

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA**

ADRIANO SOMER

**ANÁLISE E SUGESTÃO DE MELHORIA PARA O SISTEMA DE
COMUNICAÇÃO INTERNA ENTRE PCM E MANTENEDORES PARA
CONTROLE DE INDICADORES DE DESEMPENHO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2015**

ADRIANO SOMER

**ANÁLISE E SUGESTÃO DE MELHORIA PARA O SISTEMA DE
COMUNICAÇÃO INTERNA ENTRE PCM E MANTENEDORES PARA
CONTROLE DE INDICADORES DE DESEMPENHO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica, do Departamento
Acadêmico de Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Nelson
Canabarro

PONTA GROSSA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Mecânica
Bacharelado em Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE E SUGESTÃO DE MELHORIA PARA O SISTEMA DE
COMUNICAÇÃO INTERNA ENTRE PCM E MANTENEDORES PARA CONTROLE
DE INDICADORES DE DESEMPENHO**

por

ADRIANO SOMER

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 19 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Nelson Ari Canabarro de Oliveira
Orientador

Profa. Ma. Ana Maria Bueno
Membro Titular

Prof. Me. Ruimar Rubens de Gouveia
Membro Titular

Prof. Me. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Laercio Javarez Junior
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela realização deste trabalho, pelas inspirações em momentos difíceis.

Também agradeço o apoio e incentivo da minha família, amigos e professores que tornaram este trabalho possível.

Gostaria de agradecer também ao professor Nelson Canabarro por me orientar neste trabalho, pela sua paciência durante a realização e principalmente por esclarecer as ideias quanto ao caminho que seria tomado.

RESUMO

A importância da manutenção na produtividade das empresas é crescente ao longo dos anos, principalmente com a sua evolução, acompanhada da criação da engenharia de manutenção, proporcionando uma melhor gerência dos recursos utilizados. Para tomar decisões com relação à manutenção são utilizados indicadores de desempenho, onde é necessário ter como base informações verídicas e detalhadas. As informações como a falha em equipamentos e tempo de manutenção relatadas pelos mantenedores podem ser não confiáveis, tornando os indicadores elaborados com base nestas informações não confiáveis. Com a descrição sobre a geração de informações na empresa com base na experiência de estágio e a identificação das não conformidades das informações sobre as falhas, foi proposto a utilização da árvore de falhas e do procedimento operacional padrão, voltados para a manutenção, como auxílio na busca por informações consistentes e elaboração de indicadores mais confiáveis.

Palavras-chave: Indicadores de desempenho. Manutenção. Planejamento e Controle da Manutenção.

ABSTRACT

The importance of the maintenance in the productivity of enterprises is growing over the years, especially with its evolution, accompanied by the creation of maintenance engineering, providing better manage resources used. To make decisions with respect to maintenance are used performance indicators, which are required to be based on accurate and detailed information. The informations as failure in equipment and time of maintenance reported by maintainers can be not reliable. Making the indicators build on these unreliable information. With the description of the generation of information in the company based on the internship experience and the identification of nonconformities of information on failures, It was possible to propose the use of the fault tree and standard operating procedure, focused on the maintenance, as an aid in the search by consistent information on and development of more reliable indicators.

Keywords: Performance indicators. Maintenance. Planning and control of maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução Histórica da Manutenção Industrial	18
Figura 2 - Evolução das Perspectivas da Manutenção	20
Figura 3 - Alterações das Perspectivas Sobre Falhas dos Equipamentos ...	20
Figura 4 - Alterações das Técnicas da Manutenção	21
Figura 5 - Árvore de falhas da indisponibilidade no Sistema de Transporte.	42
Figura 6 - Árvore de falhas referente a falha ou queima dos motores	43
Quadro 1 – Relação da Variação de Índices de Controle	27
Quadro 2 – Elementos da árvore de falhas	31

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

EDM Engenharia de Manutenção

FMEA *Failure Modes and Effect Analysis*

FTA *Fault Tree Analysis*

IP Indisponibilidade de Processo

MCC Manutenção Centrada em Confiabilidade

MDT Mean Down Time

MOTBF *Mean Operation Time Between Failures*

MRT *Mean Repair Time*

MTBF *Mean Time Between Failure*

MTTF *Mean Time to Failure*

MTTFF *Mean Time to First Failure*

MTTR *Mean Time To Repair*

NBR Norma Brasileira

PCM Planejamento e Controle da Manutenção

RCM *Reliability Centered Maintenance*

TICs Tecnologias de informação e Comunicação

TMEF Tempo Médio Entre Falha

TMPF Tempo Médio para Falha

TMR Tempo Médio de Reparo

LISTA DE ACRÔNIMOS

AGREE Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment

POP Procedimento Operacional Padrão

SIM Sistema de Indicadores da Manutenção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	Geral.....	15
1.3.2	Específicos	15
1.4	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	16
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1	MANUTENÇÃO.....	17
2.1.1	Formas de Manutenção	17
2.1.2	História da Manutenção	18
2.1.2.1	Novas perspectivas	19
2.1.2.2	Novas pesquisas	20
2.1.2.3	Novas técnicas	21
2.1.3	Manutenção, Engenharia de Manutenção e Planejamento e Controle da Manutenção	22
2.1.3.1	Gestão e controle da manutenção	23
2.2	INDICADORES	25
2.2.1	Tecnologia de Informação e Comunicação x Indicadores	25
2.2.2	Indicadores de Manutenção.....	26
2.3	CONFIABILIDADE	28
2.3.1	Análise de falhas	29
2.3.1.1	Árvore de falhas.....	30
2.3.1.1.1	<i>Construção da árvore de falhas</i>	32
2.3.1.1.2	<i>Verificação de efetividade e padronização</i>	34
2.4	MANTENABILIDADE	34
2.5	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	36
3	DESENVOLVIMENTO	37
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	37
3.1.1	Informações através de ordens e notas	38
3.1.2	Problemas Encontrados.....	39

3.2	PROPOSTA DE MELHORIA.....	40
3.3	ÁRVORE DE FALHAS	41
3.4	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP).....	44
3.5	TREINAMENTO DOS MANTENEDORES.....	45
4	CONCLUSÃO	46
5	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A manutenção evoluiu muito ao longodas ultimas décadas e continua em constante evolução. A busca pelo aumento de produtividade exige cada vez mais das máquinas e da automação. E com isso o setor de manutenção é essencial para manter os equipamentos disponíveis para a produção. Para tanto é dedicada atenção especial no planejamento e controle dos recursos, com a formulação de novos métodos para tornar isto possível.

O setor responsável por aplicar estes métodos é chamado Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). Este realiza o gerenciamento dos recursos e programa as manutenções para a execução dos mantenedores, procurando reduzir o máximo possível as indisponibilidades por paradas não programadas.

Para tanto as análises de desempenho da manutenção são extremamente necessárias para a consolidação de bons resultados. O comprometimento com a apresentação de indicadores para as tomadas de decisão torna necessária a quantificação dos dados.

Um recurso que veio auxiliar e muito o trabalho do PCM são os sistemas de informação, que permitem a eficiência no tratamento dos dados. Esse tratamento se tornaria muito difícil, visto que o número de equipamentos dentro das indústrias se torna cada vez mais crescente. O trabalho seria muito complicado se fosse realizado através de documentação impressa, ao contrário do que acontece quando se usa um recurso tecnológico, que favorece o acesso a vários equipamentos, componentes, planos de manutenção, históricos de falhas e de manutenção, entre outras vantagens.

Com o acesso rápido é possível desenvolver indicadores para tomar novas posturas, formular novas estratégias e melhorar o desempenho da manutenção em frente às necessidades produtivas.

Contudo os indicadores nem sempre podem auxiliar na tomada de decisões. Também pode acontecer de uma má decisão ser tomada com base nos indicadores, quando esses não apresentarem a situação real em que se encontra o objeto da análise. Por isso um indicador precisa ser confiável e para tanto é necessária a veracidade dos dados coletados.

As informações na empresa são lançadas no sistema de informação pela produção, pelos mantenedores e outros setores, estabelecendo uma comunicação com o PCM. Por mais que existam outros meios de comunicação formais ou informais, este sistema continua a ser o mais importante no acesso aos históricos e, portanto para a consulta dos dados para indicadores.

Por isso o comprometimento com a melhoria de desempenho da manutenção não passa apenas pelo PCM. É preciso que todos alimentem o sistema com informações leais ao que acontece dentro das instalações.

1.1 PROBLEMA

Como tornar os indicadores do PCM mais confiáveis?

1.2 JUSTIFICATIVA

Os indicadores dão a possibilidade ao PCM de monitorar o real alcance de suas metas, ou seja, se o trabalho está satisfatório e atingindo os resultados previamente planejados. Analisando os indicadores é possível tomar decisões para o PCM reconduzir a manutenção aos seus objetivos, visualizando as não conformidades que prejudicam o seu desempenho.

Para tanto é necessário, como já salientado, que as informações coletadas sejam verdadeiras. Caso contrário os indicadores serão falsos e o PCM na realidade não terá controle sobre o trabalho que está sendo executado.

Não se tem controle exato sobre o trabalho realizado pelos mantenedores, visto que o lançamento feito por eles não apresenta a realidade totalmente. Os mantenedores têm a possibilidade de fazer suas apropriações de qualquer forma. Trabalhando ou não, o sistema aceita as informações que são lançadas pelos mesmos. Ainda mais, não se tem certeza nem quanto ao tempo que levaram para realizar uma determinada atividade.

Os mantenedores podem apropriar de forma errada, dando a entender a empresa que seu trabalho é satisfatório. Em alguns casos alguns sem trabalhar lançam no sistema horas que não foram trabalhadas. Enquanto em outros

casos alguns, mesmo trabalhando, não notam a importância em fazer suas apropriações no sistema.

Falhas que não houveram, ou falhas que aconteceram e não foram lançadas, produzirão um falso histórico de falhas dos equipamentos, levando a indicadores falsos.

O indicador relativo às horas trabalhadas é de fundamental importância para descobrir se a quantidade de mantenedores é suficiente ou se está acima da quantidade de trabalho que a manutenção tem por fazer. Com indicadores falsos a empresa pode contratar ou demitir sem ter tal necessidade, pois se baseou em informações inconsistentes.

Outro fator importante é que muitas vezes não se encontra informações suficientes sobre a causa das falhas. São lançadas apenas informações sobre o que foi realizado na manutenção. Com isso uma determinada falha que acontece regularmente pode não ser avaliada de modo rápido e efetivo.

Por isso é necessário um estudo, buscando ferramentas que possam ser utilizadas neste caso para tornar estes indicadores mais confiáveis.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

Aumentar a confiabilidade dos indicadores relacionados à mão de obra do PCM.

1.3.2 Específicos

Fazer análise desde a geração das informações até a realização dos indicadores.

Levantar as não conformidades que diminuem a confiabilidade dos indicadores.

Propor ferramentas que possam auxiliar no controle da veracidade das informações coletadas e elaboração de indicadores confiáveis.

Criar condições adequadas para que os mantenedores realizem a alimentação de indicadores de desempenho confiáveis da manutenção.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O problema foi identificado em um estudo de caso realizado em uma empresa do setor alimentício localizada nos Campos Gerais no ano de 2014. Os problemas encontrados serão descritos no tópico 3.1 mais detalhadamente.

O estudo observará os indicadores do PCM relacionados à mão de obra, para garantir sua confiabilidade e proporcionar a gerência tomar decisões que sejam compatíveis com a real necessidade da empresa.

Com isso neste trabalho é realizado um estudo qualitativo buscando ferramentas para auxiliar na tomada de decisões. Para tanto foi realizada uma ampla pesquisa sobre a manutenção, apresentando: sua história; sua importância crescente; as mudanças, principalmente com relação à criação do PCM e engenharia de manutenção; a importância das informações nas decisões para a manutenção; e as ferramentas utilizadas no trabalho.

O presente trabalho propõe a utilização das ferramentas árvore de falhas e o procedimento operacional padrão para manutenção para a melhoria dos indicadores de desempenho.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 MANUTENÇÃO

Houve um desenvolvimento do conceito de manutenção segundo Amorim et al. (2014) que deixou de ser uma reação a um problema e passou a se antecipar as falhas dos equipamentos.

“O termo ‘manutenção’, na literatura especializada, tem origem no vocabulário militar, cujo sentido é manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material em um nível constante”. (NUNES, 2001, p. 7)

ANBR 5462 (ABNT,1994),apresenta a manutenção como um conjunto de ações administrativas e técnicas, que tem o objetivo de recolocar, manter ou até de modificar um item, para que desempenhe a função dele exigida.

De forma muito próxima Nunes (2001) inclui ao termo manutenção a prevenção e a correção, que correspondem a manter e restabelecer respectivamente. Estes dois aspectos tem maior enfoque nas definições e conceitos. Porém tem sido considerados também nas definições a dimensão humana e os custos.

A manutenção, portanto, não é feita de qualquer forma. É necessário tomar uma decisão com relação à forma de manutenção que será utilizada, tendo em vista a disponibilidade dos equipamentos.

2.1.1 Formas de Manutenção

As estratégias adotadas num plano de manutenção consideram as formas de manutenção e uma análise do custo-benefício. Para isso as formas de manutenção são utilizadas avaliando o desempenho equipamento, sua importância operacional e as implicações das prováveis falhas. (NUNES, 2001)

As formas de manutenção normalmente abordadas pela literatura são: corretiva, preventiva e preditiva. Estas são utilizadas atualmente, mas passaram a ser utilizadas conforme a necessidade apresentada em determinados pontos da história.

2.1.2 História da Manutenção

A manutenção teve maior evolução nos últimos 50 anos. E passou a comportar também engenheiros e planejadores que coordenam as práticas de manutenção. Nas empresas classe mundial, a manutenção passou a fazer parte das operações da empresa, pelo impacto que traz sobre a rentabilidade. As técnicas evoluíram, pois a manutenção tornou-se uma atividade mais pró-ativa e não mais uma reação as avarias. (DUTSCHKE, 2014)

Quatro fases são apresentadas por Bonifácio (2005) através da figura 1:

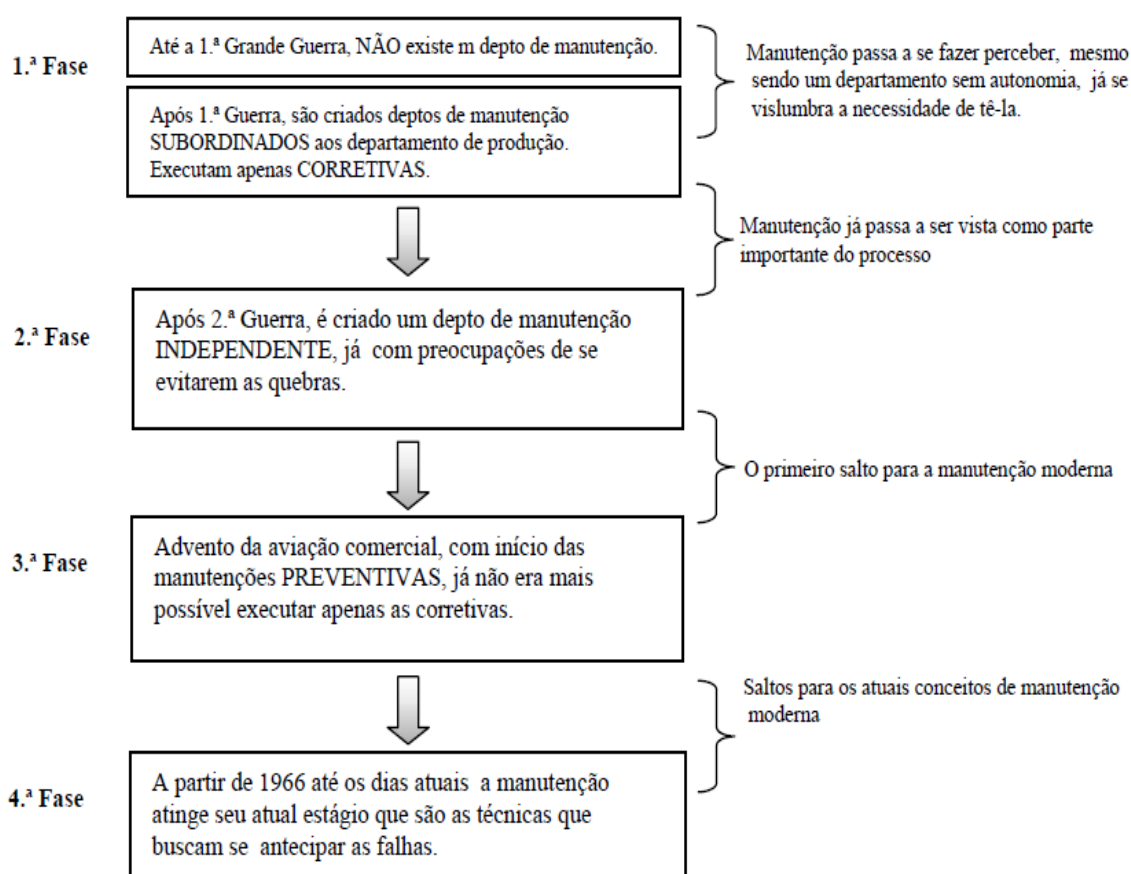


Figura 1 -Evolução Histórica da Manutenção Industrial

Fonte: Bonifácio (2005)

A melhoria nas práticas de manutenção para Dutschke (2014) teve origem com a primeira evolução que incluiu a manutenção preventiva, depois as novas tecnologias, o desenvolvimento da teoria de falhas e a manutenção preditiva.

Com as inclusões de novas atividades surgiu a necessidade de se formular novas estratégias para determinar como utilizar as novas práticas. A mais dominante foi desenvolvida pela indústria de manutenção de aeronaves, chamada de

Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), e posteriormente adotada por outros ramos. (DUTSCHKE, 2014)

A Manutenção, recentemente, também passou a considerar o custo de ativos como sua responsabilidade. Essa questão tem sido tratada por ideias como a Manutenção Baseada em Riscos e a Manutenção Produtiva Total. (DUTSCHKE, 2014)

Também é salientado por Dutschke, (2014) que o progresso da manutenção passa pela mudança na cultura organizacional, que deve considerar a manutenção não como um mal necessário, mas como uma parceria corporativa que contribui muito na lucratividade e satisfação do cliente. Porém também é necessária a melhoria de qualificação, adoção de novas práticas, maior envolvimento do setor com as equipes de gestão e produção e ferramentas de *software*.

Também existe outro tipo de classificação, mais usualmente utilizada como é feita por Moubrey (1997) em três gerações: Primeira geração (até a II Guerra Mundial), segunda geração (até por volta dos anos 70) e terceira geração (até os tempos atuais).

As mudanças foram mais fortes a partir dos anos setenta. A classificação das alterações entre as gerações podem ser vistas em termos de: novas perspectivas, novas pesquisas e novas técnicas. (MOUBRAY, 1997)

2.1.2.1 Novas perspectivas

O serviço ao cliente e a capacidade de produção foram sempre afetados pela inatividade de equipamentos. Entre 1960 e 1970 aproximadamente já se tinha grande preocupação na manufatura, mineração e transportes. Com a automatização e mecanização crescendo, a confiabilidade e disponibilidade tornam-se questões-chaves. As falhas na automação afetam a qualidade de produto e os padrões de serviço e até ter consequências ambientais. Com a dependência dos ativos físicos e custos sobre eles crescendo, o seu funcionamento eficiente é essencial para ter retorno no investimento que foi feito sobre eles. O custo de manutenção se tornou uma das maiores prioridades, com relação ao controle de custos, nas indústrias. (MOUBRAY, 1997)

A fig. 2 adaptada de Moubrey (1997) apresenta as diferenças de perspectivas entre as gerações.

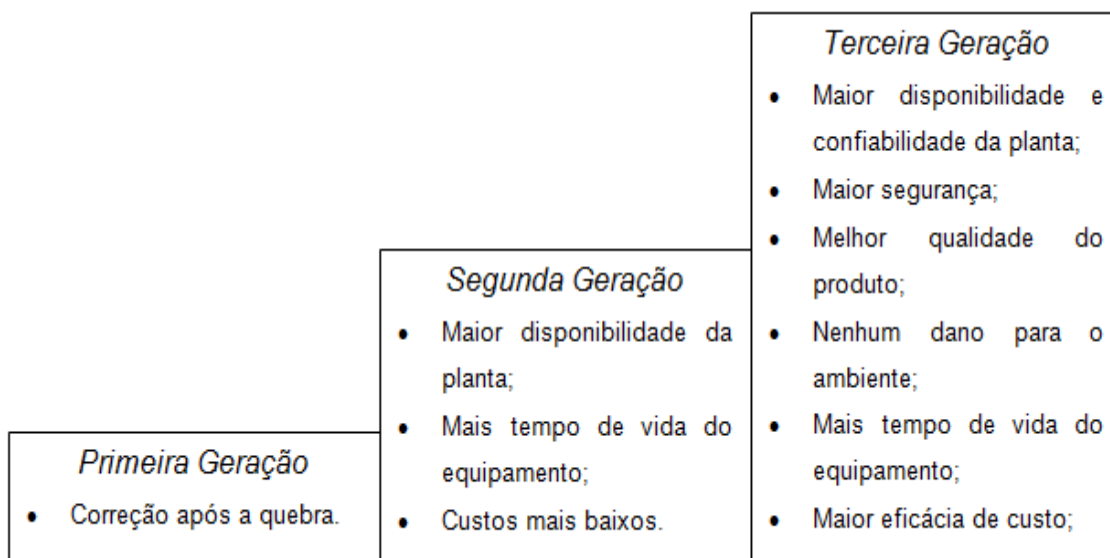


Figura 2-Evolução das Perspectivas da Manutenção

Fonte: adaptada de Moubray (1997)

2.1.2.2 Novas pesquisas

A fig. 3 mostra a taxa de falha em função do tempo. Na primeira geração acreditava-se que com a idade maior, a propensão a falhas também era maior. E na segunda a consciência da falha precoce os levou a acreditar de forma generalizada na curva da banheira. Porém a terceira, através de suas pesquisas, revelou seis padrões de falhas possíveis. (MOUBRAY, 1997)

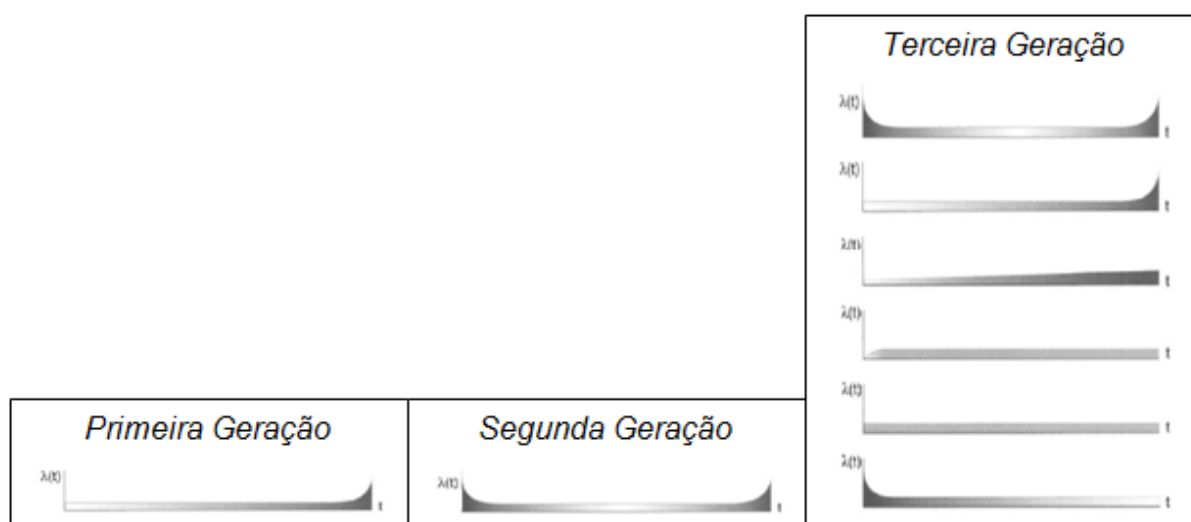


Figura 3-Alterações das Perspectivas Sobre Falhas dos Equipamentos

Fonte: adaptada de Moubray (1997)

As novas pesquisas mudam o que se acreditava sobre a idade e as falhas. A probabilidade de falha fica evidente que tem menos ligação do que se acreditava com a idade de operação. (MOUBRAY, 1997)

2.1.2.3 Novas técnicas

Os conceitos e técnicas aumentaram significativamente, sendo que muitos novos surgem e são desenvolvidos constantemente. (MOUBRAY, 1997)

A figura 4 mostra que a partir da ênfase em reparações e sistemas administrativos, foram inclusos novos desenvolvimentos em diferentes campos. (MOUBRAY, 1997)

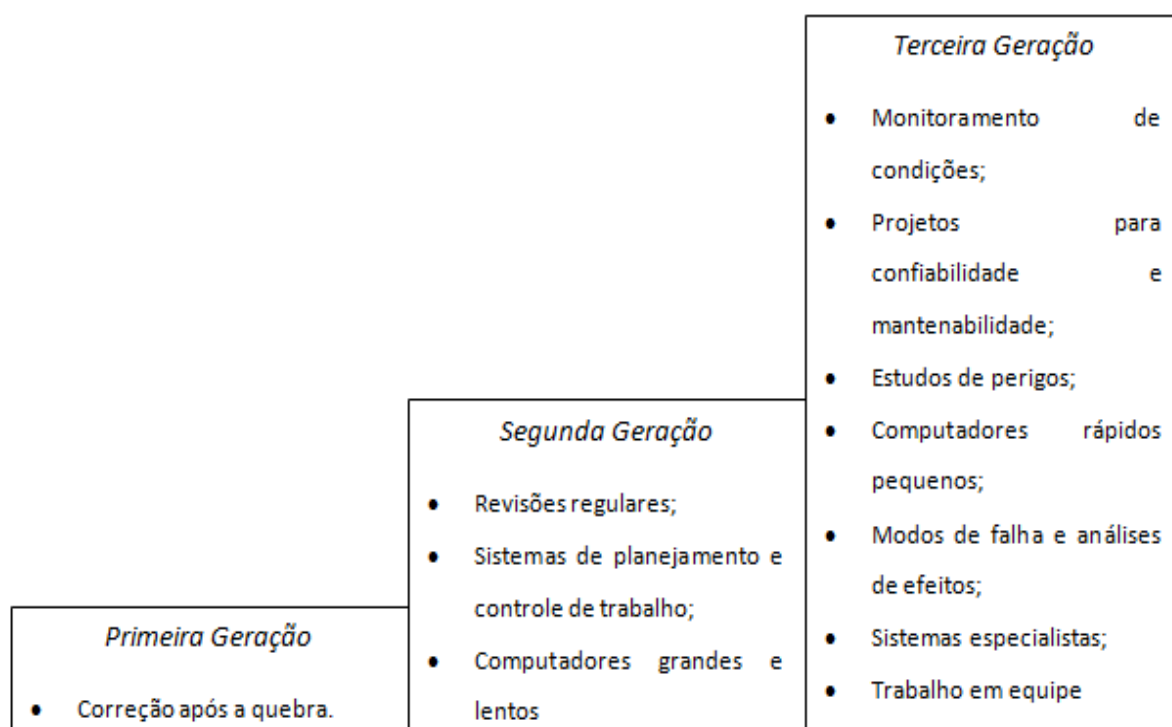


Figura 4 - Alterações das Técnicas da Manutenção

Fonte: adaptada de Moubray (1997)

Tendo em vista este desenvolvimento o desafio atual para o pessoal da manutenção é decidir quais técnicas são importantes para suas organizações, para que os problemas não continuem a existir e novos problemas não surjam por escolhas erradas. (MOUBRAY, 1997)

De forma geral a evolução tecnológica, das técnicas de manutenção e processos, controle eficientes, ferramentas de apoio à decisão, estudos de desgaste,

controle de falhas e seus efeitos, treinamento e motivação de equipes, as novas técnicas e os custos tornaram a área de manutenção uma parte importante na estratégia visando o sucesso da empresa.(NUNES, 2001)

A previsão de Dhillon (2002) para este século é que as atividades de manutenção farão mais parte integrante da estratégia de produção como fator para o desenvolvimento global da organização. Os equipamentos serão mais informatizados e complexos, aumentando a importância das manutenções de *software*. A manutenção dará maior ênfase a qualidade, fator humano, segurança e eficácia de custo. Visando uma maior rentabilidade serão necessários novos pensamentos e estratégias para utilizar eficazmente novas tecnologias, informações e métodos.

Com essas mudanças ocorridas na manutenção, também houve a necessidade de criar novos grupos para se trabalhar com ela como a Engenharia de Manutenção (EDM) e o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM).

2.1.3 Manutenção, Engenharia de Manutenção e Planejamento e Controle da Manutenção

Seguindo a evolução da manutenção que se deu na Europa, Jasinski(2005) discorre que a EDM surgiu em 1950, com o intuito de tornar mais rápidos diagnósticos de falhas, planejar e controlar a já conhecida manutenção preventiva. O processo teve o nome de Manutenção Produtiva.

A manutenção e a EDM têm o mesmo objetivo final, disponibilizar o equipamento rapidamente com um custo mínimo. Porém existe grande diferença em seus ambientes de trabalho. Enquanto a engenharia de manutenção exerce uma função analítica, deliberada e metódica, a manutenção trabalha sobre condições adversas e sob *stress*. Por um lado a manutenção tem por objetivo maior reparar o equipamento com rapidez usando os recursos disponíveis. Já os objetivos da EDM se preocupam: em tornar melhor as manutenções; diminuir frequência, quantidade e complexidade de manutenções; reduzir suprimentos necessários; definir frequência e extensão das preventivas; melhorar a utilização das instalações da manutenção; e organizar a manutenção.(DHILLON, 2002)

O PCM surgiu com a chegada de computadores com tecnologia mais avançada onde houve o seu desmembramento da EDM. As incumbências do

PCM ficaram sendo apenas o planejamento, o controle e a responsabilidade pela implantação de sistemas de manutenção. (JASINSKI, 2005)

Atualmente o PCM é vital nas decisões de negócio e produção, considerando que é a manutenção a responsável por disponibilizar as máquinas. Se for tratada como uma função estratégica, se torna essencial para a sobrevivência da empresa, pois visa garantir ao cliente o produto na data especificada, a qualidade do produto e custo reduzido. (JASINSKI, 2005)

2.1.3.1 Gestão e controle da manutenção

As funções da gestão e o controle sobre as atividades de manutenção são: orientar as atividades, ter controle técnico e gerir os programas de manutenção. Existe a tendência de se ter maior esforço no setor de manutenção, pela mecanização e automação, com necessidade do aumento do grupo de manutenção e diminuição do grupo de operadores. (DHILLON, 2002)

O planejador de manutenção gerencia processos da manutenção, controlando custos, garantindo históricos, levantando dados para tomar decisões, programando as horas e mantenedores, adquirindo material, garantindo cumprimento das estratégias, gerenciando planos e tarefas de manutenção. O seu maior papel é gerenciar a carteira de serviços para obter a redução dos índices de serviços não planejados e mantê-los de acordo com os índices de *Benchmark* da Classe Mundial. (JASINSKI, 2005)

De forma similar Dhillon (2002) elenca os elementos para uma gestão efetiva da manutenção: Política de manutenção; Controle de material; Sistema de ordem de trabalho; Registros de equipamentos; Planejamento e programação do trabalho; Controle de carteira e sistema de prioridade; e medição de desempenho.

- Política de manutenção:

Por definição a política de manutenção é a “descrição das inter-relações entre os escalões de manutenção, os níveis de intervenção e os níveis de manutenção a serem aplicados para a manutenção de um item”. (NBR 5462, 1994, p.6)

A política de manutenção faz parte de um manual de política contendo também as autoridades nos níveis de supervisão, encargos e apresentação de relatórios, objetivos, programas, métodos e técnicas úteis, como também índices de desempenho. (DHILLON, 2002)

- Controle de material:

De acordo com Dhillon (2002) os custos dos materiais representam entre 30 e 40% dos custos totais da manutenção, porém com uma boa gestão do inventário pode-se ter a sua redução. Além disso, a eficácia na coordenação do tempo de orçamento, encomenda, viagem, entre outros é essencial para a disponibilidade do material, quando existe a necessidade do mesmo. Com isso pode-se reduzir a inatividade e aumentar a produtividade.

- Sistema de ordem de trabalho:

A ordem de serviço tem como objetivo autorizar uma pessoa ou um grupo a executar uma tarefa. Contém informações como a solicitação, data de início e conclusão, custos e materiais, tipo de trabalho a ser executado, descrição do trabalho e seus motivos. É importante no controle de gastos e o desempenho no trabalho. (DHILLON, 2002)

- Registros de equipamentos:

Os registros de equipamentos são agrupados em quatro tipos: trabalho realizado, inventário, custos de manutenção e arquivos. São importantes para analisar desempenho operacional, solucionar problemas de avarias, investigando ocorrências, estudando a confiabilidade, custos de projeto e o ciclo de vida. (DHILLON, 2002)

- Planejamento e programação do trabalho:

A preparação do trabalho é fundamental, pois é necessário realizar algumas tarefas como, por exemplo, a aquisição de materiais e peças, ferramentas, identificação da metodologia, sintonia com demais departamentos envolvidos e devidas autorizações. Por outro lado o agendamento da manutenção tem mesmo grau de relevância. (DHILLON, 2002)

- Controle de carteira e sistema de prioridade:

É necessário o controle da quantidade de equilibrando as necessidades de pessoal e as cargas de trabalho por eles realizadas. As prioridades de trabalho são definidas a partir da importância do item em questão, tipo de manutenção a ser realizada, datas e período de tempo necessários para a manutenção. (DHILLON, 2002)

- Medição de desempenho:

As organizações mais bem sucedidas na manutenção fazem a medição do seu desempenho regularmente, que servem para análises contribuindo no aumento da eficiência do setor de manutenção, revelando a inatividade de equipamentos, servindo para desenvolver novos planos de manutenção, etc. (DHILLON, 2002)

A medição é realizada através de indicadores de desempenho quantificando as informações relevantes para realizar a análise, tomar decisões e assim possibilitar melhor controle sobre os resultados.

2.2 INDICADORES

Para Campos e Belhot (1994) a manutenção, historicamente, tem a característica de não utilizar os recursos eficientemente, elevando os custos. E considera que os recursos, mão-de-obra e materiais apresentam grandes possibilidades para reduzir custos e obter ganhos imediatos.

Duas técnicas são muito utilizadas tanto na implantação quanto no aperfeiçoamento da gestão da manutenção: o *Benchmarking*, que busca compreender e adaptar as práticas relacionadas à busca de maior desempenho; e o *Benchmark*, que são indicadores de desempenho. (AMORIM et al. 2014)

É destacado por Amorim et al. (2014) que os resultados positivos não são alcançadas caso não exista uma mudança de mentalidade e postura das empresas. Para tanto, com as mudanças também são necessários treinamento para os colaboradores da manutenção para oferecer os fundamentos necessários.

Além disso, é necessário que a empresa torne mais rápido e fácil a criação das informações e o seu acesso. Uma excelente forma de se fazer isto é através da utilização de um sistema de informação ou tecnologia de informação, em caso de empresas com grande quantidade de equipamentos.

2.2.1 Tecnologia de Informação e Comunicação x Indicadores

Para se ter um bom nível a manutenção necessita de informações precisas e atuais sobre equipamentos, recursos, histórico de eventos, planejamento e programação, ordens de serviço e execução. (CAMPOS; BELHOT, 1994). A importância da utilização de todas as informações é extrema segundo Cavalcante

(2010), tanto as informais como as formais. Ao lado das pessoas, as informações, são insumos básicos para o desenvolvimento, crescimento e competitividade das empresas.

“A implantação do Sistema de Indicadores da Manutenção-SIM depende fortemente do tipo de informação existente e da forma como ela se torna disponível para todos os setores da organização”. (SOUZA et al., 2012, p.78)

As informações disponibilizadas pelo gerenciamento da produção, informações da manutenção e mais fontes que sejam necessárias, servem como base para o início da elaboração dos indicadores. É para medir o seu próprio desempenho que as organizações em sua maioria estabelecem e analisam seus indicadores. Da mesma forma, a manutenção utiliza seus indicadores com relação aos seus objetivos e a necessidade da produção. (SOUZA et al., 2012)

Para isso os sistemas de informação, também conhecidos como tecnologias de informação e comunicação (TICs), são importantes para a maior utilização dos fluxos de informação. Porém não se pode deixar de levar em consideração o fator humano, visto que o sistema por si só não produz resultado nenhum. (CAVALCANTE, 2010). Por isso para a utilização de um sistema de informações é necessário treinamento e reciclagem da mão-de-obra. (CAMPOS; BELHOT, 1994). Considerando que o comportamento dos indivíduos em relação às TICs pode ser influenciado por vários elementos como cultura organizacional, pessoas, e os próprios fluxos de informação, etc. (CAVALCANTE, 2010)

As informações que serão utilizadas variam conforme o tipo de indicador que se quer fazer.

2.2.2 Indicadores de Manutenção

A maioria das empresas tem como objetivo o maior lucro possível. Esse objetivo traz a necessidade de utilizar melhor os recursos minimizando os desperdícios, medindo-os com a utilização de indicadores. (BONIFÁCIO, 2005)

Viana (2002 apud JASINSKI, 2005) em seu livro PCM cita os seis indicadores conhecidos como Índices de Classe Mundial:

- MTBF – *Mean Time Between Failure* ou TMEF - Tempo Médio Entre Falha;
- MTTR – *Mean Time To Repair* ou TMR – Tempo Médio de Reparo;
- TMPF – Tempo Médio para Falha;

- Disponibilidade Física de Maquinaria;
- Custo de Manutenção por Faturamento;
- Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

Bonifácio (2005) destaca ainda os seguintes indicadores de manutenção além dos indicadores de classe mundial:

- IP (Indisponibilidade de Processo)
- *Backlog*

Os índices de Classe Mundial no Brasil, afirma Bonifácio (2005), são muito utilizados pelo fato da literatura sobre índices serem grande parte importada. Porém existem variações e outros índices que podem ser utilizados, mas sempre estão em grupos de controle como: Gestão de Equipamentos, Gestão de Custos, Gestão de mão-de-obra, Atividades da Manutenção e Organização da Manutenção.

No quadro 1 é apresentado, de acordo com Tavares (1999 apud BONIFÁCIO, 2005), a denominação dos índices considerados mais importantes dentro dos blocos acima descritos.

Gestão de Equipamentos	Tempo médio para manutenções preventivas
	Taxa de falha observada
	Taxa de reparo
	Não conformidade na manutenção
	Não conformidade na manutenção
	Sobrecarga de serviços de manutenção
Gestão de Custos	Componente do custo de manutenção
	Progresso nos esforços de redução de custos
	Custo relativo com pessoal próprio
	Custo relativo com material
	Custo de mão-de-obra externa
Gestão de Mão-de-obra	Custo de manutenção em relação à produção
	Treinamentos dos mantenedores
	Estrutura do pessoal de controle
	Taxa de frequência de acidentes
	Taxa de gravidade de acidentes
Atividades de Manutenção	Trabalhos em manutenção preventiva por estado
	Trabalhos em manutenção preventiva por tempo
	Trabalhos em manutenção corretiva
	Outras atividades do pessoal de manutenção
	Pessoal de manutenção / Total

Quadro 1– Relação da Variação de Índices de Controle

Fonte: Adaptado de Tavares (1999) apud Bonifácio (2005).

Se os indicadores forem confiáveis, com base em fontes que retratem os números reais, auxiliarão nas decisões. Seja investindo em outros projetos ou substituição de equipamentos. (JASINSKI, 2005)

Muitos indicadores de desempenho estão relacionados a confiabilidade e a manutenibilidade dos equipamentos cujos conceitos serão abordados a seguir. Também o conceito de análise de falhas será apresentado, que se encontra dentro da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), pois de nada adianta ter indicadores que apontem frequências de falhas e não saber as causas das ocorrências. A diminuição destas ocorrências só acontecerá quando forem realizadas ações para bloquear as causas.

2.3 CONFIABILIDADE

A metodologia chamada MCC foi criada por Stanley Nowlan e Howard Heap nos anos 70. Publicaram um relatório denominado *Reliability Centered Maintenance* (RCM), procurando definir precisamente os objetivos da manutenção e sempre buscando a preservação do funcionamento do sistema, evitando as falhas. (PORTUGAL, 2006)

Define-se confiabilidade como a probabilidade de um item cumprir com o seu objetivo especificado satisfatoriamente em determinado período de tempo. Isso significa que quando a confiabilidade é baixa a necessidade de manutenção é maior. (DHILLON, 2002)

A NBR 5462 (ABNT, 1994) define confiabilidade como a "capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo".

Estudos foram realizados segundo Dhillon (2002), por 30 anos para definir as causas da baixa confiabilidade nos equipamentos, sendo que a manutenção é a responsável por 17% destes problemas.

A MCC é um processo ordenado empregado para a determinação do que fazer para garantir que as funções requeridas da instalação física seja ininterrupta. Norteia-se principalmente na manutenção preventiva em modos de falha característicos que provavelmente possam ocorrer. O benefício pode ser visto pela

redução de 20 a 25% do volume de trabalho realizado pela manutenção. (DHILLON, 2002)

A confiabilidade (sucesso da operação) e ausência de falhas têm uma relação, que decidirá se o produto será comercializado, proporcionando lucros. Além disso, as falhas também podem causar danos ao meio ambiente e as pessoas. (CARAZAS, 2011)

Uma das ferramentas de destaque, para os estudos de confiabilidade, é a análise de falhas, auxiliando na função dos estudos para o planejamento da manutenção. As análises de falhas permitem a prevenção de falhas recorrentes e também identificam melhorias possíveis para o sistema de manutenção. (TAKAYAMA, 2008)

2.3.1 Análise de falhas

A aplicação da análise de falhas pode ser feita: depois da ocorrência da falha ou durante a operação, realizando a identificação das causas e o bloqueio; antes da ocorrência da falha, onde as causas possíveis são detectadas e o bloqueio é feito; ou ainda na fase de projeto, identificando as possíveis falhas e criando soluções para que quando for feita a implementação do projeto estas não aconteçam. (TAKAYAMA, 2008)

A coleta de informações é o primeiro passo e a parte fundamental para a análise. A real condição do processo ou do equipamento deve estar contida nas informações para que as conclusões sejam corretas. Apesar da coleta de dados ser o primeiro passo, ela permanece durante o processo de análise até o problema ser concluído, devido a novas dúvidas que surgem ou pela necessidade de identificar detalhes que não foram possíveis conhecer no início. (TAKAYAMA, 2008)

Após recolher os dados, a etapa seguinte é a análise das informações e a determinação de como ocorreram os fatos provocando a falha. (TAKAYAMA, 2008)

Durante a vida útil as falhas podem acontecer de forma aleatória e imprevisível. As causas podem ser relativas a design, uso incorreto dos ambientes, defeitos não detectáveis, erro humano, e algumas que nem a manutenção preventiva pode evitar. (DHILLON, 2002)

Os desgastes podem ser relativos ao envelhecimento, manutenção imprópria, componentes com vida curta, fricção, corrosão, desalinhamento, deformação e revisão incorretas. (DHILLON, 2002)

Qualquer modo de falha influência ou está relacionado a problemas de variações fora do esperado para um ou mais dos seguintes fatores: sensibilidade, estabilidade, compatibilidade, manutenibilidade, confiabilidade, operabilidade, reciclabilidade, eficácia geral do equipamento (disponibilidade, desempenho, índice de qualidade) e segurança. (LIMA, 2011, p.33)

Existem muitas técnicas para serem utilizadas para a realização da análise de confiabilidade. Os mais utilizados são conhecidos como análise dos modos e efeitos das falhas (*failure modes and effect analysis* - FMEA) e análise de árvore de falhas (*fault tree analysis* - FTA).(DHILLON, 2002). As ferramentas também podem ser utilizadas em conjunto para chegar à raiz do problema. (TAKAYAMA, 2008)

Particularmente a árvore de falhas oferece uma facilidade de visualizar todas as falhas identificadas e relacioná-las com um evento topo e oferece também, quando pronta, a possibilidade de uma análise quantitativa. Pode-se calcular a probabilidade da ocorrência das falhas. Contudo é necessária a obtenção de informações sobre quantas vezes ocorreram. Para tanto as informações criadas devem também ter a preocupação de auxiliar neste cálculo. As causas dos eventos devem ser armazenadas no banco de dados.

2.3.1.1Árvore de falhas

O método da FTA foi desenvolvido no início dos anos 60 para ser utilizado nos laboratórios da Bell (empresa de telefonia Norte Americana), no controle de lançamento dos mísseis Minuteman. No setor industrial é um dos mais utilizados para realizar a análise de confiabilidade. (DHILLON, 2002)

Além de simplificar as análises de falhas, a árvore de falhas também beneficiao domínio sobre as características dos equipamentos e a integração das equipes de manutenção, operação e projeto. (PORTUGAL, 2006) Também melhoram os sistemas com ou sem troca de componentes reduzindo falhas e aumentando a segurança de operação. (CARAZAS, 2011)

Portugal (2006)apresenta uma série de símbolos para serem utilizados na árvore de falhas, como apresentado noquadro 2.Segundo ele, os símbolos lógicos podem também receber o nome de Gates, por possuírem entradas e saídas.

Símbolo	Nome	Descrição
	Retângulo	Eventos de Saída de Portas Lógicas
	Círculo	Eventos associados a falhas básicas
	Diamante	Eventos não realizados (omitidos)
	Casa	Parâmetro associado a um evento que deve ser monitorado
	Oval	Evento Condicional usado em conectores de inibição
	Triângulo	Conexão com outro símbolo ou evento, possivelmente em outra página
	E	Evento de saída que só ocorre se todos os eventos de entrada ocorrerem
	Ou	Evento de saída que ocorre se pelo menos um dos eventos de entrada ocorrer
	Inibição	Evento de entrada só é transmitido ao evento de saída se o evento condicional ocorrer
	E Prioridade	Evento de Saída ocorre de os eventos de entrada correrem na ordem da esquerda para a direita
	Ou Exclusiva	Evento de saída ocorre se um, mas não ambos, dos eventos de entrada ocorrer
	M em N	Evento de saída ocorre se M em N dos eventos de entrada ocorrerem

Quadro 2 – Elementos da árvore de falhas

Fonte: Portugal (2006)

A árvore de falhas é composta a partir de um evento de topo, que corresponde a principal falha que deverá ser analisada. Esta sofre um desdobramento em outras falhas (eventos básicos) que causam o evento topo, individualmente ou conjuntamente. Este desdobramento da falha partindo de cima para baixo recebe o nome de top down (BATISTA et al., 2012) e ocorre até o evento não ter mais divisões possíveis ou através da limitação da análise. (PORTUGAL, 2006)

Portugal (2006) também cita os eventos intermediários, que são a causa do evento topo e a consequência do evento básico. Os eventos básicos ficam na parte inferior da árvore de falhas, ou seja, não existe outra explicação de causa. Porém outros eventos que podem ficar na extremidade inferior são os do tipo “não”. Estes são eventos intermediários, que têm eventos básicos, porém por motivos específicos ou falta de informações não poderão ser desenvolvidos. (PORTUGAL, 2006)

São utilizados na estrutura da árvore símbolos e operadores lógicos, mostrando as interações entre eventos. Os operadores usados são do tipo: “OU”, se os eventos básicos são independentes entre si para causar o evento topo; e “E”, se os eventos básicos formarem um conjunto para a ocorrência do evento topo. (BATISTA et al., 2012; DHILLON, 2002). “Estes operadores lógicos definirão se os cálculos da probabilidade serão baseados em um processo de união ou interseção”. (BATISTA et al., 2012)

2.3.1.1.1 Construção da árvore de falhas

Os passos fundamentais para a realização da FTA são listados por Dhillon (2002):

- Definição de fatores que representam uma falha no sistema.
- Desenvolvimento de um diagrama de blocos que apresentem as interfaces, entradas e saídas.
- Identificação do evento superior.
- Utilização dos símbolos relacionados a árvore de falhas, destacando as causas contribuintes para a ocorrência do evento.
- Construção da árvore até o nível mais baixo.
- Análise da árvore de falhas.
- Identificação de medidas de correção.
- Documentação e acompanhamento em relação às medidas corretivas.

O desenvolvimento da árvore de falhas se faz do evento topo para baixo. E consiste em se fazer a pergunta sucessivamente: "Como ocorreu este evento?". (DHILLON, 2002). Takayama (2008) descreve mais detalhadamente os passos para fazer a FTA como será visto a seguir.

Primeiramente para a construção da árvore de falhas forma-se uma equipe multidisciplinar e elabora-se um cronograma para a realização do trabalho. Define-se na primeira tarefa o evento do topo para ser efetuada a análise. (TAKAYAMA, 2008)

Para a etapa seguinte de coleta de dados Takayama(2008) indica sugestões de fontes de dados e informações que podem ser reunidas:

- Projetos detalhados;
- Desenhos;
- Cálculos;
- Especificações de materiais;
- Fluxogramas do processo;
- Padrões de operação;
- Normas;
- Relatórios de ensaios e inspeções;
- FMEA e FTA realizados anteriormente e relatórios de falhas anteriores.

Após a compilação é feita previamente uma análise para identificação de quais fatores serão considerados e quais componentes serão analisados. Faz-se então a análise detalhada buscando a compreensão do fluxograma do processo e a função requisitada do sistema. O diagrama causa e efeito pode auxiliar na reunião dos eventos já identificados. Quando todos os eventos estiverem identificados e associados às falhas, pode-se dar início a construção da árvore.(TAKAYAMA, 2008)

A falha é colocada no topo, incluindo os eventos de causa e expandindo a árvore para baixo com o uso da simbologia da árvore de falhas. É necessário fazer uma revisão da árvore verificando a concisão dos eventos relacionados. Nesta etapa também se pode incluir a avaliação de outras pessoas. Para enfim elaborar a versão definitiva.(TAKAYAMA, 2008)

Pode ser feita a análise de forma qualitativa, determinando as falhas básicas e de forma quantitativa. (PORTUGAL, 2006)A análise quantitativa é feita através do cálculo da probabilidade de falhas do evento topo, com a atribuição dos valores de probabilidade dos eventos de níveis mais baixos.(TAKAYAMA, 2008)

Os cálculos são influenciados por operadores lógicos e pelas características do evento. As equações são definidas de acordo com que tipo de eventos está sendo trabalhado: independentes, dependentes, mutuamente independentes ou excludentes.(BATISTA et al., 2012)

Por fim, para cada causa é elaborado um plano de ação para bloquear causas e o evento topo (falha) não acontecer.(TAKAYAMA, 2008)

A compilação das causas facilita a sua descrição nos históricos dos equipamentos e relatórios de análise de riscos. Com isso as decisões e estratégias feitas pelo setor de manutenção tornam-se mais efetivas, com oportunidades maiores de melhoria na qualidade dos serviços, como também redução de eventos reincidentes e riscos.(LIMA, 2011)

2.3.1.1.2 Verificação de efetividade e padronização

Para a conclusão do processo de análise, é preciso verificar se as funcionalidades das ações do plano produziram o efeito esperado, comparando as metas e os resultados, e foram cumpridas nos prazos pré-estabelecidos. (TAKAYAMA, 2008)

O objetivo da análise de falhas é o bloqueio da causa para evitar a sua ocorrência. Caso não for alcançado, precisam-se realizar ações com relação ao erro. Identificando as causas da má eficiência das ações e elaborando outro plano de ação ou ainda outra análise de falhas, em caso da causa fundamental ter sido identificada de forma errada. (TAKAYAMA, 2008)

O sucesso das ações no bloqueio da causa raiz, colabora para a geração de uma padronização baseada no plano de ação. Para a eficácia da padronização é necessário a revisão dos planos de manutenção e padrões de operação do equipamento. As alterações precisam ser comunicadas ao pessoal que tem envolvimento com o processo ou o equipamento, através de treinamentos.(TAKAYAMA, 2008)

2.4 MANTENABILIDADE

A manutenibilidade de um item é a capacidade de manutenção ou recolocação deste para que execute as suas funções, sob as condições específicas de uso, onde a manutenção é realizada em determinadas condições e com procedimentos pré-estabelecidos. (NBR 5462, 1994)

Ao contrário da manutenção, que corresponde a reparar ou a manter um equipamento ou item, a manutenibilidade tem o objetivo de reduzir o tempo em que a reparação é realizada.(DHILLON, 2002)

Historicamente a manutenibilidade pode ser encontrada em uma cláusula, que se referia ao desenvolvimento de um avião feito pelo Exército dos EUA para os irmãos Wright, onde constava que o este precisava ser de operação e manutenção simples. Em 1956 foram publicados uma série de doze artigos sobre o tema. No ano seguinte um relatório com várias recomendações que serviram como base para as normas de manutenibilidade, foi feita pelo *Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment* (AGREE). Este estabelecido pelo Departamento de Defesa dos EUA.(DHILLON, 2002)

Entre os principais fatores que torna importante a manutenibilidade estão os altos custos de operação e suporte, relacionados a falhas e posterior manutenção. Como principal objetivo esperado da manutenibilidade é a maximização da disponibilidade dos equipamentos e das instalações. Outros objetivos são a redução do tempo de manutenção e os seus custos, através da simplificação da manutenção pelo design, determinação de horas trabalhadas e de outros recursos que se fazem necessários na execução da manutenção, e a utilização dos dados de manutenibilidade para a determinação da indisponibilidade ou disponibilidade do item.(DHILLON, 2002)

Várias características relacionados a manutenibilidade de um sistema ou item precisam ser trabalhadas já no projeto. Muitas destas questões surgem durante o ciclo de vida do sistema, necessitando assim a existência de um diálogo do usuário com o fornecedor. O ciclo de vida compreende o desenvolvimento de conceitos, a validação, a produção e a operação.(DHILLON, 2002)

A manutenibilidade é calculada pela probabilidade do restabelecimento, começando em $t = 0$ e terminando no tempo t . (DHILLON, 2002; FILHO,2006)

Alguns exemplos citados por Dhillon (2002) de medidas que usualmente são utilizadas para fazer a análise da manutenibilidade são:

- o tempo médio de reparação (MTTR);
- o tempo médio de manutenção preventiva;
- e a indisponibilidade de manutenção.

Para saber se o tempo de manutenção está satisfatório será necessária uma comparação com o tempo aceitável. Portanto a existência de procedimentos padrões com seus respectivos tempos padrões é componente fundamental para uma medição de manutenibilidade.

2.5 PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

A definição dada por Ferreira (2012) trata o Procedimento Operacional Padrão (POP) como um documento onde constam os trabalhos repetitivos, de acordo com um planejamento, para alcançar uma meta. A autora também cita o conteúdo do documento:

- Lista dos equipamentos;
- Peças e materiais utilizados;
- Padrões da qualidade;
- Descrição dos procedimentos;
- Condições de fabricação, operação e proibições da tarefa;
- Itens de controle, seus métodos e características da qualidade;
- Anomalias que estão sujeitas a ação;
- Roteiro de inspeção.

O POP tem como finalidade padronizar tarefas e minimizar desvios, para que o processo ocorra corretamente. Um POP garante a qualidade das ações para qualquer usuário quando este se dirige ao estabelecimento para a execução. Isso permite uma previsibilidade maior dos resultados. (FERREIRA, 2012)

Cuidados a serem tomados na realização do documento segundo Ferreira (2012):

- Não se devem copiar procedimentos de outras empresas ou livros, pois existem distinções entre estes e o estabelecimento da empresa.
- O principal colaborador para o desenvolvimento dos procedimentos é a pessoa responsável pela execução.
- O funcionário deve ter treinamento, habilitação e qualificação para executar sua tarefa.
- É necessário fazer análises sobre a aplicação dos procedimentos e se estes estão sendo utilizados.
- A linguagem do POP de preferência deve ser simples e objetiva.

O documento precisa ser aprovado pelos supervisores, coordenadores e diretores. (FERREIRA, 2012)

3 DESENVOLVIMENTO

A seguir será feita a descrição da empresa, a análise dos fluxos de informação entre PCM, mantenedores e produção, para que seja possível identificar os principais problemas ocorrentes neste fluxo de informações e também identificar os efeitos que estas deficiências causam sobre os indicadores de desempenho e tomadas de decisões.

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O estudo de caso foi realizado por seis meses em uma empresa de alimentos em Carambeí – PR, no setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). Fazem parte deste setor de quatorze a dezesseis pessoas, pois conforme a necessidade são contratados menores aprendizes ou mais estagiários. Quatro são inspetores, três programadores, normalmente dois estagiários, uma pessoa responsável pelos orçamentos e materiais, uma pela lubrificação, outro com diversas atividades não muito bem definidas e dois engenheiros mecânicos, sendo um deles o supervisor.

O setor responsável pela manutenção é composto tanto pelo PCM quanto pelos mantenedores. O PCM na maior parte de suas atividades não tem por fim executar a manutenção, mas garantir a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos para a produção através do gerenciamento dos recursos da manutenção.

A execução da manutenção fica sob a responsabilidade dos mantenedores, que também possuem seu supervisor, cumprindo as atividades que são programadas pelo PCM, atendendo emergências e melhorando equipamentos com apoio da engenharia. Também tem responsabilidade sobre os históricos e as informações sobre os equipamentos.

O trabalho do PCM envolve o planejamento, programação, provisão de materiais, assim como também a coordenação e controle de serviços feitos pelos mantenedores, o que permite a redução dos custos de manutenção, bem como maior rendimento dos equipamentos para permitir ganho de produtividade.

Os planos de manutenção para os equipamentos e seus componentes são estudados caso por caso pelo PCM, analisando as exigências de cada um e

decidindo de que forma será feita a manutenção. Analisando os custos, disponibilizam-se as peças e programam-se manutenções para a execução dos mantenedores no tempo mais apropriado. Porém nada impede as sugestões dos mantenedores quanto à manutenção.

Para auxiliar estas atividades a empresa possui um sistema de informação que auxilia as análises e permite melhor gerenciamento dos recursos. São cadastrados os locais de instalação, que são correspondentes aos espaços onde os equipamentos (ativos) estão instalados. Assim também é possível criar uma árvore de equipamentos e suas respectivas listas de componentes.

Cada componente, equipamento e local de instalação recebe um código, que permite o controle sobre a realização de compras de materiais, assim como a realização de planos de manutenção para os equipamentos.

3.1.1 Informações através de ordens e notas

O sistema de informação utilizado pela empresa dá a possibilidade de fazer notificações de melhorias, ação corretiva e serviço já executado. Das quais apenas a corretiva não compete à manutenção e sim é aberta pela produção durante ou após uma manutenção corretiva onde existiu parada da máquina.

As ordens de manutenção, necessárias para apontar material consumido e mão de obra utilizada, podem ser criadas com ou sem referências as notas. Este último caso acontece quando são feitas manutenções preventivas, pois não são abertas notas para as mesmas, ou também quando são feitas manutenções em equipamentos reservas. Quando a ordem faz referência à nota, os dados da mesma são também apresentados na ordem, como por exemplo, o defeito e a causa.

As ordens que podem ser criadas são: de melhorias, de manutenção corretiva, de manutenção preventiva e manutenção preditiva. Quando existem planos de manutenção para os equipamentos as ordens são geradas automaticamente.

Toda semana os mantenedores fazem a apropriação de horas relativas às suas atividades de manutenção através das ordens. Deste modo o PCM tem acesso às atividades que os mantenedores executaram, os materiais utilizados, a duração da manutenção e em qual equipamento.

3.1.2 Problemas Encontrados

Em geral o setor de PCM consegue bons resultados, tendo em vista que são feitas reuniões semanais de planejamento com atenção aos indicadores, reduzindo a indisponibilidade por manutenção não programada. As mais longas paradas foram sendo então eliminadas, restando paradas não programadas com menores tempos.

O setor realizava uma grande revisão de equipamentos e seus planos de manutenção, porém uma das dificuldades encontradas era a falta de informações sobre as falhas ocorridas em alguns componentes de equipamentos, principalmente aquelas que não causavam grandes paradas, pois a atenção estava mais voltada para as não programadas que causavam grande perda de tempo. Fica difícil sugerir qual plano de manutenção será o melhor para um equipamento quando se tem poucas informações sobre a falha dos componentes, sem maiores detalhes. O cálculo para realizar uma manutenção preventiva antes que o material quebre novamente não permite agir na causa raiz. Isso porque não se conhece as causas que levaram o componente a falhar.

Outro problema ocorre em relação às apropriações de horas. Existiam casos em que eram apropriadas atividades que não foram desenvolvidas e que nunca existiram. Deste modo apesar de não se ter trabalhado o indicador pessoal poderia ficar acima da meta. Assim como também existiam atividades que foram realizadas, mas não ocorria o lançamento no sistema, pois alguns deles não davam importância a isto.

O tempo das atividades também não era muito fiel. Muitos lançavam todas as atividades em uma só apropriação, com a hora total de serviço no dia. Outros perdiam bastante tempo apropriando atividade por atividade.

Por ocasião do controle sobre as notificações e ordens para alcançar a meta, os mantenedores buscavam também encerrar algumas atividades que ainda não tinham sido realizadas.

Outro ponto é que existia uma reclamação por parte dos mantenedores sobre as notas lançadas pela produção. Em alguns casos acontecia de o mantenedor atender a solicitação realizada por rádio pela produção. Porém a produção não lançava as notificações no sistema. O mantenedor, portanto via-se obrigado a criar uma nota para poder fazer a apropriação do trabalho realizado.

Deste modo a verificação da quantidade de avarias que aconteceram realmente no mês, possível de serem calculadas através das notas, não era tão

confiável, porque existiam ocorrências dobradas, inexistentes e também não lançadas.

Todos esses desvios de comportamento fazem com que os indicadores relacionados as apropriações, notas e ordens não sejam confiáveis. Porém pode-se perceber que este comportamento em muitos casos são apenas reações para o cumprimento da meta estabelecida.

3.2 PROPOSTA DE MELHORIA

Fica evidente, como apresentado no tópico 2.2, que sem indicadores capazes de apresentar a real situação em que a manutenção se encontra é impossível tomar decisões de mudança ou melhorias.

Não há sentido em fazer indicadores falsos onde não é possível verificar o andamento da manutenção e tomar decisões. Por isso é preciso revisar a maneira de conseguir as informações que são passadas através do sistema de informação, para que sejam as mais fiéis possíveis ao que realmente está acontecendo dentro das instalações. Informações que principalmente surgem através dos mantenedores e da produção. Das quais as mais importantes para o PCM são as que surgem a partir dos mantenedores.

Não existem muitas opções para que ocorra esta melhoria, afinal não é possível que todos os mantenedores sejam supervisionados a todo o momento para saber se o que consta em suas apropriações é condizente com o seu trabalho. Uma pessoa para fazer as apropriações para todos os mantenedores também não daria resultado, facilitaria o seu trabalho, porém as informações teriam origem ainda no mantenedor e, portanto não mudaria o seu conteúdo.

A única opção é que os mantenedores tenham a possibilidade de abastecer o sistema com informações verdadeiras espontaneamente, para que os indicadores de desempenho também sejam reais.

As principais informações com relação à confiabilidade e manutenibilidade são o tempo de manutenção e as falhas ocorridas nos equipamentos.

São propostas neste trabalho a utilização do método da árvore de falhas e a elaboração do procedimento operacional padrão para manutenção com os tempos esperados de manutenção.

3.3 ÁRVORE DE FALHAS

Para a elaboração de uma árvore de falhas são necessárias o recolhimento de dados sobre os equipamentos e análises de causas e efeitos. Isso não é possível de ser feito neste trabalho para as falhas da empresa em questão, pelos problemas já mencionados com relação a geração de informação. Por isso opta-se aqui por expor uma árvore já elaborada, feita para um equipamento parecido com o que existe na empresa, com intuito de exemplificar a utilização na proposta.

A árvore foi elaborada por Vicente (2012) para um sistema de transporte, baseada em dados e análises que mostravam a indisponibilidade causada pelas falhas e sua frequência acumulada durante um período determinado de estudo. Para levantar as causas foi utilizada a técnica *Brainstorming*. A autora considerou como evento topo a indisponibilidade no sistema de transportes, como mostra a fig. 5, para chegar a outras falhas e com o objetivo de planejar ações para contê-las. Também apresenta uma segunda árvore de falhas na fig. 6 relativa à queima dos motores do sistema de transporte.

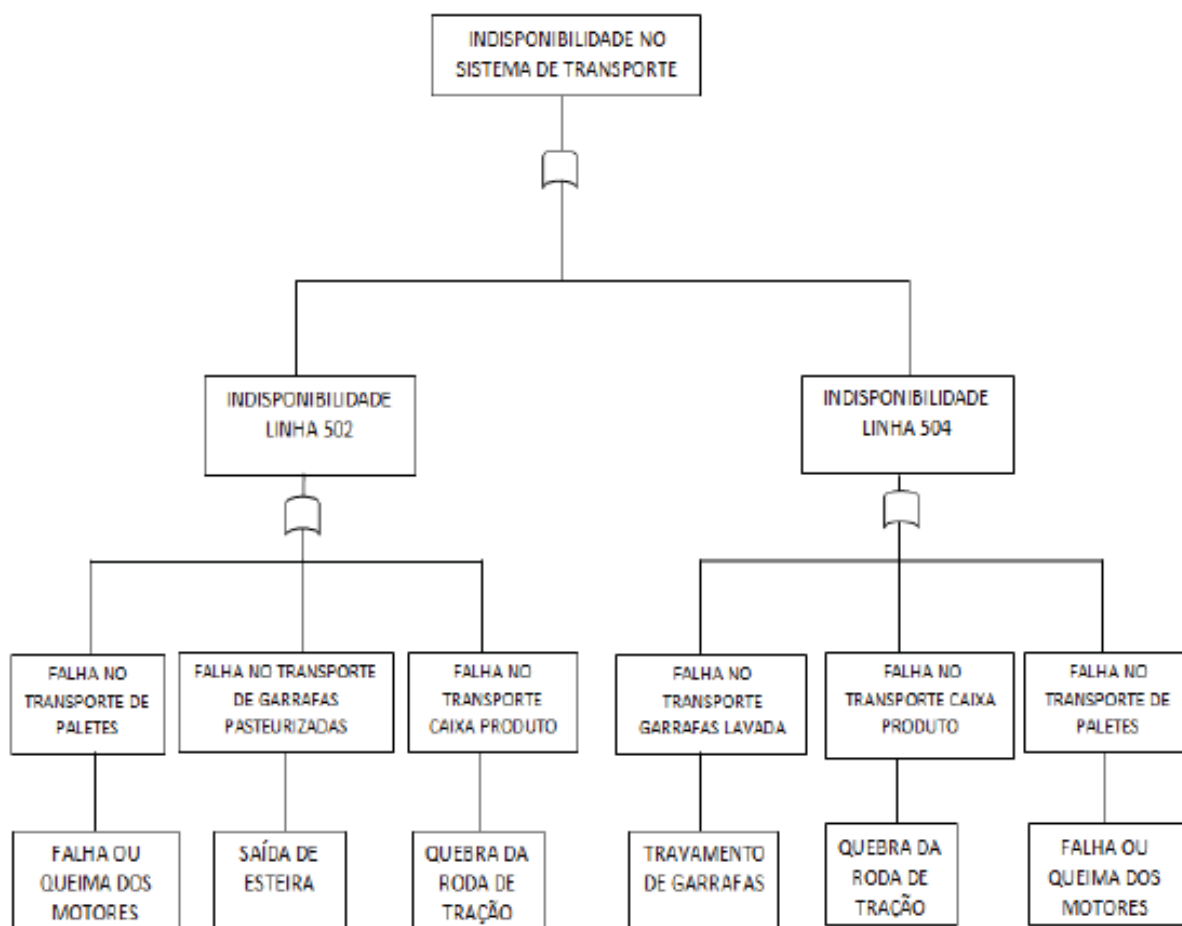


Figura 5 - Árvore de falhas da indisponibilidade no Sistema de Transporte
Fonte: Vicente (2012)

A partir da árvore de falhas Vicente (2012) faz algumas recomendações e enfatiza a criação, execução e verificação de planos de ação, para evitar as falhas

Além do auxílio nas decisões para evitar as falhas, a aplicação neste trabalho se justifica para a obtenção de informações. Ao ter acesso a árvore de falhas e saber qual o objetivo desta, o mantenedor terá maior compromisso com as informações prestadas por ele nas tratativas, relacionando-as com a árvore de falhas ou auxiliando na sua composição. Assim, quando posteriormente for necessária a realização do cálculo de probabilidades, existirá um histórico consistente para a análise quantitativa.

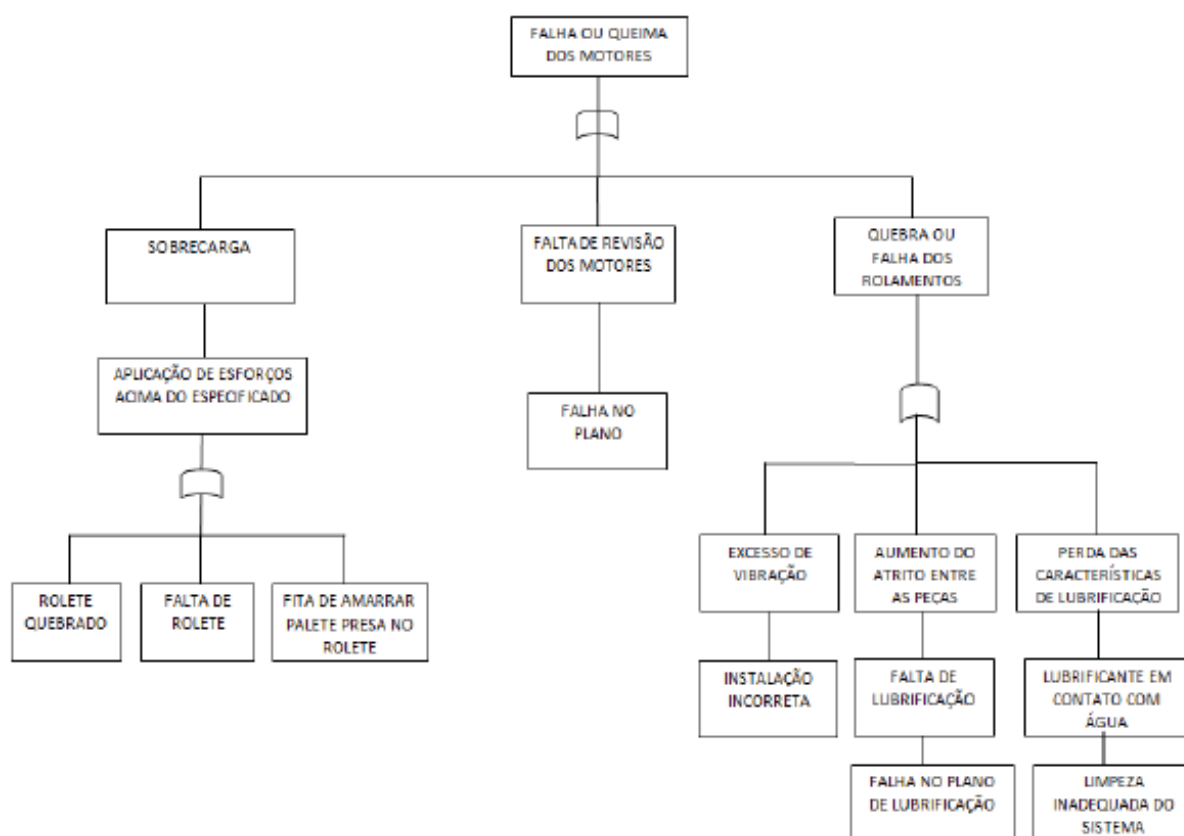


Figura 6- Árvore de falhas referente a falha ou queima dos motores

Fonte: Vicente (2012)

Analisando como exemplo o caso de uma sobrecarga, o mantenedor pode informar na tratativa somente a expressão “sobrecarga”, sem considerar as causas dessa sobrecarga. De acordo com a figura 6, se o mantenedor se basear na árvore de falhas, perceberá que deve colocar mais informações além da sobrecarga e da aplicação de esforços acima do especificado, que seriam bastante vagos. As três causas do último evento ou ainda uma causa ainda não identificada, onde esta poderia ser acrescentada a árvore de falhas, serão importantes nos cálculos de probabilidade futuramente.

O desenvolvimento da árvore de falhas pode ser iniciado com base em vários trabalhos existentes e à medida que falhas novas forem percebidas, estas podem ser acrescentadas para a árvore.

3.4 PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)

Para a elaboração dos indicadores relacionados à manutenibilidade dos equipamentos faz-se necessário a comparação entre o tempo em que foi realizada a manutenção e o tempo padrão. Uma das atividades da engenharia de manutenção é buscar a simplificação, tornando a manutenção mais fácil e rápida de se fazer. A redução do tempo de manutenção reflete também na redução de custos e na produtividade, por isso as informações com relação ao tempo de trabalho são essenciais neste âmbito.

Para que a engenharia de manutenção possa se comprometer com a manutenibilidade é preciso ter procedimentos padrões para os equipamentos. Estes podem ser comparados com o trabalho que está sendo feito pelos mantenedores, com o intuito de saber se o trabalho é satisfatório.

Contudo a não conformidade de um indicador de manutenibilidade não quer dizer que os mantenedores estejam fazendo um trabalho ruim, mas alguns fatores como ferramentas, design do equipamento, instalações, entre outros irão influenciar no tempo de manutenção. A adequação destes fatores poderá ser feita pela engenharia, para melhorar a manutenibilidade. Por isso as dificuldades encontradas na realização da manutenção também têm sua relevância.

Os planos de manutenções preventivas e preditivas no sistema de informação da empresa já contém informações sobre o seu tempo estimado, que não podem ser comparados com muitas apropriações pelo seu conteúdo duvidoso. Além disso, seria importante ter um documento como o POP para a comparação com as manutenções corretivas.

O POP deve conter informações sobre os passos da manutenção e o tempo de realização. Também se pode acrescentar uma lista de dificuldades que o mantenedor possa encontrar, com o objetivo de incentivá-lo a relatá-las.

A utilização do POP não deve se restringir ao PCM para a elaboração dos indicadores, pois se os mantenedores tiverem acesso ao documento, poderão fazer uma avaliação do trabalho desempenhado e a relatar os empecilhos encontrados na manutenção que resultaram em um tempo não aceitável.

Para a realização do POP é essencial que os mantenedores participem da sua elaboração, pois são os colaboradores que melhor conhecem o passo a passo

prático da manutenção e poderão contribuir de forma bastante consistente para a descrição das melhores práticas para o PCM.

3.5 TREINAMENTO DOS MANTENEDORES

Após serem desenvolvidos as árvores de falhas e os POPs de manutenção para os equipamentos, o treinamento dos mantenedores para a sua aplicação é fundamental para a correta utilização das ferramentas.

O treinamento deverá apresentar os conceitos da árvore de falhas e os objetivos de sua utilização. Também deverá ser enfatizada a importância das informações serem apresentadas adequadamente nas tratativas, para posteriormente ser possível realizar as análises qualitativa e quantitativa da árvore de falhas.

Da mesma forma o treinamento sobre o POP de manutenção deve expor os benefícios que serão conseguidos a favor da manutenibilidade em relação ao tempo de manutenção e as dificuldades de manutenção. Deve-se salientar que estas ferramentas buscam auxiliá-los nas informações com relação a falhas, tempo e dificuldades de manutenção.

Acima de tudo, o treinamento não deve fazer com que o mantenedor sinta um peso excessivo por estar sendo supervisionado e avaliado pessoalmente com estas exigências, mas é necessário que este produza um sentimento de estar colaborando pela melhoria da produtividade da empresa, motivando assim a sua sinceridade ao transmitir informações.

Para motivá-los também será importante a apresentação das árvores de falhas, POPs e indicadores em painéis, em caso de empresas menores, ou no sistema de informação, em caso de empresas que disponibilizem este recurso. Isso servirá como base de comparação e autocrítica sobre o trabalho realizado.

Outra medida importante a ser tomada é a verificação se os mantenedores aderiram aos novos procedimentos e caso necessário realizar novo treinamento com uma abordagem diferente, inclusive adotando mecanismos de gestão à vista, para que as informações dos mantenedores sejam públicas.

4 CONCLUSÃO

Com a descrição sobre a geração de informações na empresa com base na experiência de estágio e a identificação das não conformidades apresentadas no trabalho, foi possível propor a utilização da árvore de falhas e do procedimento operacional padrão, voltados para a manutenção, como auxílio na busca por informações consistentes para a elaboração de indicadores mais confiáveis.

A exposição da árvore de falhas, POP de manutenção e dos indicadores nos painéis de gestão à vista, ou no sistema, proporcionarão aos mantenedores uma maior atenção aos indicadores e os motivarão a participarem mais efetivamente do sucesso da empresa, através da contribuição para a realização de indicadores fiéis a realidade. As apropriações e tratativas poderão ser feitas de forma a serem comparadas com a árvore de falhas e o POP de manutenção. Ressaltando também a necessidade de treinamento para que exista a compreensão da necessidade da confiabilidade dos indicadores.

Posteriormente, com o comprometimento dos mantenedores, haverá informações mais precisas, com dados suficientes para quantificar as falhas conforme a árvore de falhas e também o tempo de manutenção conforme o POP de manutenção. As informações das principais dificuldades encontradas na manutenção estarão disponíveis, permitindo fazer análises das mesmas e melhorar a manutenibilidade.

O trabalho, portanto contribui com uma proposta para o aumento da confiabilidade dos indicadores, visando à busca de informações reais para resultar em indicadores reais.

Em empresas pequenas a supervisão dos mantenedores é mais fácil e também a verificação das informações por eles apresentadas, ao contrário das empresas grandes. Por isso a utilização de um dispositivo móvel para lançar dados em tempo real poderia auxiliarno controle da veracidade de informações.

Existem dispositivos móveis para abastecer o banco de dados em tempo real, porém seria necessário desenvolvê-los para que atendam as necessidades. O sistema de informação deveria estar abastecido com as árvores de falhas e dificuldades de manutenção para que o mantenedor não perdesse tempo escrevendo as informações.

5 REFERÊNCIAS

AMORIM, João P. N. de; OLIVEIRA, Luciana P. de, MENDIONDO, Roberta. Fatores que influenciam na gestão da Manutenção: estudo sobre uma empresa de tv a cabo e internet banda larga. CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA EM GESTÃO. 10., 2014, Rio de Janeiro. **Responsabilidade Social e Sustentabilidade: Gerenciamento da continuidade dos negócios, gestão de riscos e crises.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**:confiabilidade e manutenibilidade,Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BATISTA, Bruna D.; Gomes, Glayce K.; Baltazar, Aline V. A árvore de falhas (fta) como ferramenta para o alcance da excelência no processo de fornecimento de água quente por aquecedores solares. In. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção.**

BONIFÁCIO, Marcos A. **Manutenção Industrial**: uma discussão entre a relação dos investimentos aplicados e os resultados operacionais e ambientais obtidos. 2005. 185 f. Dissertação de Mestrado (Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2005.

CAMPOS, Fernando Celso de e BELHOT, Renato Vairo. Gestão de manutenção de frotas de veículos: uma revisão. **Gestão & Produção online**, vol.1, n.2, p. 171-188, ago. 1994. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/gp/v1n2/a04v1n2.pdf> >. Acesso em: 1 set. 2015.

CARAZAS, Fernando Jesús Guevara. **Decisões baseadas em risco – método aplicado na indústria de geração de energia elétrica para a seleção de equipamentos críticos e políticas de manutenção.**2011. 238 f. Tese (Engenharia Mecânica de Projeto de Fabricação) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CAVALCANTE, Luciane de F. B. **Gestão do comportamento informacional apoiada na cultura organizacional e em modelos mentais.** 2010. 240f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação – Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista, Marília, 2010.

DHILLON, B. S. **Engineering Maintenance**: a modern approach. Florida: CRC Press LLC, 2002.

DUTSCHKE, Jeffrey. **The Evolution of Maintenance Practice.** Disponível em : <https://www.maintenanceassistant.com/blog/evolution-maintenance-practice/>>. Acesso em 8 set. 2015.

FERREIRA, Edilene S. de O. **Viabilidade da produção sustentável de café em uma fazenda do sul de minas gerais.** Cadernos Universidade do Café. Vol. 6.

[S.I.].2012. Disponível em: <http://pensa.org.br/wp-content/uploads/2015/03/Cadernos-UDC_2012.pdf>. Acesso em 01 out. 2015.

JASINSKI, Arnaldo. **Modelo de Planejamento de Manutenção**. 2005. 120 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos de Fabricação Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

LIMA, Marcos José de. Taxonomia dos modos e causas de falhas aplicada na tecnovigilância de equipamentos médico-hospitalares. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica e Saúde online**.v. 4, n. 4, 2011. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufrn.br/reb/article/view/1495>> Acesso em: 5 set. 2015.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**. 2 ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

NUNES, Enon L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. 146 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PORTUGAL, Bruno Fragoso. **Utilização de árvore de falhas como subsídio para manutenção centrada em confiabilidade de locomotivas**. 2006. 65 f. Monografia (Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, J. B.; SACOMANO, J. B.; KYRILLOS, S. L.; MILREU, F. J. S. Indicadores de desempenho da função manutenção: um enfoque em aciarias brasileiras. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, ano 7, n. 3, p. 75-89. [S.I.]. jul-set. 2012.

TAKAYAMA, Mariana A. S. **Análise de falha aplicada ao planejamento estratégico da manutenção**. 2008. 57 f. Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

VICENTE, PATRÍCIA G. **Análise da aplicabilidade da ferramenta FTA no estudo de falhas de manutenção em uma indústria**. 2012. 64 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2012.