana na mesa de recepção:

Figura 9 - Coleta de amostra de cana para análise.



Fonte: Rossetto, 2006.

Figura 10 - Descarregamento de cana na usina.



Fonte: Dias, 2014.

4.3 DESAFIOS DA COLHEITA MECANIZADA

De um modo geral, uma máquina colhe, em média, 500 toneladas de cana-de-açúcar por dia, média da safra 2014/2015. Esse número poderia dobrar com uma melhor sistematização no plantio da cana, um dos grandes desafios do setor no momento, segundo Fiorini (2012). E isso interfere diretamente no desempenho da operação logística.

Ainda de acordo com o autor, uma cana plantada de forma inadequada tem uma produtividade reduzida por até cinco anos, tempo médio para o fechamento de um ciclo e início da reforma do canavial. No estudo realizado, a renovação dos canaviais é lenta, muitos deles ainda mantêm o plantio visando à colheita manual. Para uma boa colheita mecânica, surgiram outras necessidades, como variedades de cana mais adequadas à mecanização, bem como processos de plantio que otimizam o processo de corte mecanizado e minimizam perdas.

Outro ponto que requer um maior desenvolvimento é o melhor aproveitamento da palha. As usinas especializam-se cada vez mais em cogeração de energia retirada do bagaço da cana. Mas, jogada no campo, fica, ainda hoje, boa parte da palha já comprovadamente com valor energético superior ao do bagaço, afirma Fiorini (2012). Sua utilização encontra-se em fase inicial. Abre-se, então, uma nova oportunidade para o setor e para novas técnicas de desenvolvimento dessa logística. Os custos dessa operação serão determinantes para viabilizar a recuperação e o uso econômico da palha de cana.

As possibilidades de desenvolvimento no mercado sucroenergético são múltiplas. O campo está aberto para as “operações dedicadas”, conceito que mostra que a logística vai muito além do simples transporte de um produto de um

lugar para outro. Está no aprendizado, do dia a dia, de cada aspecto do processo e na busca pelo seu aprimoramento constante.

4.4 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA COLHEITA

Para a revista Nova Cana (2013), a colheita da cana envolve cinco operações muito simples: o corte dos colmos na base, o corte dos ponteiros, a alimentação dos colmos para o interior da colhedora, a retirada das folhas e a picagem (opcional). No entanto, os processos atuais para efetuar essas operações não o fazem de maneira eficiente.

O corte de base, se realizado manualmente, envolve problemas ergonômicos que afastam a mão de obra dos canaviais e é uma fonte contínua de geração de tensão entre produtores e associações de cortadores. Em contrapartida, o corte de base mecanizado está associado a perdas significativas e contaminação da matéria-prima com terra.

Em relação ao corte dos ponteiros frequentemente não é realizado. No caso da colheita mecânica, por deficiência dos mecanismos responsáveis por essa função, e no corte manual, porque prejudica a produtividade do cortador.

De acordo com a revista Nova Cana (2013), o tráfego intenso dos equipamentos de colheita e transporte nas entrelinhas de plantio representa, também, uma restrição importante deste sistema de

colheita. Especialistas em solos orientam conservar a estrutura do solo para conseguir manter níveis de produtividade elevados. A colheita mecânica praticada atualmente não está alinhada a essa recomendação. Produzir com um mínimo de interação com o meio é o grande desafio da sustentabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar, desde que sejam tomados os devidos cuidados para minimizar perdas, apresenta-se como uma técnica promissora ao substituir a manual, tanto em relação à preservação do meio ambiente, quanto em relação à velocidade de colheita, o que acaba se traduzindo em desempenho econômico. Entretanto, devido ao alto custo de implantação e a problemas com relação à compactação do solo, deve-se avaliar caso a caso a viabilidade ou não desse tipo de colheita.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, Marli E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Líder Livro, 2005.

BRAUNBECK, O. **Biomass and bioenergy**, 1999. p. 495-506

DIAS, Nivaldo N. **O descarregamento de cana na usina monte verde**. il. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9l8OjsUrdMk>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

FIORINI, A. **Logística: A revolução logística nos canaviais.** Como a mecanização está mudando a face do mercado sucroenergético, Rio de Janeiro, set. 2012.

LOPES M. B. **Simulação de um sistema de carregamento e transporte de cana-de-açúcar.** Piracicaba-SP: 1995.

LYRA, G. A. **Consumo de combustível de duas colhedoras de cana-de-açúcar em função da velocidade e rotação de motor.** 2012.

MAGALHÃES P., **Máquinas e implementos.** Il. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_73_22122006154841.html>. Acesso em: 27 mai. 2016.

MORABITO, A. P. L. R. **Gestão e produção,** Il. v.9, n.2, p.107-128, 2002.

NOVA CANA. **Colheita da Cana para produção de açúcar e etanol.** Disponível em: <<https://www.novacana.com/cana/colheita-da-cana-producao-acucar-etanol/>>. Acesso em: 01 out. 2016.

ROSSETTO, R. **Qualidade de matéria-prima.** Il. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_138_22122006154842. >. Acesso em: 19 fev. 2016.

SILVA, J. E. A. R. **Desenvolvimento de um modelo de simulação para auxiliar o gerenciamento de sistemas de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar.** 2006.

VALTRA. **Colhedora de cana-de-açúcar BE 1035e.** il. Disponível em:< <http://www.valtra.com.br/produtos/solucoe>

s-canavieiras/colhedoras>. Acesso em: 27 mai. 2017

