

## ARTIGO TÉCNICO

### ADMINISTRAÇÃO LIMPA E ENXUTA EM SISTEMAS HIDRÁULICOS DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

MAURO TOMAZELA<sup>1</sup>, LUIZ A. DANIEL<sup>2</sup>, JOSÉ C. FERREIRA<sup>3</sup>

**RESUMO:** Dentre as importantes mudanças nos processos de produção, está à necessidade de garantir sustentabilidade aos empreendimentos. Isso faz prever mudanças na gestão empresarial para adequar-se a um novo modelo, com a inserção dos conceitos de Produção Limpa, Mais Limpa, Enxuta e Manutenção Produtiva Total (MPT). O foco principal deste trabalho foi elaborar uma metodologia que possibilitou aumentar a confiabilidade nos sistemas hidráulicos das colhedoras de cana-de-açúcar, identificando e analisando os modos de falhas, visando à melhoria da qualidade ambiental e socioeconômica em uma indústria sucroalcooleira, promovendo a diminuição significativa do desperdício de óleo hidráulico durante o processo de colheita motomecanizada. O histórico existente no controle do planejamento da empresa, utilizado na Usina sucroalcooleira, permitiu a avaliação do desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar durante três safras. Durante esse período, por meio da elaboração e da efetivação de um controle total, acompanharam-se os modos de falhas no sistema hidráulico de cinco colhedoras. Com base na metodologia desenvolvida, elaborou-se um programa computacional para processar os dados obtidos e facilitar a tomada de decisões.

**PALAVRAS-CHAVE:** produção limpa, produção enxuta, manutenção produtiva total.

### CLEAN AND LEAN ADMINISTRATION IN HYDRAULIC SYSTEMS OF SUGARCANE HARVESTERS

**ABSTRACT:** Among the important changes in the production processes, it is necessary to guarantee the sustainability of the human enterprises, what makes us to foresee changes in the managerial administration to adapt to a new model, with the insert of the concepts of Clean Production, Cleaner, Lean and Total Productive Maintenance (TPM). The main focus of this work was to elaborate a methodology that made it possible to guarantee the reliability in the waterworks of the sugarcane harvester, identifying and analyzing the manners of flaws, in order to result in the improvement of the environmental and socioeconomic quality in the atmosphere of an industry of sugarcane through the significant decrease of hydraulic oil spill. Through the existent report in ERP (Enterprise Resource Planning), used in a Sugarcane Industry Plant, it was possible to accompany of the operational acting of the sugarcane harvester used during 03 crops, regarding the manners of flaws in the waterworks of the same ones, and, in one of the crops it was elaborated the total control of the waterworks of 5 harvesters. Based on the obtained data and the developed methodology it was possible to develop a software that specifies the electric outlet of decisions.

**KEYWORDS:** clean production, lean production, total productive maintenance.

### INTRODUÇÃO

Para permanecer entre os maiores produtores mundiais de etanol, o Brasil deverá ter uma produção suficiente para substituir 10% da demanda por gasolina em 2025, aumentando a área de cultivo de cana-de-açúcar e adotando tecnologias que elevem a produtividade e garantam a sustentabilidade desse processo (UNICA, 2007). Entende-se por sustentável os processos cujas

<sup>1</sup> Tecnólogo em Processos de Produção, Prof. Doutor, FATEC, Tatuí - SP, tomazela@terra.com.br.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Titular, FEAGRI-UNICAMP, Campinas - SP, FATEC, Indaiatuba - SP.

<sup>3</sup> Tecnólogo em Mecânica, Prof. Doutor, FATEC, Sorocaba - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 10-1-2008

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 30-10-2009

ações atendam às necessidades das gerações atuais, ao mesmo tempo em que preservam os ecossistemas para que se possam atender às demandas das gerações futuras (ABBOTT et al., 2002).

Nesse sentido, na produção sucroalcooleira do Brasil, a expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar deve ser acompanhada pela mecanização de sua colheita, que hoje corresponde apenas a 25% da área colhida (UNICA, 2007).

Segundo TOMAZELA (1999), produzir mais com qualidade e menor custo, preservando a qualidade de vida sem degradação ambiental, adquirindo competitividade e desenvolvimento socioeconômico são os grandes desafios da atualidade. Tais desafios só podem ser superados mediante o registro, análise e conhecimento de todas as etapas do processo produtivo.

TOMAZELA et al. (2002) afirmam que a aplicação da Manutenção Produtiva Total (MPT) aliada à Administração Limpa e Enxuta (ALE) ocasionam a redução dos impactos ambientais e a melhoria da produtividade.

A ABNT (1971) define manutenção como ações necessárias para que determinado item seja conservado ou restaurado de modo a permanecer em uma condição específica.

Os autores FLEMING & FRANÇA (1997) e RIIS et al. (1997) entendem que a Manutenção Produtiva Total (MPT) visa a maximizar a eficiência geral dos equipamentos e a eliminação dos desperdícios de produção, preservando e prolongando o período de vida entre falhas e da vida total dos sistemas.

Para GERAGHERTY (2000), a visão moderna da manutenção está voltada para preservar as funções dos bens físicos com o propósito de assegurar que as máquinas sejam capazes de realizar o que os usuários desejam, quando eles querem que elas assim o façam.

Segundo DIAS (1997), manutenção é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções, sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos, e confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.

Para a UNEP (1995), Produção limpa é entendida como sendo “a contínua aplicação de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada a processos, produtos e serviços, para aumentar a ecoeficiência e reduzir riscos humanos e ao ambiente”.

Sendo assim, com o objetivo de desenvolver-se uma metodologia que propicie o aumento da confiabilidade nos sistemas hidráulicos das colhedoras de cana-de-açúcar, desenvolveu-se um *Software* para identificar a significância das falhas no desperdício de óleo hidráulico. Para tanto, no desenvolvimento e na estruturação desse *software*, foram aplicados métodos de manutenção de equipamentos agrícolas baseados no Programa de Melhoria da Manutenção Produtiva Total (PMMPT) aplicado particularmente na empresa agroindustrial, foco deste estudo, e na Administração Limpa e Enxuta (ALE) em geral.

## **METODOLOGIA**

Para atingir o objetivo proposto, foi elaborada uma metodologia para a análise dos modos de falhas e suas causas, identificando as ocorrências, a severidade e outras variáveis capazes de reduzir a chance de uma falha ocorrer.

Pelo acompanhamento de três safras, e de um controle pormenorizado durante a safra de 2005/2006 em cinco colhedoras de cana-de-açúcar da marca CASE - série 7700, modelos de 1997 a 2003, com sistema hidráulico composto basicamente de 20 cilindros, 41 motores, quatro bombas, um divisor de fluxo e 22 válvulas, da frota de uma usina produtora de açúcar e álcool, localizada no Estado de São Paulo, próxima da região de Ribeirão Preto, foi possível alimentar um sistema de banco de dados e estabelecer base para análise de confiabilidade e manutenção em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana.

A sequência abaixo foi criada para a elaboração da metodologia:

1. Seleção das colhedoras;
2. Identificação e análise dos modos de falhas;
3. Estabelecimento de indicadores para avaliar a significância dos modos de falha;
4. Elaboração de fichas de controle de modos de falha do sistema hidráulico das colhedoras;
5. Inclusão dos modos de falhas no sistema ERP;
6. Elaboração da metodologia que evite as falhas no sistema hidráulico das colhedoras;
7. Elaboração de um organograma denominado “OFCE” (Organograma de Falhas Componente - Elemento), e
8. Elaboração de um *software* específico para estabelecer a significância das falhas com auxílio do organograma denominado “OFCE”.

As colhedoras autopropelidas para cana-de-açúcar estudadas possuem sistema hidráulico composto de diversos componentes de máquinas, entre mangueiras, conexões, anéis de vedação, carcaças, parafusos e outros, nas quantidades e tipos descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Componentes dos sistemas hidráulicos das colhedoras. **Components of the hydraulic systems of the harvesters.**

Componente	Bombas	Motores	Cilindros	Válvulas	Div. Fluxo	Totais
Quantidade	4	41	20	22	1	88
Tipos	1	16	13	10	1	41
Itens	363	640	241	2.132	59	3.435
%	10,58%	18,65%	7,02%	62,02%	1,73%	100%

Em virtude do tráfego intenso de veículos pesados durante o período de colheita e a complexa logística desenvolvida em mais de 100.000 hectares de área plantada, optou-se por desenvolver o trabalho de acompanhamento às colhedoras em apenas uma única frente de trabalho. Pela análise do desempenho operacional de cada uma das colhedoras nas safras anteriores, foram inicialmente selecionadas para monitoramento as colhedoras identificadas como B, D e E, dentre 42 colhedoras que compõem a frota de colheita e que apresentam características de desempenho operacional e de desperdício de óleo hidráulico semelhante. O monitoramento iniciou-se em 15-4-2005 e encerrou-se em 12-11-2005, correspondendo, portanto, ao período da safra de 2005/2006. A partir de 1<sup>o</sup>-8-2005, foram incluídas ao grupo de colhedoras monitoradas as máquinas identificadas como A e C. Tal procedimento foi adotado em virtude de que o simples sistema de controle de falhas implantado já apresentava redução no desperdício de óleo hidráulico e, portanto, esse aumento de colhedoras monitoradas proporcionaria um controle de avaliação mais consistente.

Os modos de falha que ocorrem no sistema hidráulico das colhedoras de cana foram subdivididos em Antrópicos e Mecânicos. Os modos de falhas antrópicos estão associados a aspectos culturais e à qualificação do operador. Os modos de falhas mecânicas dizem respeito a rompimento de mangueiras, desapertos e trincas em conexões e elementos de fixação, obtidos por meio de dados (ERP) disponibilizados referentes às safras de 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006. No sentido de aprimoramento do Programa de Melhoria da Manutenção Produtiva Total (PMMPT), com base no ERP, foi realizado um levantamento de informações por meio de “Ficha de controle de falhas do Sistema Hidráulico” (Tabela 2), desenvolvida como objeto de monitoramento e base de dados para este trabalho.

TABELA 2. Ficha de controle de falhas do Sistema Hidráulico das colhedoras monitoradas.  
**Control chart of the failures in the hydraulic systems of the monitored harvesters.**

CONTROLE DE FALHAS NO SISTEMA HIDRÁULICO SAFRA 05/06										DATA - _/ _/ _		Nº. COLHEDORA _			FRENTE —		
HORIM. COLHED.	QUEBRA		INÍCIO REPARO		FIM REPARO		PEÇA TROCADA		DEFEITO COMPARTIMENTO (Ex. Vazamento Bloco Elevador).	DESCRIÇÃO DA CAUSA DO DEFEITO - Ex. (Rompeu anel vedação).	ÓLEO HIDRÁULICO (LTS)			INFORMAÇÕES ÁREA DA COLHEITA			Nº CONTROLE DO OPERADOR
	DATA	HORA	DATA	HORA	DATA	HORA	CÓD. MAT.	QTDE			REMONTA	TROCA	À SER RECUP.	MAPA	GLEBA	Nº CORTE	

Com base nos dados do “Desempenho Operacional” obtidos pelo ERP da empresa, os indicadores de desempenho, onde consta o desperdício de óleo hidráulico, consumo de óleo diesel e toneladas colhidas que foram tabulados. A partir dos dados tabulados, calculou-se, para cada colhedora, o indicador de melhor desempenho operacional da máquina (MDOM), apresentado na eq.(1):

$$MDOM = \frac{P}{CC \cdot DO} \quad (1)$$

em que,

MDOM - melhor desempenho operacional da máquina, t h L<sup>-2</sup>;

P - produtividade, t h<sup>-1</sup>;

CC - consumo de óleo diesel, L h<sup>-1</sup>, e

DO - desperdício de óleo hidráulico, L h<sup>-1</sup>.

O MDOM está relacionado à maior quantidade de cana colhida em relação ao menor consumo de óleo diesel e ao menor desperdício de óleo hidráulico, comparando as máquinas estudadas.

A partir das informações fornecidas pelos operadores das colhedoras, foi elaborado um organograma hierarquizado em níveis de falhas, denominado “Organograma dos principais níveis de falhas (Componente - Elemento) (Figura 1)”. Os níveis de falhas foram assim hierarquizados:

Nível 1: (A1) Condutores Hidráulicos; (B1) Motores Hidráulicos; (C1) Pistões Hidráulicos.

Nível 2: (A2) Mangueiras e Conexões; (B2) Anéis e Vedações e Desapertos; (C2) Trincas e Anéis e Vedações.

Nível 3: (A3) Ressecamento, Abrasão, Desapertos e Trincas; (B3) Ressecamento, Rompimento, Fixação e Quebra de Elemento; (C3) Fadiga, Quebra acidental, Ressecamento e Rompimento.

A necessidade de determinar as falhas potenciais que provocam desperdício de óleo, conforme a sua significância, conduziu à elaboração de um *software* que, ao ser alimentado com os dados coletados pela “Ficha de Controle”, serve como ferramenta para decisões quanto às ações a serem tomadas, objetivando a eliminação do desperdício de óleo hidráulico proposto pela metodologia.

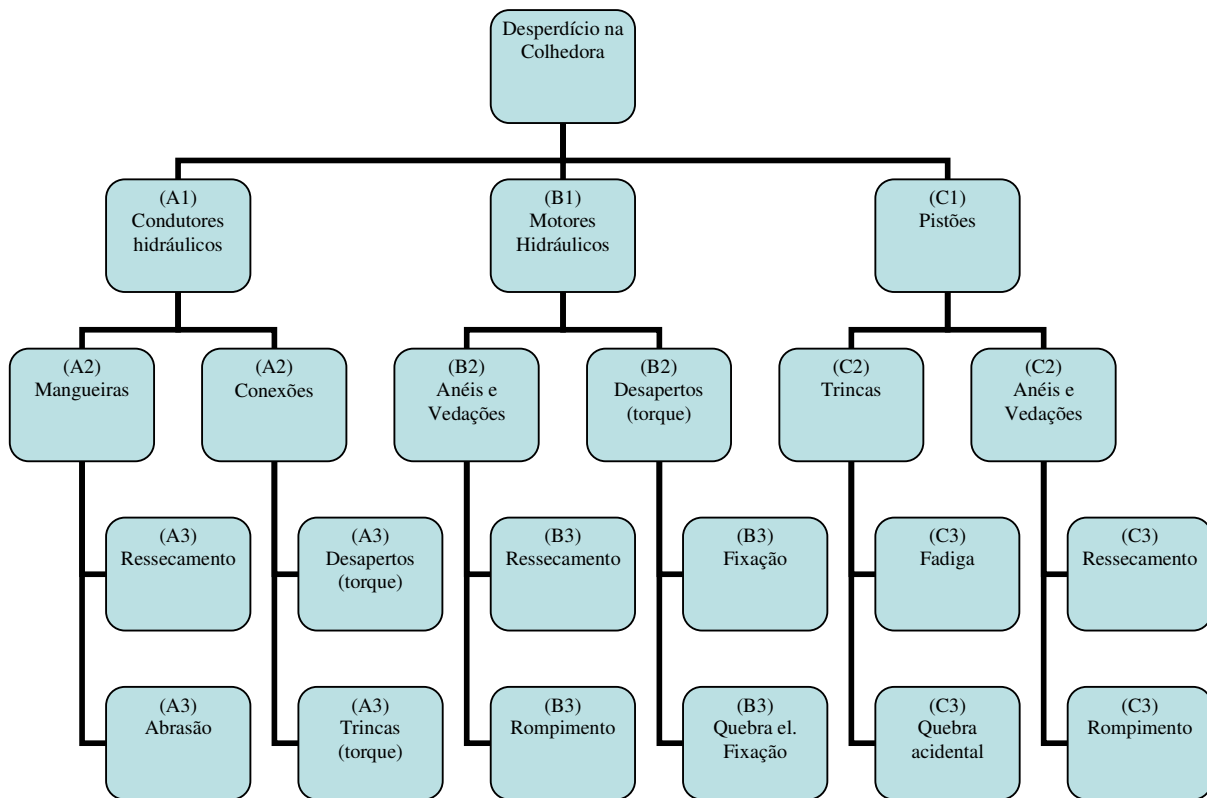


FIGURA 1. Organograma dos principais níveis de falhas (componente – elemento) em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana-de-açúcar. **Organogram of the main failure levels (component – element) in sugarcane harvesters hydraulic systems.**

O desenvolvimento do *software* foi baseado no organograma apresentado na Figura 1, onde, pela identificação da cadeia de falhas, respeitando-se os níveis hierárquicos, estabeleceram-se os três níveis de falhas principais que ocorreram no sistema.

Na sequência, são apresentados os procedimentos necessários para a aplicação do *software*. Na Figura 2, verifica-se que na tela de entrada existe uma “Barra de Ferramentas” composta de “Sistema”, “Cadastro” e “Utilitários”.

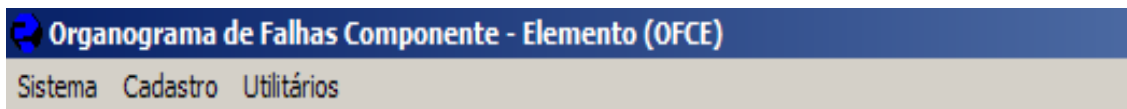


FIGURA 2. Tela principal do *software* “OFCE” com a barra de Ferramentas. **Main screen of the software “OFCE” with the toolbar.**

Ao clicar em “Sistema”, abre a opção “Pesquisar”, que, ao ser acionada, abre a tela demonstrada na Figura 3, permitindo verificar os dados por períodos.

FIGURA 3. Tela de pesquisa para visualizar relatórios de desperdício, por máquina, operador, falha, componente ou por nível, considerando um período selecionado. **Research chart for visualizing waste reports by machine, operator, failure, component, or level, considering a specific period.**

Ao clicar em “Cadastro”, abrem as diversas opções de “Nível” para cadastrar as ocorrências. Ao clicar em “Utilitários”, abrem os diversos itens de “Manutenção”, permitindo criar outros níveis (até 99) além dos três criados para este trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados os dados de massa colhida, consumo específico e desperdício de óleo, obtidos nas Fichas de Controle, para as cinco colhedoras avaliadas ao longo da safra de 2005/2006.

TABELA 3. Dados obtidos nas Fichas de Controle da safra de 2005/2006 para as colhedoras selecionadas. **Data obtained in the Control Charts of the 2005/2006 harvest for the selected harvesters.**

Colhedora	Dias Trabalhados	Horas Trabalhadas (h dia <sup>-1</sup> )	Produção (t)	Produtividade		Consumo de Óleo Diesel (L)	Desperdício de Óleo Hidráulico (L)	Consumo Específico de Óleo Diesel			Desperdício Específico de Óleo Hidráulico		
				t dia <sup>-1</sup>	t h <sup>-1</sup>			(L h <sup>-1</sup> )	(L dia <sup>-1</sup> )	(L t <sup>-1</sup> )	(L h <sup>-1</sup> )	(L dia <sup>-1</sup> )	(L t <sup>-1</sup> )
A	200	18,27	159.758,85	798,79	43,73	154.516	3.734	42,30	772,58	0,967	1,02	18,67	0,0234
B	136	18,12	93.554,01	687,90	37,97	99.795	1.437	40,50	733,79	1,066	0,58	10,57	0,0154
C	201	18,55	175.463,80	872,95	47,07	164.255	2.680	44,06	817,19	0,936	0,72	13,33	0,0153
D	197	19,25	175.931,76	893,05	46,38	153.577	1.992	40,49	779,58	0,872	0,53	10,11	0,0113
E	202	17,46	154.678,25	765,73	43,87	157.104	2.072	44,56	777,74	1,015	0,59	10,26	0,0134

Analisando os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que as colhedoras C e D foram as que mais produziram e que, nos quesitos consumo e desperdício específico, a colhedora D foi a de melhor desempenho e, por esta razão, deste ponto em diante, será tomada como referência (Tabela 4).

TABELA 4. Resultados obtidos em função da equação de determinação de maior MDOM. **Results obtained in function of the determination equation of the larger MDOM.**

Colhedora	Produtividade (P) (t h <sup>-1</sup> )	Consumo de Óleo Diesel (CC) (L h <sup>-1</sup> )	Desperdício de Óleo Hidráulico (DO) (L h <sup>-1</sup> )	MDOM
A	43,73	42,30	1,02	1,01
B	37,97	40,50	0,58	1,62
C	47,07	44,06	0,72	1,48
D	46,38	40,49	0,53	2,16
E	43,87	44,56	0,59	1,67

O banco de dados obtidos por meio do preenchimento das fichas foi inserido no OFCE. Verificou-se que, para colhedora D, dos três componentes principais definidos para nível 1, o

desperdício correspondente aos condutores hidráulicos respondeu por 71,73%; o desperdício correspondente aos Pistões respondeu por 16,98%, e o desperdício associado aos Motores Hidráulicos foi responsável por 11,27% do desperdício total.

The screenshot shows a software window titled 'Pesquisa de Perdas - Nível1'. At the top, there are icons for 'Pesquisar', 'Exportar', and 'Retornar'. Below these is a text box for 'Total de Perdas:' with the value '1242'. The main part of the window is a table with the following data:

Nv1	Descrição	Qtde	%Qtde
		1242	100.00
001	CONDUTORES HIDRAULICOS	891	71.73
003	PISTOES	211	16.98
002	MOTORES HIDRAULICOS	140	11.27

FIGURA 4. Tela de pesquisa de desperdícios para nível 1 **Research chart of waste for the level 1.**

Em função do alto desperdício associado aos condutores hidráulicos, fixou-se este componente no nível 1 do organograma e avançou-se para o nível 2. Na Figura 5, apresentam-se as percentagens de desperdícios para o Nível 2, onde se podem destacar as mangueiras, respondendo por desperdício de 668 litros de óleo hidráulico (53,78%), e as conexões, respondendo por desperdícios de 223 litros de óleo hidráulico (17,95%).

The screenshot shows a software window titled 'Pesquisa de Perdas - Nível2'. It has the same top navigation as Figure 4. The 'Total de Perdas:' field also shows '1242'. The table below provides a more detailed breakdown:

Nv1	Nv2	Descrição Nível 1	Descrição Nível 2	Qtde	%Qtde
				1242	100.00
001	001	CONDUTORES HIDRAULICOS	MANGUEIRAS	668	53.78
001	002	CONDUTORES HIDRAULICOS	CONEXOES	223	17.95
002	001	MOTORES HIDRAULICOS	ANEIS E VEDACOES	140	11.27
003	002	PISTOES	ANEIS E VEDACOES	136	10.95
003	001	PISTOES	TRINCAS	75	6.03

FIGURA 5. Tela de pesquisa de desperdícios para nível 2. **Research chart of waste for the level 2.**

Na Figura 6, apresentam-se as percentagens de desperdícios para nível 3. Em que, Nv1 = 001 significa “Condutores Hidráulicos”; Nv2 = 001 significa “Mangueiras”, e Nv3 = 001 significa “Ressecamento”. Dessa forma, pode-se constatar que o ressecamento de mangueiras foi responsável pelo desperdício de 481 litros de óleo hidráulico, 38,72% dos desperdícios associados ao componente Condutores Hidráulicos.

Nv1	Nv2	Nv3	Descrição Nível 1	Descrição Nível 2	Descrição Nível 3	Qtde	%Qtde
						1242	100.00
001	001	001	CONDUTORES HIDRAUL	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	481	38.72
001	001	002	CONDUTORES HIDRAUL	MANGUEIRAS	ABRASAO	187	15.05
002	001	002	MOTORES HIDRAULICO	ANEIS E VEDACOES	ROMPIMENTO	130	10.46
003	002	002	PISTOES	ANEIS E VEDACOES	ROMPIMENTO	106	8.53
001	002	002	CONDUTORES HIDRAUL	CONEXOES	TRINCAS(TORQUE)	98	7.89
003	001	002	PISTOES	TRINCAS	QUEBRA ACIDENTAL	75	6.03
001	002	001	CONDUTORES HIDRAUL	CONEXOES	DESAPERTOS(TORQUE)	75	6.03
001	002	003	CONDUTORES HIDRAUL	CONEXOES	VEDACOES	50	4.02
003	002	001	PISTOES	ANEIS E VEDACOES	RESSECAMENTO	30	2.41
002	001	001	MOTORES HIDRAULICO	ANEIS E VEDACOES	RESSECAMENTO	10	0.80

FIGURA 6. Tela de pesquisa de desperdícios para nível 3. **Research chart of waste for the level 3.**

Na Figura 7, apresentam-se as percentagens de desperdícios por “Texto da Causa”. O primeiro item diz respeito a Nv1 = 001 (Condutores Hidráulicos), Nv2 = 002 (Conexões), Nv3 = 002 (Trincas por Torque), Texto da Causa (Niple Bomba Transmissão), que responde por 7,08% dos desperdícios, correspondente a 88 litros de óleo hidráulico.

Nv1	Nv2	Nv3	Descrição Nível 1	Descrição Nível 2	Descrição Nível 3	Texto da Causa	Qtde	%Qtde
							1242	100.00
001	002	002	CONDUTORES HID	CONEXOES	TRINCAS(TORQUE)	NIPLE BOMBA TRANSMISSÃO	88	7.08
001	001	002	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	ABRASAO	DESGASTE	70	5.63
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	ESTEIRA RODANTE	60	4.83
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	RESSECOU	60	4.83
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	RESSECOU	60	4.83
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	RESSECADA	55	4.42
003	001	002	PISTOES	TRINCAS	QUEBRA ACIDENTAL	PISTÃO DO TRUCK	50	4.02
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	ACERADOR	43	3.46
003	002	002	PISTOES	ANEIS E VEDACOE	ROMPIMENTO	PISTÃO SUSPENSÃO	40	3.22
002	001	002	MOTORES HIDRAU	ANEIS E VEDACOE	ROMPIMENTO	MOTOR 5º ROLO INFERIOR	40	3.22
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	RESSECOU	40	3.22
001	002	001	CONDUTORES HID	CONEXOES	DESAPERTOS(TOR	DESAPERTO	35	2.81
001	001	002	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	ABRASAO	HID. M51 AO DIV. LINHA	33	2.65
003	002	002	PISTOES	ANEIS E VEDACOE	ROMPIMENTO	SUSPENSÃO	30	2.41
001	002	003	CONDUTORES HID	CONEXOES	VEDACOES	MOTOR EXAUSTOR PRIMÁRIO	30	2.41
001	002	001	CONDUTORES HID	CONEXOES	DESAPERTOS(TOR	ELEVADOR	30	2.41
001	001	001	CONDUTORES HID	MANGUEIRAS	RESSECAMENTO	RESSECADA	30	2.41

FIGURA 7. Tela de pesquisa de desperdícios para “Texto da Causa”. **Research chart of waste for “Text of the Cause”.**

É importante ressaltar que qualquer das telas apresentadas pelo *software*, quando se clicar no ícone “Exportar”, gera relatórios em Excell, facilitando assim a manipulação, as tabulações e a construção de gráficos da série de dados obtidas na pesquisa efetuada.

Importante salientar também que a proposta da metodologia objetiva melhorias aplicando os conceitos de Administração Limpa e Enxuta, uma vez que outras ferramentas modernas de gestão já são utilizadas pela usina, tais como a MPT, manutenção detectiva, ERP, entre outras, colocando a empresa em destaque no cenário mundial.



## CONCLUSÕES

O *software* desenvolvido, utilizando o banco de dados gerado para a validação da metodologia, estabelece perfeita relação entre falhas, quantidades de óleo desperdiçado, local de ocorrência da falha, definição do elemento danificado e causa da falha. Pode ser validado para outras aplicações, tais como: controle de maior incidência de manutenção em concessionárias de máquinas agrícolas; em diferentes sistemas de outros tipos de veículos; elementos de maior significância em projetos de máquinas, entre outros. O estado da arte em automação permite um estudo de viabilidade de implementação de um sistema totalmente automatizado de coleta de dados por sensoriamento. A metodologia apresentada neste trabalho e viabilizada por meio do *software* desenvolvido identifica os modos de falhas significativos, passíveis da instalação pontual de sistemas de sensoriamento sugerido. Os resultados obtidos com a metodologia são imediatos, permitindo identificar a quantidade de ocorrências de uma determinada falha, quais incidências por máquina, por operador, quantidade de óleo desperdiçada em função de cada modo de falha, percentagem em função da quantidade desperdiçada e outros indicadores, agilizando o processo para tomada de decisões.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, C.; PORTE, C.A.de la; BARRINGTON, R.; BERTRAND, N.; CAREY, C.; FRY, A.; PRAG, A; VORHIES, F. *As Empresas e a Biodiversidade: um manual de orientação para ações corporativas*. Zurique: Earthwatch Institute (Europe), International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, World Business Council for Sustainable Development, 2002. 59 p.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *P-TB-66, Terminologia de máquinas agrícolas*. São Paulo, 1971. 12 p.
- DIAS, A. *Metodologia para análise da confiabilidade em freios pneumáticos automotivos*. 199 f. 1997. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, Campinas.
- FLEMING, P.V.; FRANÇA, S.R.R.O. Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 12., 1997, São Paulo. 53 p.
- GERAGHETY, T. *Obtendo efetividade do custo de manutenção através da integração das técnicas de monitoramento de condição RCM e TPM*. Tradução de: SIQUEIRA, K.T. Disponível em: <[www.confiabilidade.com.br](http://www.confiabilidade.com.br)>. Acesso em: 2 maio 2006.
- RIIS, J.O.; LUXHOJ, J.T.; THORSTEINSSON, U. A situational maintenance model. *International Journal of Quality & Reliability Manager*, v.14, n.4, p.349-366, 1997.
- TOMAZELA, M. *Produção enxuta e produção limpa: uma combinação para a competitividade*. 1999. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- TOMAZELA, M.; DANIEL, L.A.; VENDRAMETO, O.; FERREIRA, J.C. Produção enxuta e produção limpa - uma combinação para a competitividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. *Anais...* Salvador: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. 1 CD-ROM.
- UNEP. Cleaner production assesment manual. Part one: Introduction to cleaner production. Draft, 1995. 473 p.
- ÚNICA. Produção Brasil cana-de-açúcar. Disponível em: <[http://www.portalunica.com.br/portalunica/files/referencia\\_estatisticas\\_producaobrasil-7-Tabela.xls](http://www.portalunica.com.br/portalunica/files/referencia_estatisticas_producaobrasil-7-Tabela.xls)>. Acesso em: mar. 2007.