

Implantação da Ferramenta da Qualidade FMEA no Processo de Manutenção de Empilhadeiras de Sete Toneladas em uma Empresa de Agenciamento Marítimos

5 **Josiara Novôa¹, Matheus Souza², Lediana dos Santos Nunes³, Leonardo
Cardoso Machado⁴, Magno Malheiro⁵, Moises Fernandes Borges⁶,
Leonardo de Carvalho Gomes⁷**

¹Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Mestranda em Eng. Mecânica, josiaranovoa@gmail.com

²Empresa de Agenciamento Marítimos (Rio Grande/RS), Engenheiro Mecânico, m_souza_n@msn.com

10 ³Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Mestranda em Eng. Mecânica, lediananunes@gmail.com

⁴Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Mestrando em Eng. Mecânica,
leonardo.c.machado1@hotmail.com

⁵Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Mestrando em Eng. Mecânica, m_malheiro@yahoo.com.br

⁶Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Mestrando em Eng. Mecânica, moisesb.eng@gmail.com

15 ⁷Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Professor de Confiabilidade e Manutenção,
legomes.rs@gmail.com

RESUMO

O agenciamento de cargas internacionais é um serviço realizado pelo operador logístico
20 de transportes internacionais e prioriza a otimização dos custos, cumprimento dos
prazos programados e a prevenção de problemas na logística internacional. O objetivo
principal do estudo é a Implantação do FMEA no processo de manutenção de
empilhadeiras de sete toneladas. Com o intuito de auxiliar o profissional na diminuição
das falhas do processo, aumentar a confiabilidade do mesmo, desenvolver ações
25 corretivas e preventivas para minimizar a ocorrência e consequência das falhas e
garantir uma maior qualidade dos produtos, diversas ferramentas e métodos foram
criados.

Palavras-Chave: FMEA, Manutenção, Modos de Falhas.

30

Introdução

O comércio exterior tem expandido no Brasil com os métodos de compra e venda
de produtos e serviços entre empresas e governos de diferentes países. Os acordos
35 econômicos e políticos internacionais caracterizam e possibilitam melhores condições
de negociações entre os mercados consumidores (importadores) e empresas
fornecedoras (fabricantes/exportadores). As tendências do mercado internacional
identificam as necessidades dos exportadores/fornecedores com as oportunidades de
compra ou venda, elabora estratégias de negócios e define os procedimentos logísticos.

40 como frete, armazenagem e liberação em alfândegas dos produtos importados ou exportados.

No estudo de caso, foi analisada uma empresa que atua no ramo de navegação, nos seguintes segmentos: agenciamento marítimo, operações portuárias, manuseio de cargas e armazenagem, locação de equipamentos, logística internacional, serviços
45 industriais e terminais (Terminal Logístico de Rio Grande, Terminal Logístico de Pelotas e Terminal Logístico de Guaíba). Será realizado um estudo de análise de falhas nas empilhadeiras de sete toneladas – GUB (terminal de Guaíba – RS) que fazem movimentação de carga de fardos de celulose.

O objetivo principal do estudo é a Implantação do FMEA no processo de
50 manutenção de empilhadeiras de sete toneladas. Com o intuito de auxiliar o profissional na diminuição das falhas do processo, aumentar a confiabilidade do mesmo, desenvolver ações corretivas e preventivas para minimizar a ocorrência e consequência das falhas e garantir uma maior qualidade dos produtos.

Uma das ferramentas da qualidade mais utilizada para o tratamento das falhas do
55 processo produtivo é denominada de “Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial”, originária do inglês *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), figurando como uma das ferramentas que se caracteriza pelo conjunto de atividades destinadas a identificar e minimizar e/ou eliminar falhas no processo (PALADY, 2007).

Segundo McDERMOTT et al. (2009), as organizações que usam de maneira
60 adequada o FMEA diminuem seus custos e aumentam a satisfação dos seus clientes e quando compreendido e implantado de maneira correta, com o comprometimento das pessoas envolvidas, é uma ferramenta eficaz, assim como todas as outras ferramentas da qualidade.

65 **Fundamentação Teórica**

Segundo Carpinetti (2010), afirma que a qualidade deixou de ser um conceito relacionado apenas a aspectos técnicos e passa a considerar também aspectos mercadológicos, de maneira que os clientes é que tem a última palavra.

O conceito de Qualidade nos dias atuais surgiu na Segunda Guerra Mundial, quando os Estados Unidos utilizaram técnicas estatísticas de controle da qualidade. O importante nesta época era distinguir a variação aceitável daquelas que indicavam problemas. (RAMOS et al., 2012). Com o decorrer dos anos, a qualidade tornou-se mais evidente e importante nas empresas, pois seus clientes estão cada vez mais exigentes. Isto significa que as características do produto tem que atender as necessidades e os anseios dos clientes.

Portanto, para o ramo de Agenciamentos Marítimos, atender as exigências do mercado globalizado, é preciso estar preparada e entender o conceito de Qualidade.

Ferramentas da Qualidade

Carpinetti (2010) declara que a melhoria pode ser uma melhoria contínua ou uma melhoria radical, onde demanda maiores investimentos e maiores riscos, pois ocorrem grandes mudanças. A melhoria contínua busca ajustes em conceitos para melhorar o desempenho. Porém as melhorias só ocorrem se existirem meios para identificá-las e auxiliar na gestão. Os meios são os métodos e as ferramentas, sendo o método uma sequência lógica para atingir o objetivo determinado e as ferramentas são os recursos a serem utilizados no método. Para auxiliar na ação de melhoria e a implantação da Qualidade nas empresas são usadas ferramentas da Qualidade. O uso das mesmas se iniciou a partir da década de 50.

As ferramentas da Qualidade são dispositivos, procedimentos gráficos numéricos analíticos, métodos que auxiliam na implantação da qualidade nas organizações (PALADINI, 2008). São instrumentos que coletam fatos e dados, atuam na disposição e no processamento das informações que serão usadas na manutenção e na melhoria dos resultados dos processos da empresa.

Segundo Silva (2014) as ferramentas da Qualidade podem ser divididas em três grandes grupos, as ferramentas básicas, as ferramentas gerenciais e as ferramentas avançadas. As ferramentas tradicionais abrangem: Folha de Coleta de Dados, Diagrama de Pareto, Estratificação, Diagrama de Causa-Efeito, Histograma, Diagrama de Dispersão, Gráfico de Controle. As ferramentas gerenciais abordam: Diagrama de Afinidades, Diagrama de Relações, Diagrama de Árvore ou Sistemático, Diagrama de

Matriz, Análise de Dados da Matriz, Análise PDPC e diagrama de setas. E as
100 ferramentas avançadas são: FMEA, *Brainstorming* (Tempestade de ideias),
Benchmarking (Referência de Excelência), 5S's, 5W2H, *Empowerment*
(Descentralização de Poderes), Matriz GUT, Kaizen, TPM – Gestão Produtiva Total e 6
Sigma. As ferramentas podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto, o importante
é ter dados suficientes para a solução dos problemas detectados.

105 **FMEA - Histórico e Definições**

O primeiro registro da técnica de Análise dos Tipos de Falhas e Efeitos (*Failure
Mode and Effect Analysis, FMEA*) foi no ano de 1949 utilizado pelos militares. Os
militares desenvolveram esta ferramenta da qualidade com o objetivo de determinar o
efeito da ocorrência da falha em sistemas e equipamentos. Na década de 60, a
110 ferramenta foi aplicada no projeto Appolo da agência norte-americana NASA (*National
Aeronautics and Space Administration*) (McDERMOTT *et al.*, 2009).

Para McDermott *et al.*(2009) o FMEA é um método sistemático de identificação e
prevenção de problemas em projetos e processos antes dos mesmos ocorrerem.

Palady (2007) cita que FMEA é uma metodologia que oferece três funções
115 distintas: uma ferramenta para prognóstico de problemas; é um procedimento para
desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados e é
o diário do projeto, processo ou serviço. Sendo assim, o FMEA é um método que busca
identificar as falhas potenciais de componentes, sistemas, produtos ou processos e os
efeitos gerados por essas falhas. Gera ações acertadas e na maioria das vezes de custo
120 reduzido trazendo grandes benefícios para a organização.

Tipos de FMEA

A ferramenta da qualidade FMEA pode ser aplicada no sistema, no projeto
(produto) e no processo:

a) FMEA de Sistemas enfoca as falhas do sistema nas etapas iniciais de
125 conceituação e projeto devido às suas funcionalidades e ao atendimento as necessidades
e expectativas do cliente.

b) FMEA de Produto enfoca as falhas potenciais devido às deficiências do
projeto do produto em relação ao não cumprimento dos objetivos pré-definidos. Neste

método se define as necessidades de mudanças no projeto e avalia alternativas para o
130 mesmo, estabelece prioridades para a ação de melhoria, define testes a serem realizados
e identifica características críticas. (PALMIERI et al., 2008).

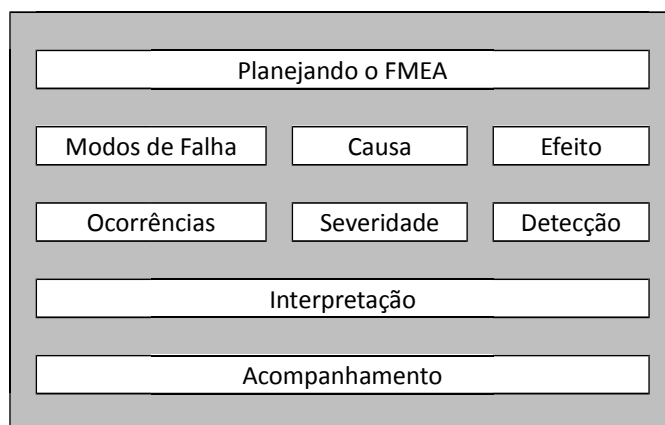
c) FMEA de Processo enfoca as falhas potenciais devido ao não cumprimento
dos objetivos pré-definidos, analisa todos os itens que podem dar errado no processo
tendo como base as não-conformidades do produto com as especificações do projeto.
135 Neste método se define as alterações do processo, estabelece prioridades para ação de
melhoria e auxilia na execução do plano de controle do processo. (PALMIERI et al.,
2008).

Etapas do FMEA

O método FMEA é caracterizado como um documento vivo no formato de
140 formulários físicos ou digitais. Nestes formulários reúnem-se todas as informações
relevantes. Esses formulários devem incluir no mínimo cinco etapas: planejamento;
identificação das funções: falhas, efeitos e causas; classificação dos índices de:
ocorrência, severidade e detecção; interpretação e acompanhamento (PALADY, 2007),
conforme representada na figura 1.

145

Figura 1 – Elementos básicos do FMEA



FONTE: FERREIRA et al. (2010)

De acordo com a Figura 1, a primeira etapa corresponde ao planejamento.
150 Envolve a seleção do projeto de FMEA, a definição da equipe de trabalho, planejamento
de reuniões e preparação de documentações. A segunda etapa é a avaliação de análise de

falhas em potencial. Aborda a identificação das funções, as falhas potenciais, efeitos e causas, através de sessões de *brainstorming* e outras técnicas de análise de problemas. A terceira etapa corresponde à avaliação dos índices de classificação. Segundo
155 Fernandes (2005), explica que o FMEA avalia a severidade das falhas, a forma como as mesmas podem ocorrer e, caso ocorram, como eventualmente poderiam ser detectadas antes de levarem a reclamações no cliente. A quarta etapa corresponde ao processo de interpretação, nesta fase são utilizados os conhecimentos e a criatividade da equipe de trabalho para avaliar os riscos e propor ações para diminuir os mesmo e/ou prevenir as
160 falhas. A quinta etapa corresponde ao acompanhamento que se refere à verificação das ações preventivas e corretivas que foram propostas, é a verificação que as ações recomendadas estão sendo cumpridas.

Metodologia e Análise de Dados

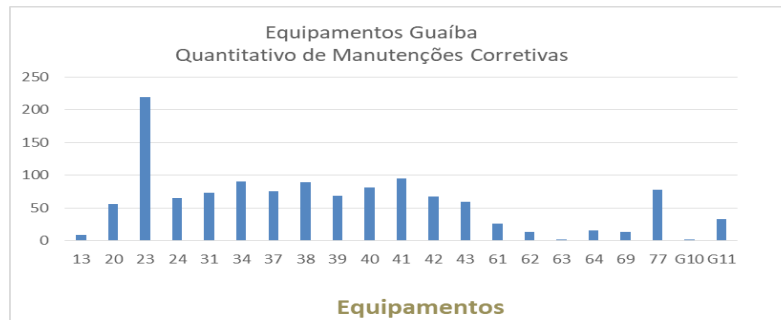
165 O estudo em questão foi realizado em uma empresa do ramo de navegação no período de 22/03/2017 a 13/03/2018, na unidade localizada na cidade de Guaíba/RS. Os equipamentos analisados foram Empilhadeiras de 7 ton – GUB (subsistemas: Empilhadeira Yale 7 ton 155VX – máquinas 13, 20, 24, 31, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 43 e 69).

170 Foram avaliadas mil duzentas e trinta e duas ordens de serviço (pedidos de manutenção).

Para fazermos esta análise, foram utilizadas as seguintes ferramentas: gráfico de Pareto, Brainstorming e FMEA.

175 Com o gráfico de Pareto (gráfico 1) foi utilizado para quantificar os equipamentos que sofreram mais manutenção corretiva no período mencionado acima.

Gráfico 1 – Quantitativo de Manutenções Corretivas por equipamentos



180

FONTE: Próprios autores

Escolha do Equipamento em Análise

Foram definidos os requisitos operacionais, montagem da equipe de análise, identificação e coleta de dados e descrição do sistema, podendo assim, definir fronteiras e interfaces do estudo.

A primeira ação foi descobrir estatisticamente o equipamento mais crítico. Utilizando a ferramenta “Gráficos de Pareto”, foi possível identificar dois tipos de equipamento com maior criticidade no período de 22/03/2017 até 13/03/2018, o Cargo Handler Multidocker e um acumulado das Empilhadeiras com capacidade para 7 toneladas, podendo estas serem analisadas juntamente devido aos sistemas, características e peças, que são os mesmos.

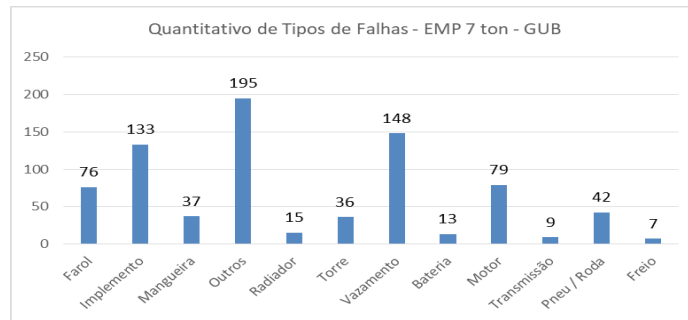
Análise Funcional

Foram realizadas reuniões e análises dos equipamentos em operação. Foi possível identificar, através de um processo de Brainstorming, processo que tem como objetivo a maior quantidade de opiniões da operação e da manutenção, podendo assim, identificar a maior criticidade, as principais falhas funcionais e suas causas. Foi definido analisar o conjunto das treze Empilhadeiras de 7 TON.

Após a identificação do conjunto de equipamento, foi gerado um novo gráfico (gráfico 2) para identificar as falhas que mais ocorrem. A grande quantidade de falhas com a nomenclatura “Outros” se deve a dificuldade de classificar as mesmas através de relatórios fornecidos pelo Benner (ordens de serviços). Segundo a empresa o programa Benner está em processo de melhoria para obtenção destes relatórios em futuras análises.

Gráfico 2 – Quantitativo de Falhas – Empilhadeira 7 TON - GUB

205



FONTE: Próprios autores

Elaboração do FMEA

A ferramenta de análise definida para este caso foi a FMEA. Para obtenção dos
 210 índices de frequência, foi feito o MTBF (*Main Time Between Failure* ou Tempo Médio
 Entre Falhas) geral e individual das empilhadeiras, que detectou aproximadamente 1
 falha a cada 39,73 horas selecionando um conjunto das 13 empilhadeiras de 7 TON, no
 qual foi somado o total das falhas e o total de desgaste no período de estudo.

O FMEA e os dados de falha e desgastes individuais das empilhadeiras podem ser
 215 vistos detalhadamente no restante desse trabalho.

Na Tabela 1, são mostrados os dados individuais de desgaste e falhas.

Tabela 1 - Dados Individuais de Desgaste e Falhas

Máquinas	13	20	24	31	34	37	38	39	40	41	42	43	69	Média
Nº Falhas	9	53	61	64	87	64	84	66	77	91	63	59	12	60,76 9
Horímetro 22/03/2017	11050	7480	7167	4162	7605	8832	8658	9085	9014	8736	6689	9250	1036	7597, 2
Horímetro 13/03/2018	11279	8766	10346	5731	10530	11679	11833	12423	12176	11694	9022	12122	2557	10012
Horas Trabalhadas (período)	229	1286	3179	1569	2925	2847	3175	3338	3162	2958	2333	2872	1521	2414, 9
MTBF (horas trabalhadas)	25,44 4	24,26 4	52,11 5	24,51 6	33,62 1	44,48 4	37,79 8	50,57 6	41,06 5	32,50 5	37,03 2	48,67 8	126,7 5	44,53

220

Discussões e Resultados

Fazendo a média de falhas individualmente (tabela 1), identificou-se a média de
 uma falha a cada 44,53 horas trabalhadas. Com este índice, aliado aos índices de

225 gravidade e detectabilidade, chegou-se ao índice de criticidade, que foi constatado como **muito alto**.

Assim, sendo necessárias e propostas, melhorias em cada causa raiz da falha estudada. Tais melhorias com o objetivo de buscar maior efetividade em: disponibilidade, confiabilidade e segurança do equipamento.

230 Na Figura 2, podemos observar a aplicação do FMEA, com a função, a descrição das falhas funcionais (vazamento, clamps sem força, equipamentos sem conseguir ligar), os modos de falha (filtros com vazamento de óleo, contaminação devido o vazamento do óleo, não há força nas empilhadeiras para levantamento dos fardos e tampa do filtro do ar quebrado) e os efeitos das falhas (indisponibilidade de utilização
235 do equipamento, ação corretiva para os equipamentos onde se torna oneroso para a empresa).

Figura 2 – Aplicação do FMEA nas 13 Empilhadeiras de 7 TON

ANÁLISE DE FALHAS FUNCIONAIS, MODOS DE FALHAS E EFEITO DA FALHA POR FUNÇÃO DE SUBSISTEMA			
Sistema: Empilhadeiras 7 TON - GUB	Subsistema: Empilhadeiras Yale 7 TON 155 VX Máquinas 13, 20, 24, 31, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 e 69.	Período da análise: 22/03/2017 – 13/03/2018	Data da análise: 13/03/2018 – 23/04/2018
Preparado por: Matheus Souza	Revisado por: Vinicius Fonseca	Aprovado por: Vinicius Fonseca	Rev. 0
FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
Movimentação, carga e descarga de materiais (fardos de celulose)	Vazamento.	Filtro de transmissão vaza óleo.	Indisponibilidade do equipamento. Ação corretiva interna envolvendo reparo de aproximadamente uma hora.
		Óleo hidráulico vaza e contamina o armazém devido a problemas no sistema hidráulico das empilhadeiras.	Indisponibilidade do equipamento. Ação corretiva interna envolvendo reparo de aproximadamente uma hora.
	Clamps sem força.	Empilhadeiras não levantam os fardos.	Indisponibilidade do implemento e conseqüentemente do equipamento, impossibilitando a função do mesmo. Regulagem de pressão ou troca de peças duram de meia hora até uma hora e meia de serviço.
	Equipamento não liga.	Tampa do filtro do ar quebrada.	Indisponibilidade do equipamento. Ação corretiva interna envolvendo reparo de aproximadamente meia hora.

FONTE: Próprios Autores

240

Na Figura 3, é mostrado o relatório da análise de falha, onde temos a causa raiz, o FMEA, o tipo de manutenção, a ação tomada para cada causa, a frequência e por qual setor foi realizado o trabalho (setor de manutenção ou setor de operação).

245

250

Figura 3 – Aplicação do FMEA

CAUSA RAIZ	FMECA				TIPO MANUT. SUGERIDA	AÇÃO	FREQUÊNCIA	EXECUTADO POR:	
	F	G	D	C				MANUTENÇÃO	OPERAÇÃO
Super aquecimento do sistema danifica os o-rings.	4	3	3	36	TBM ou CBM	Verificação e limpeza do radiador de transmissão no plano preventivo de 250 horas.	250 horas de trabalho	X	
Mangueiras frágeis e falta de revisão diária.						Realização de uma revisão diária no sistema hidráulico do equipamento pelo turno B. Substituição de todas mangueiras para marca PARKER (ação em andamento).	Diária	X	
Não identificada (diversos tipos de falha).						Criar plano preventivo para os clamps com inspeção, revisão e substituição dos mesmos. Medição da pressão dos clamps com manômetro através de plano preventivo (ação em andamento).	15 dias	X	
Desligamento do equipamento com o giro do motor alto.						Orientar para o desligamento correto dos equipamentos. Destacar a orientação nos cursos de reciclagem dos operadores.		X	X

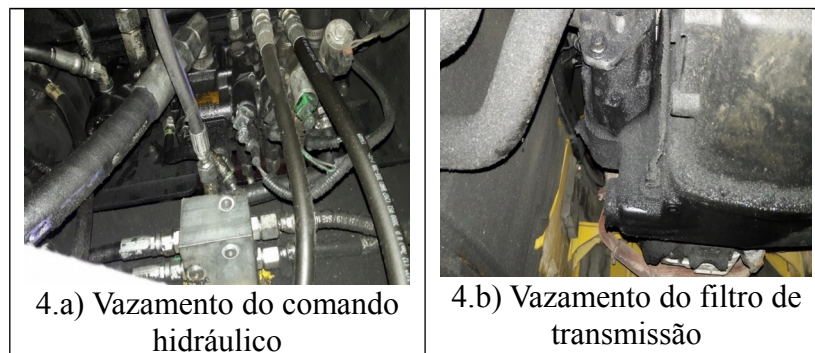
255

FONTE: Próprios Autores

Na Figura 4, podemos observar o relatório fotográfico do vazamento do comando hidráulico (fig. 4.a.) e do vazamento do filtro de transmissão (fig. 4.b).

260

Figura 4 – Relatório Fotográfico



265

10

10

FONTE: Próprios Autores

270

Após a análise dos resultados foi criado um plano de ação para mitigação de cada causa raiz, como mostra a tabela 2:

275

Tabela 2 – Plano de Ação

Causa Raiz	Ação	Quem	Data Prevista	Data Realizada
Super aquecimento do sistema danifica os o-rings.	Acrescentar verificação e limpeza do radiador de transmissão no plano preventivo de 250 horas.	Ângelo e Alessandro	23/05/2018	17/05/2018
Mangueiras frágeis e falta de revisão diária.	Acrescentar em todos planos preventivos a inspeção de mangueiras hidráulicas. Substituição de todas mangueiras para marca PARKER.	Manutenção	xxxx	Não realizada a troca por motivos financeiros
Não identificada (diversos tipos de falha).	Criar plano preventivo para os clamps com inspeção, revisão e substituição dos mesmos. Medição da pressão dos clamps com manômetro através de plano preventivo.	Manutenção	25/04/2018	24/04/2018
Desligamento do equipamento com o giro do motor alto.	Orientar para o desligamento correto dos equipamentos. Destacar a orientação nos cursos de reciclagem dos operadores.	Manutenção e Operação	28/05/2019	28/05/2018

FONTE: Próprios Autores

280

Conclusão

A primeira causa raiz a ser implantada foi com relação ao superaquecimento do sistema danificado dos *o-rings*, com a ação de acrescentar a verificação e limpeza do radiador de transmissão no plano preventivo de 250 horas. Esta ação foi implementada antes da data prevista.

285

No seguimento, temos as mangueiras não foram substituídas por decisão da gerencia, pois não houve disposição financeira. Por isso a importância de um planejamento eficaz de manutenção preventiva, onde podemos prever financeiramente trocas ou reposições de peças e materiais.

290 Na criação do plano preventivo para os clamps com inspeção, foi ocorrido dentro da data prevista, onde a revisão e substituição quando necessário se fez e um plano preventivo para os mesmos.

O treinamento dos operadores se fez de forma eficaz, onde também foi realizado um planejamento para treinamentos períodos.

295 Esse conjunto de ações, onde através da identificação das causas raízes, contribui muito na melhoria da manutenção das empilhadeiras, bem como a correta utilização das mesmas e também o período de manutenção preventiva.

Referências Bibliográficas

300 CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.

FERNANDES, J. M. **Uma proposta de integração entre métodos para o planejamento e controle da qualidade**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUCP, Curitiba, 2005.

305 FERREIRA, A.S. OLIVEIRA, D.C.; JUNIOR, G.B.; RIBEIRO, A.C.; ORNELLAS, A.; RESENDE, R. **Análise dos modos de falha e efeitos – FMEA- do sistema de proteção contra incêndio de uma turbina a gás em uma usina termelétrica**. *Perspectivas online*, v.4, n.16, 2010.

MCDERMOTT, R; MIKULAK, R; BEAUREGARD, M. **The basics of FMEA**. 2. ed. 310 New York: Productivity Press, 2009.

PALMIERI, M. P. S. M. et al. **FMEA como Ferramenta da Qualidade: O Caso do Departamento de Embalagens de uma Indústria do Setor Farmacêutico**. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Rio de Janeiro, 2008.

315 PALADINI, E.P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

PALADY, P. **Análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. 4.ed. São Paulo: IMAM, 2007.

RAMOS, H.A.; CHAVES, C.A.; BRANDALISE, N. **Aplicação do método FMEA no processo de climatização de uma indústria automobilística.**

320 SILVA, R. Organização e Normas.
<http://www.4shared.com/web/preview/doc/EBiXEGkV>. Acesso em 15 de junho de 2018.