

## ESTUDO PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO GRUPO MOTO GERADOR EM UMA EMPRESA NO SETOR DE VAREJO

José Antonio Poletto Filho<sup>1</sup>

André Guilherme Munhoz Evangelista<sup>2</sup>

### RESUMO

Atualmente uma preocupação da empresa em questão é falta de abastecimento de energia elétrica em suas lojas, pois todo seu sistema de gestão e abastecimento das câmaras frias depende da energia. A empresa adquiriu um conjunto de moto gerador para todas as unidades de negócio, tentando desta forma resolver este problema e utilizar também em horários de pico, onde o valor da energia é maior. Porém devido ao constante uso dos equipamentos e com uma manutenção realizada de forma inadequada, apresentaram falhas que impediam a sua utilização. Visando minimizar estes inconvenientes e aumentar a disponibilidade dos equipamentos foi proposto o presente estudo que tem como objetivo propor estratégias para o aumento da vida útil e a melhoria do funcionamento do grupo moto gerador, viabilizada por uma proposta de técnicas específicas que visam aumentar a eficácia nas atividades atuais no setor de manutenção.

**Palavras-chave:** manutenção, falha.

### ABSTRACT

Currently a concern of the company in question is lack of electricity supply in its stores, because its entire system of management and supply of cold rooms depends on energy. The company acquired a set of motorcycle generators for all business units, trying to solve this problem and also use at peak times, where the energy value is higher. However, due to the constant use of the equipment and inadequately maintained maintenance, they presented flaws that prevented its use. Aiming to minimize these inconveniences and increase the equipment availability, the present study was proposed to propose strategies to increase the useful life and improve the functioning of the generator set, made possible by a proposal of specific techniques aimed at increasing efficiency in Current activities in the maintenance industry.

**Keywords:** maintenance, failure.

<sup>1</sup> Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade São Francisco, Mestrado e Doutorado em Engenharia pela Universidade Estadual Paulista - UNESP. Especialização em Segurança do Trabalho - Unicamp, Especialização em Meio Ambiente - Unicamp, Especialização em Higiene Ocupacional - USP, Especialização em Tecnologias de Informação e Comunicação, Educação Ambiental e Gerenciamento de Recursos Hídricos - UNESP, Especialização em Ergonomia - SENAC, Licenciatura - Mecânica - Fatec, Licenciatura - Segurança do Trabalho - Fatec.

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Eurípides de Marília - Univem (2015). Desde o ano de 2010, atuo na área de projetos e desenvolvimento. Conhecimento em organização e layout de espaços, planejamento e ampliação de áreas destinadas à produção ou vendas, elaboração de projetos gráficos (AutoCAD) para estudos de expansão ou otimização de espaços, desenho de plantas físicas para projetos de arquitetura; desenho, compatibilização e acompanhamento de execução de projetos para redes elétricas, hidráulicas, frigoríficas e sistemas de combate a incêndio, acompanhamento e fiscalização de obras. (andre.munhoz@hotmail.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

É cada vez mais notável o aumento da industrialização e competição em qualquer setor do mercado, desta forma é necessário que as empresas tentem alcançar a excelência, criando métodos para garantir a qualidade, confiabilidade e estabilidade no mercado. Desta forma a melhoria nos processos produtivos é essencial para alcançar tal objetivo. Sendo assim, os procedimentos de manutenção assumem papel de fundamental importância, pois os equipamentos mantidos corretamente tem maior possibilidade de estarem disponíveis no momento de sua utilização. Portanto os procedimentos de manutenção devem ser previstos para que a atividade não se torne simplesmente um procedimento de urgência, realizada muitas vezes de forma improvisada somente para corrigir falhas inesperadas.

Nesse contexto uma das grandes preocupações da empresa objeto deste estudo é a falha no abastecimento de energia elétrica de seus departamentos, e para evitar tal contratempo a empresa em questão investiu em um grupo de moto gerador com o objetivo de evitar a ocorrência de falta de energia elétrica em suas instalações. No entanto os geradores instalados estão apresentando falhas frequentes. Visando minimizar estes contratempos esse estudo tem por objetivo propor estratégias para o aumento da vida útil, melhorar o funcionamento e aumentar a disponibilidade do grupo moto gerador. Com este objetivo foram propostas e aplicadas técnicas de manutenção preventiva utilizadas como ferramentas de melhoria.

Ao concluir o estudo comprovou-se a eficácia da ferramenta para melhorar a qualidade do processo e do produto final.

## 2. OBJETIVO

Propor planos e estratégias de manutenção preventiva para reduzir o número de falhas e aumentar a vida útil dos componentes de um grupo moto gerador em um supermercado no município de Marília/SP.

## 2.1 Justificativa

Excesso de paradas por falha do moto gerador causando prejuízos financeiros para a empresa e perda de produtos que necessitam de refrigeração. Além disto, o custo da energia elétrica gerada pelo equipamento é menor quando comparado com o valor cobrado pela concessionária no horário de pico.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que se possa justificar a importância da Manutenção Preventiva, faz-se necessário um estudo sobre o conceito e evolução do tema em estudo.

Kardec e Nascif (2009) relatam que “a Missão da Manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”. Os mesmos autores defendem que o ato de fazer a manutenção exige uma mudança cultural da empresa, onde é preciso deixar de ficar consertando continuamente, tentar alterar situações de mau desempenho e melhorar padrões e sistemas, visando sempre o aumento da competitividade.

### 3.1 A Evolução Histórica do Conceito de Manutenção

Segundo Moreira (2011) com o início da produção seriada implantada por Henry Ford, houve a necessidade de estabelecer programas mínimos de produção e aumentar a disponibilidade dos equipamentos produtivos sendo necessária desta forma a criação de equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível, cujo objetivo básico era de execução da Manutenção Corretiva.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção divide-se em quatro gerações:

**Primeira Geração:** Nasceu ao lado da mecanização e permaneceu inexpressiva até o momento histórico da segunda grande guerra, onde até então, diante de uma demanda de baixos índices para a produção industrial, indisponibilidades corriqueiras eram perfeitamente possíveis. Basicamente realizar manutenção resumia-se a corrigir falhas que já haviam ocorrido e a visão da empresa perante as falhas era a de que todos

os equipamentos se desgastavam e as falhas eram inevitáveis, as competências técnicas e gerenciais dos profissionais eram mínimas;

**Segunda Geração:** a partir da segunda grande guerra em diante, com os aumentos significativos da demanda industrial, a exigência de altos níveis de produção e a escassez da mão-de-obra devido ao deslocamento humano para as frentes de batalha, as indústrias dependiam cada vez mais do maquinário e de suas linhas de produção, que não podiam sofrer paradas constantes. Isso fez surgir os estudos para previsão de falhas e redução de paradas, nascia assim o conceito de manutenção preventiva e preditiva. Os conceitos de falhas, manutenção preventiva e manutenção preditiva (técnicas que predizem as condições dos equipamentos) surgiram na década de 60 paralelamente com os primeiros sinais de Planejamento da Manutenção e de Sistemas de Controle, que fortaleceriam as práticas de manutenção e análises de custos visando aumentar a vida útil dos itens físicos.

**Terceira Geração:** A partir da década de setenta, através da utilização crescente da mecanização aliada à automação, e à tendência mundial de utilizar sistemas *just in time* - que é um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa - houve um salto evolutivo que exigia confiabilidade e disponibilidade no processamento de dados, telecomunicações, gerenciamento de edificações. Nesse momento da história confiabilidade e disponibilidade não eram mais diferenciais e sim pré-requisitos. Reforça-se o conceito de utilização da manutenção preditiva, maior confiabilidade, maior disponibilidade, melhor relação custo-benefício e também a preocupação com a preservação do meio ambiente.

**Quarta Geração:** as indústrias têm como objetivos a maximização dos ganhos e minimização dos custos das operações; a manutenção ganha novas funções ligadas ao meio-ambiente, à segurança patrimonial e pessoal e à integridade dos ativos físicos, e a sistemática adotada é o desenvolvimento de projetos que visavam a integração das áreas de engenharia, manutenção e operações. Acreditava-se que a qualidade de um projeto estava associada a produtos com qualidade desejada.

A Tabela 1 reúne os postos-chaves de cada geração da evolução da Manutenção.

### 3.2 Tipos de Manutenção

De acordo com Kardec e Nascif (2009), os tipos de manutenção podem ser classificados de acordo com a atitude dos usuários em relação às falhas e, por isso é importante uma caracterização mais objetiva no momento de classificar os tipos de manutenção, que são classificados em seis categorias:

- Manutenção Corretiva-não planejada: Ação após a ocorrência, sem planejamento.
- Manutenção Corretiva Planejada: Ação planejada, função de inspeção ou acompanhamento preditivo.
- Manutenção Preventiva: Ação Planejada com intervalos definidos em planejamento.
- Manutenção Preditiva: Inspeção e acompanhamento dos parâmetros físicos dos equipamentos.
- Manutenção Detectiva: Inspeção para detecção de falhas oculta.

Tabela 1 – Evolução da Manutenção.

Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
1940 - 1950	1960 - 1970	1980 - 1990	2000 - 2010
Conserto após a falha	Disponibilidade crescente, maior vida útil do equipamento.	Maior disponibilidade melhor relação custo-benefício Preservação do meio ambiente	Maior disponibilidade, melhor relação custo-benefício, preservação do meio ambiente, segurança, influência nos resultados do negócio, gerenciar os ativos.
Equipamentos se desgastam com o tempo e falham.	Equipamentos se desgastam de acordo com sua utilização.	Existência de padrões de falha.	Reduzir drasticamente falhas prematuras.
Habilidades voltadas para o reparo	Planejamento manual da manutenção, computadores grandes e lentos manutenção preventiva	Manutenção preditiva, análise de riscos, computadores pequenos e rápidos, softwares potentes grupos de trabalhos multidisciplinares projetos voltados para a confiabilidade contratação por mão de obra e serviços.	Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição, minimização nas manutenções preventiva e corretiva não planejada análise das falhas técnicas de confiabilidade, engenharia de manutenção projetos voltados para confiabilidade manutenibilidade e custo do ciclo de vida contratação por resultados.

Fonte: Kardec e Nascif (2009, pag. 5)

É importante ressaltar que na categoria preditiva há manutenção somente quando as instalações necessitarem, pois incluem monitoramentos contínuos servindo de base para programação da atividade é evidente que para esse tipo de manutenção há a necessidade do comprometimento dos operadores, que serão os responsáveis pelo monitoramento do desempenho do equipamento. Kardec e Nascif (2009), afirmam que a manutenção preditiva é realizada pelo acompanhamento das funções do equipamento, sendo esta a primeira grande quebra de paradigma na manutenção. Com esse acompanhamento é possível prever as condições dos equipamentos e assim decidir o período correto para a realização de uma manutenção.

Já a manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios planejados, e tem por objetivo diminuir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento do equipamento. Segundo Kardec e Nascif (2009), “esse tipo de manutenção se faz necessária porque mantém os equipamentos em ótimo estado de conservação e evita os custos decorrentes de paradas da produção por falha nos equipamentos”.

### **3.3 A Manutenção como função estratégica**

Kardec e Nascif (2009) mencionam que “a manutenção, para ser estratégica e precisa, deve estar voltada para os resultados empresariais da organização. A estratégia é fazer com que o trabalho dos funcionários da manutenção se restrinja a programações, e não mais a reparos emergenciais, que o processo não seja interrompido por falha do equipamento e que durante esse intervalo de tempo ele opere em perfeitas condições”.

Nesse contexto pode-se ressaltar que a empresa deixa de enxergar a manutenção apenas como um departamento que conserta equipamentos é nesse momento que a manutenção entra na atividade empresarial com foco na redução de custos com paradas dos equipamentos. O trabalho de realização da manutenção pode ser feito tanto por uma equipe interna por meio de sistematização das tarefas ou terceirizada. Ainda segundo os mesmos autores, terceirização é uma ferramenta estratégica que pode trazer resultados positivos ou negativos. Os autores enfatizam que deve haver uma relação de parceria entre as partes envolvidas, e para conseguir isto a melhor forma é a utilização de um contrato por resultados, onde a contratada tem a responsabilidade técnica dos resultados da manutenção.

### 3.4 Gestão da manutenção

Segundo Takahashi e Osada (1993), o gerenciamento da manutenção deve considerar os seguintes pontos:

- Restringir os investimentos em equipamentos desnecessários;
- Utilizar ao máximo os equipamentos existentes;
- Melhorar a taxa de utilização do equipamento para a produção;
- Garantir a qualidade do produto, através do uso do equipamento;
- Reduzir a mão-de-obra de baixo custo, através da melhoria dos equipamentos;
- Reduzir os custos de energia e materiais adquiridos, através de inovações no

equipamento e melhorias dos métodos de sua utilização.

Takahashi e Osada (1993), afirmam que uma das desculpas para impedir a manutenção planejada é não haver tempo suficiente. A razão para o tempo insuficiente pode ser o fato de que o departamento de operações não paralisaria o equipamento apenas para as atividades de manutenção, que podem julgar como ‘desnecessárias’. Ainda segundo os autores, as vantagens de um plano de manutenção podem ser resumidas da seguinte forma:

- O número de etapas pode ser identificado e o trabalho transformado em rotina;
- As exigências de recursos humanos podem ser planejadas, de modo a tornar disponível o pessoal necessário;
- Os erros na aquisição de materiais, peças, sobressalentes e subcontratação de serviços podem ser evitados;
- A qualidade pode ser verificada e podem ser adquiridos materiais de melhor qualidade;
- Através da criação de planos de trabalho detalhados, os cronogramas podem ser preparados e coordenados com os planos de produção;
- Os ciclos de reparo podem ser identificados para que possam ser tomadas as medidas em tempo hábil;
- Os padrões para o trabalho de reparo podem ser identificados, permitindo que o trabalho seja executado de forma eficiente;
- Planos de reparo simultâneos podem ser criados;
- O senso de responsabilidade das pessoas pode ser estimulado;



- Através de atividades de trabalho planejadas, um grande volume de trabalho pode ser realizado de forma mais eficiente.

Embora os autores evidenciem uma série de vantagens originadas pela gestão da manutenção, deve-se considerar também que o processo de gestão da manutenção para ser eficaz necessita de padronização, ou seja, práticas básicas de Manutenção. Kardec e Nascif (2009) citam três práticas que devem ser consideradas básicas na manutenção: O programa 5s, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Polivalência ou Multiespecialização.

### **3.5 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**

A sigla FMEA em português significa “Análise de Modo e Efeito de Falha em Potencial”, com o objetivo de identificar e analisar riscos em projetos ou em processos, a partir de uma definição de gravidade de risco representada por um número. Sendo assim as empresas podem definir quais são os riscos com mais gravidade e propor melhorias em seus processos para reduzir ou eliminá-los. Pode-se dizer que o objetivo desta ferramenta é a redução de falhas de produtos ou processos quando se encontra em operação, aumentando a confiabilidade (PALADY, 2004).

Esta ferramenta é uma metodologia para analisar e encontrar falhas potenciais ainda na fase de desenvolvimento de projetos, fazendo esta análise na fase de projeto é mais fácil de superar problemas encontrados. É utilizada para identificar falhas potenciais, determinar seus efeitos nas operações e identificar ações para mitigar as falhas. Também podem resgatar o histórico de falhas para ser usado em implantações de novos produtos ou ser usado para executar passos cruciais para que possa ser identificado o que pode dar errado antecipadamente.

Para Palady (2004), esta ferramenta garante a confiança, segurança e satisfação do cliente quanto ao processo ou produto. Já que FMEA permite encontrar falhas potenciais em produtos ou processos, pode ser usada também para:

- No desenvolvimento de produto ou processo onde se deseja minimizar a probabilidade de falhas;
- Avaliar as exigências obtidas do cliente ou outros participantes na fase de projeto para garantir que essas exigências não possam a ser falhas potenciais;



- Identificar características de projeto que contribuem a falhas e eliminá-las ou então minimizar ao máximo seus efeitos;
- Desenvolver métodos e processos e testar os processos ou o produto para garantir que as falhas foram eliminadas;
- Garantir que quaisquer falhas que pode ocorrer não tenha um grande impacto sobre o produto ou processo.

A ferramenta FMEA foi desenvolvida para ser usada em projeto de implantação de novos produtos ou processos, porém tem uma grande utilidade e então começou a ser usada com mais frequência em várias maneiras, pode ser utilizada também para redução falhas em processos e produtos já existentes (SLACK; CHAMBERS; HARLAND; HARRISON; JOHNSTON, 1997).

Segundo Palady (2004), FMEA foi feito para ajudar na garantia da qualidade e confiabilidade do projeto, usando corretamente garante vários benefícios, incluindo:

- Aumentar a satisfação do cliente;
- Identificar e eliminar falhas potenciais mais antes que ocorra;
- Ajuda priorizar deficiências em produtos ou processos;
- Faz com que a equipe adquira um conhecimento maior sobre organização;
- Documenta os riscos e ações tomadas para ajudar em outro processo;
- Ajudar a focar na melhoria de testes e desenvolvimento;
- Reduz chances de atraso no projeto e seus custos associados;

FMEA é um documento que mostra a situação atualizada com toda alteração no produto e atualização de processo, essas mudanças também podem mostrar novas falhas. Portanto é sempre importante rever e atualizar o FMEA (VILLEMEUR, 1992).

### **3.6 Procedimentos para aplicação do FMEA**

Para Palady (2004), os procedimentos para aplicar o Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) corretamente são simples e os passos básicos são:

1. Descrever o produto ou processo e suas funções para garantir um entendimento claro e suas considerações importantes. Este entendimento simplifica no processo de análise ajudando a identificar o produto ou processo destinando o que deve ser usado ou não.

2. Criar um diagrama do produto ou processo para mostrar como são os componentes ou processos através de linhas que mostram como são relacionados. Os diagramas mostram como é a sequência lógica dos componentes e estabelece uma estrutura onde pode desenvolver o FMEA.

3. Completar corretamente ao cabeçalho da ficha FMEA;

4. Listar itens ou componentes dentro da lista FMEA de uma forma lógica assim como indicado no diagrama de blocos. Identificar os tipos e as formas de falhas em que os componentes ou processos podem apresentar uma falha potencial a melhor forma de corrigir o projeto. As falhas potenciais podem incluir: corrosão, falha elétrica, fadiga, deformação ou quebra. Toda falha deve ser listada com os termos técnicos, os modos de falha devem ser listados por função de cada componente ou etapa de processo. Deve ser identificada toda falha sendo ela provável ou não de ocorrer. Um ponto de partida pode ser olhando as falhas documentadas de um produto similar.

5. Descrever os efeitos dos tipos de falha, para cada falha identificada deve determinar qual a efeito que esta provocará, o efeito é definido quando a falha é identificada. Devem ser descritos na mesma forma em que o usuário pode ver ou perceber que a falha ocorreu. Os efeitos podem ser: cheiro, aparência inapropriada do produto, ruídos, etc.

6. Enumerar a severidade do efeito. Normalmente é usada uma escala de 1 a 10, sendo que 1 representa sem efeitos e 10 indica muito severo quando a falha pode afetar a operação do sistema e a segurança sem mostrar um aviso. A intenção desta escala é ajudar a determinar se a falha pode ser um incomodo bem pequeno ou uma ocorrência catastrófica ao usuário. Isto ajuda a priorizar as falhas e mostrar quais as mais importantes primeiro. A Tabela 2 mostra como pode ser esta escala.

Tabela 2 – Severidade de uma falha.

<b>Severidade da Falha</b>	
<b>Classificação</b>	<b>Índice</b>
Apenas perceptível	1
Pouca importância	2 a 3
Moderadamente grave	4 a 6
Grave	7 a 8
Extremamente grave	9 a 10

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif, (2010, p.129).

7. Identificar as causas de falha. As causas potenciais para cada falha devem ser identificadas, documentadas e listadas em termos técnicos e não em termos de sintomas.

8. Enumerar um fator de probabilidade usando uma escala para cada causa. É comum usar 1 para representar como improvável e 10 para representar inevitável. A Tabela 3 mostra como pode ser esta escala.

Tabela 3 – Probabilidade de uma Falha.

<b>Probabilidade de falha</b>	
<b>Classificação</b>	<b>Índice</b>
Improvável	1
Muito pequena	2 a 3
Pequena	4 a 6
Média	7 a 8
Alta	9 a 10

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif, (2010, p.129)

9. Identificar os controles atuais, eles são o mecanismo para prevenir a causa da falha ou detectar a falha antes de alcançar o consumidor. Neste passo identificar testes, análises, monitoramento e outras técnicas que podem ser usadas em falhas detectadas em processos ou produtos similares. Cada um destes controles deve acessado para determinar o quanto é útil para identificar ou detectar os modos de falha.

10. Determinar a probabilidade de detecção. Detecção é a avaliação da probabilidade que os controles atuais vão detectar a causa de falha ou efeito, assim prevenindo de alcançar o usuário. A Tabela 4 mostra como poder ser a escala de detecção.

Tabela 4 – Probabilidade de Detecção

<b>Probabilidade de detecção</b>	
<b>Classificação</b>	<b>Índice</b>
Alta	1
Moderada	2 a 5
Pequena	6 a 8
Muito pequena	9
Improvável	10

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif, (2010, p.129).

11. Determinar o RPN (Risk Priority Number) ou a prioridade dos modos de falhas. É usado para priorizar as áreas que necessitam de maior atenção. O RPN é calculado a partir equação I.

$$RPN = S * P * D \quad (I)$$

Onde:

S – severidade;

P – Probabilidade;

D – Detecção;

Na Tabela 5 esta demonstrada como pode ser feita esta classificação.

Tabela 5 – Índice de Risco (RPN)

<b>Índice de risco (RPN)</b>	
<b>Classificação</b>	<b>Índice</b>
Baixo	1 a 50
Médio	50 a 100
Alto	100 a 200
Muito alto	200 a 1000

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif, (2010, p.129).

12. Determinar ações recomendadas para identificar falhas potenciais que tem um alto índice RPN. Estas ações podem ser:

- Inspeção em áreas específicas;
- Testes na qualidade dos processos;
- Procurar por um componente ou material diferente;
- Projetar novamente um item para evitar falhas;

- Proporcionar mecanismos de monitoramento;
- Aplicar manutenção preventiva;
- Incluir sistemas de redundância ou back-ups.

13. Designar datas para conclusão dos serviços e indicar responsáveis pelas ações.

Na Figura 1 é possível ver como é feito o preenchimento do formulário FMEA.

Figura 1 – Formulário FMEA.

EMPRESA:		FMEA - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA										REVISÃO					
		( ) MANUTENÇÃO		( ) OPERAÇÃO				( ) SISTEMAS				DATA					
												FOLHA					
IDENTIFICAÇÃO		LOCAL:		SETOR:				EQUIPAMENTO									
#	NOME DO COMPONENTE/ PROCESSO	FUNÇÃO DO COMPONENTE/ PROCESSO	POSSÍVEIS FALHAS			CONTROLES ATUAIS				AÇÕES CORRETIVAS		RESULTADO					
			MODO	EFEITOS	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES				Recomendações	Tomada	ÍNDICES MELHORADOS				RESPONSÁVEL
							S	P	D	RPN			S	P	D	RPN	

Fonte: Kardec & Nascif (2010, p.130).

#### 4. METODOLOGIA

Segundo Gil (2010), as pesquisas são classificadas tendo como base seus objetivos gerais, visando a possibilidade de um maior conhecimento conceitual, facilitando o confronto da visão teórica com os dados reais. Desta forma, este trabalho está compreendido com a classificação de uma pesquisa exploratória: parte de um problema, busca informações sobre o assunto e embasado nestas informações apresentar alternativas para solucioná-lo. Para a realização do estudo foi utilizado o procedimento de pesquisa, coleta e análise das informações.

### **Fase exploratória**

Nesta fase houve a coleta de dados relacionados aos principais problemas relacionados ao funcionamento do equipamento objeto deste estudo diretamente com a equipe de manutenção.

### **Formulação do Problema**

A partir dos dados coletados foi possível identificar que a principal origem de falhas nos geradores era ocasionada devido a falta de manutenção preventiva, que praticamente inexistia.

## **5. ESTUDO DE CASO**

### **5.1 Apresentação do Problema**

O presente estudo de caso foi realizado em um grupo de geradores em um supermercado na região de Marília. A necessidade deste trabalho surgiu devido as constantes quedas no abastecimento de energia elétrica que prejudicava a qualidade dos produtos refrigerados. Sendo assim a direção da empresa decidiu pela instalação de uma unidade de moto-gerador de energia acionado automaticamente quando a rede de abastecimento de energia falhar.

Estudos posteriores demonstraram que também era vantajoso economicamente utilizar o grupo moto gerador todos os dias nos horários de ponta, das 18 h00 min até as 21 h00 min, devido ao preço do kW neste período, como consequência direta desta decisão o equipamento inicialmente destinado apenas para utilização em caso de desabastecimento de energia elétrica, passou também a ser utilizado diariamente por aproximadamente três horas, ocasionando maior desgaste.

### **5.2 Grupo moto gerador**

O equipamento estudado neste trabalho (Figura 2) é composto por dois motores de combustão interna que utilizam diesel como combustível, refrigerados à água de fabricação da Cummins acoplados a geradores da marca Stemac, todo sistema montado no interior de uma sala com isolamento acústico.

Os equipamentos trabalham paralelamente, gerando uma tensão total de 750 kVA em corrente alternada, suficiente para atender a demanda do empreendimento sem a necessidade de consumo de energia da concessionária que fornece o abastecimento de energia elétrica, porém esta situação somente é viável em horário de ponta onde o custo do kW fornecido pela concessionária é maior.

O sistema de geração de energia é composto também por um quadro elétrico de transferência automática com função de detectar falha no sistema de abastecimento de energia e imediatamente ligar os geradores que passam então a fornecer energia elétrica ao empreendimento. Este procedimento demanda aproximadamente três minutos e acontece também nos horários de pico, substituindo a energia fornecida pela concessionária.

### **5.3 Constituição do Sistema**

O sistema de alimentação de energia elétrica do supermercado é constituído dos seguintes equipamentos:

### **5.4 Cabine de Transformação**

É uma instalação elétrica com a função de reduzir a tensão elétrica da energia que a fornecida pela concessionária, transformando Média Tensão em Baixa Tensão utilizada pelo consumidor final.

### **5.5 Grupo Moto Gerador**

O grupo moto gerador corresponde ao conjunto de motores de combustão interna que utilizam diesel como combustível e são responsáveis pelo fornecimento de energia mecânica ao gerador.



Figura 2 – Grupo Moto-Gerador



Fonte: o autor.

O Grupo Moto Gerador possui ainda unidades de controle com função de monitorar constantemente os parâmetros essenciais para o funcionamento do gerador. Estes parâmetros são: pressão do óleo do motor, tensão da bateria, corrente de saída, entre outros. Ocorrendo qualquer falha no sistema, as unidades de controle irão detectá-la e desligar o gerador.

A unidade de controle é o responsável também por detectar a falta de abastecimento da rede elétrica e acionar o gerador. Este acionamento também pode ser realizado de forma manual por meio do Controlador Lógico Programável (CLP).

## 5.6 Manutenção do Grupo Moto Gerador

O grupo moto gerador é mantido por uma equipe que também é responsável pela manutenção da loja e atende as ocorrências de emergência e realiza a manutenção programada, conforme a Figura 3 onde esta representada o fluxograma das atividades de manutenção na empresa, desta forma, quando a situação é emergencial, a equipe se desloca até o local e avalia a situação e propõe a solução ou realiza o reparo. Já quando a manutenção é programada é lançada em um sistema apropriado Ordem de Serviço que inicia o processo verificando a necessidade ou não de compra de peças.

### **5.7 Manutenção Programada**

Para que não haja interferências nas atividades dos colaboradores, cada setor dentro da empresa possui uma pessoa que é responsável por fazer diariamente inspeções dos equipamentos. Desta forma cada responsável de seu setor repassa à equipe de manutenção quais equipamentos necessitam de atenção. A partir desta informação, cada setor recebe a visita de um técnico analisando o que deverá ser realizado e após, o responsável informa a gerencia da loja a gravidade de cada situação e uma relação de materiais a serem comprados, e somente depois é programada uma data para realizar a manutenção do equipamento.

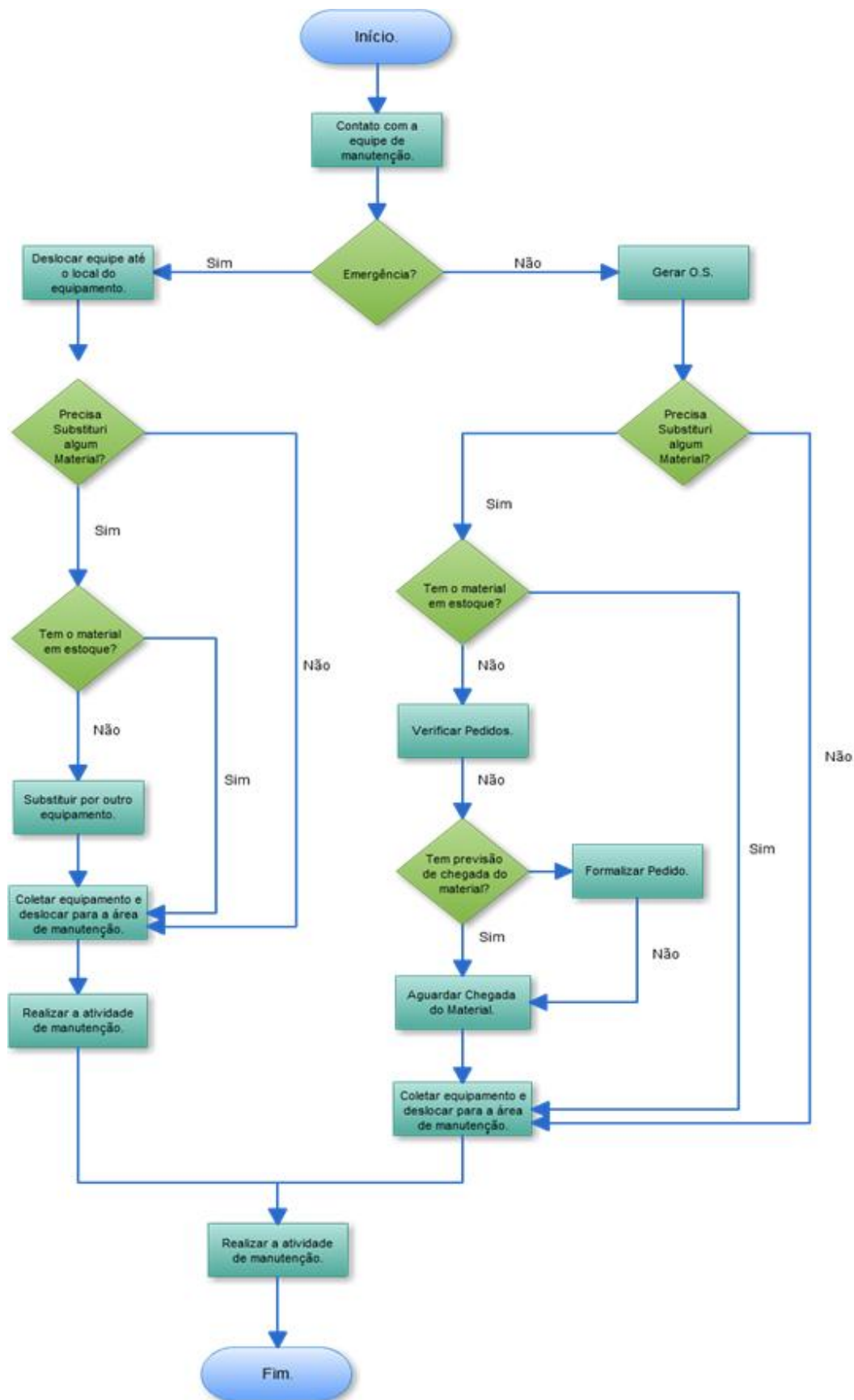
### **5.8 Manutenção de Emergência**

A manutenção de emergência é realizada quando ocorrem situações imprevistas. Este tipo de manutenção é realizada quando o responsável pelo setor detecta o problema e comunica a gerencia da loja informando sobre o cenário no local e na sequencia é acionada a equipe de manutenção que se desloca até o local onde tomará as medidas necessárias.

### **5.9 Falha no Grupo Moto Gerador**

As falhas nos geradores da empresa sempre causaram grande receio, pois, a falta de abastecimento de energia elétrica pode envolver grande prejuízo financeiro e á imagem da empresa. Durante o ano de 2014 foram coletados dados dos quais se constatou que a falta de partida representaram 55% do total de eventos indesejáveis, sendo esta a principal causa da falta de abastecimento. Constatou-se que tal falha é devida a baixa carga da bateria responsável pelo acionamento do grupo moto gerador.

Figura 3 – Fluxograma de atividades de manutenção



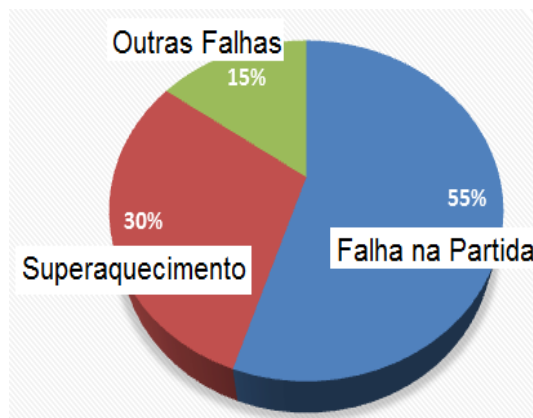
Fonte: O Autor.

A segunda falha mais significativa é o superaquecimento do motor, devido ao baixo nível do fluido de arrefecimento, representando 30% das falhas.

As demais falhas são: conexões soltas e falha nos contatos nos terminais elétricos, dutos de ventilação obstruídos, rotação baixa do motor.

A representação destas falhas pode ser vista na Figura 5.

Figura 5 – Causas de falhas no gerador.



Fonte: A empresa.

Todas as falhas podem ser evitadas com a implantação de um programa de manutenção preventiva. Quando se analisa as duas principais falhas percebe-se que a solução é corriqueira.

### 5.10 Manutenção do Grupo Moto Gerador

A manutenção do gerador é realizada somente quando o mesmo apresenta falhas interrompendo o fornecimento de energia elétrica ao empreendimento. Neste momento é acionada a equipe de manutenção própria, que nem sempre consegue resolver o problema, inclusive por excesso de demanda, neste caso é acionada a equipe.

Quando acontece de acionar terceiros para realizar a manutenção do gerador, a equipe de manutenção do supermercado desabilita o funcionamento do equipamento até a data programada pela empresa terceirizada.

No momento da visita pela equipe terceirizada é realizado um orçamento que, após aprovado irá possibilitar o agendamento dos reparos.

### **5.11 Dificuldades encontradas na manutenção do gerador**

A falta de controle das manutenções e problemas encontrados no equipamento foram os principais problemas encontrados, o único controle realizado era a periodicidade da troca de óleo, dos filtros de ar e óleo, não havendo nenhum outro tipo de registro com o histórico de manutenções. Ocorrendo qualquer falha a equipe de manutenção entra em operação resolvendo o problema sem registrar o ocorrido, desta forma não é possível saber qual o tempo de vida útil dos componentes do gerador e quando serão substituídos novamente.

Além disso, não existe um período determinado para a realização das inspeções do equipamento, ficando desta forma um período de tempo grande sem a visita de um técnico para avaliar as condições do gerador. Outra dificuldade é o tamanho reduzido da equipe de manutenção que realiza as manutenções de todos os outros equipamentos da loja, portanto as vistorias no gerador são realizadas somente quando ocorre alguma falha.

### **5.12 Aplicação da FMEA**

A FMEA do gerador foi efetuada seguindo as orientações apresentadas na revisão bibliográfica. A seguir serão exibidos alguns passos para a elaboração da FMEA:

- Determinação dos componentes do grupo moto gerador considerando sua importância para o funcionamento e o impacto que causaria se ocorresse a falha;
- Coleta dos dados para elaborar um cronograma de manutenção;
- Determinação dos índices para elaboração do FMEA;

Na Figura 6 é possível visualizar a FMEA executada para os componentes do grupo moto gerador, realizadas junto com os técnicos do setor de manutenção, a partir de entrevistas, estimando os valores presentes na tabela.

Com a análise da FMEA foi possível identificar outros problemas envolvendo o radiador e a bateria, que apresentam riscos altos ou muito altos e ainda observar outras duas falhas que ocorrem pela mesma causa: limpeza.

## 6. PROPOSTA PARA IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

### 6.1 Padronizar a inspeção

É aconselhável elaborar um manual e um “check list” com todas as inspeções a serem realizadas durante a vistoria do gerador. Esta lista pode conter:

- Data da vistoria do equipamento;
- Identificação do equipamento vistoriado;
- Qual loja o equipamento se encontra;
- Identificação da pessoa responsável pela vistoria;
- Uma lista a ser preenchida com as irregularidades que o gerador apresenta;
- Observações feitas pelo responsável para anotar outra informação que facilita na identificação e correção de falha.

Figura 6 – FMEA dos componentes do gerador.

		FMEA - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA			Revisão	0						
		( x ) MANUTENÇÃO ( ) OPERAÇÃO ( ) SISTEMAS			Data	10/10/2014						
					Folha	01 de 01						
IDENTIFICAÇÃO	LOCAL:	Laje Técnica		SETOR:	Manutenção		EQUIPAMENTO:	Grupo Gerador				
#	NOME DO COMPONENTE/P ROCESSO	FUNÇÃO DO COMPONENTE/P ROCESSO	POSSÍVEIS FALHAS			CONTROLES ATUAIS						
			MODO	EFEITOS	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES					
						S	P	D	RPN			
	Radiador	Resfriar o GMG	Obstrução das aletas	Superaquecimento	falta de limpeza	visual	2	6	8	96		
			Fissuras	vazamentos	Intempéries	visual	3	5	3	45		
			Baixo nível do fluido de arrefecimento	superaquecimento	vazamentos no sistema	visual	6	7	7	294		
	Bateria	Alimentação da unidade de controle e arranque do motor	Sem carga	Não arranca	Utilização de bateria com vida útil ultrapassada	visual	6	5	6	180		
					Falha no alternador do motor	Inspeção por multimetro	7	1	8	56		
	Motor	Arranque do GMG	Não arranca	Falta de energia	Falta de combustível	visual	5	2	1	10		
					Obstrução do filtro de ar	visual	6	2	7	84		
	QTA	Transferir a energia gerada pelo gerador para o empreendimento	Não transfere	Contatos soltos ou obstruídos		visual	7	3	3	63		
					Curto circuito na bobina	Aquecimento excessivo	visual	6	3	5	90	
						Sobrecargas	Inspeção por multimetro	6	3	5	90	
SEVERIDADE		PROBABILIDADE		DETECÇÃO		ÍNDICE DE RISCO (RP)						
Apenas Perceptível		1	Improvável	1	Alta	1	Baixo	1 a 50				
Pouca Importância		2 a 3	Muito Pequena	2 a 3	Moderada	2 a 5	Médio	50 a 100				
Moderadamente Grave		4 a 6	Pequena	4 a 6	Pequena	6 a 8	Alto	100 a 200				
Grave		7 a 8	Média	7 a 8	Muito Pequena	9	Muito Alto	200 a 1000				
Extremamente Grave		9 a 10	Alta	9 a 10	Improvável	10						

Fonte: O autor.

Na Figura 7 é possível ver a ficha apresenta para a coleta de dados enquanto e realizada a vistoria do equipamento.

## 6.2 Controle de vida útil do equipamento e seus componentes

A criação de um banco de dados contendo data de trocas dos componentes, as condições que eles se encontravam, as causa de falhas do equipamento dos seus componentes e o que foi realizado para resolver esta falha. Com isto pode ser possível verificar o tempo de vida útil dos componentes, ou até mesmo um conhecimento profundo das falhas.

Com a aplicação do banco de dados, seria importante deixar disponível para todos os envolvidos com o setor de manutenção, facilitaria para o técnico em resolver o problema, se já tenha ocorrido uma falha, estaria registrado quais os procedimentos para corrigi-la.

Figura 7 – Check List para verificação do gerador

Check List de Inspeção Visual					
Equipamento:			Data: __/__/__		
Loja:			Hora: __: __		
Téc. Responsável:					
		CN	AL	AG	FC
Radiador	Fissuras				
	Vazamentos				
	Limpeza				
	Oxidação				
	Líquido de arrefecimento				
Bateria	Carga				
Motor	Combustível				
	Filtro de ar				
	Filtro de Combustível				
	Rolamentos				
	Óleo do motor				
	Termostato				
QTA	Alternador				
	Contatos Elétricos				
	Bobina				
	Unidade de Controle				
OBS:					
CN Condições Normais IL Irregularidade Leve IG Irregularidade Grave FT Falha Total					

Ass: \_\_\_\_\_

Fonte: O Autor.



## 7. CONCLUSÃO

O presente estudo colaborou com a melhoria das condições de manutenção dos equipamentos envolvidos uma vez que ao analisar as condições de funcionamento do conjunto moto gerador foi possível detectar falhas importantes que foram corrigidas e possibilitaram maior disponibilidade e garantindo o fornecimento de energia quando necessário. Ao evidenciar utilizando o FMEA foi possível eliminar as intercorrências indesejáveis o que se traduz em melhoria no sistema, funcionando também como uma ferramenta de antecipação ao aparecimento de defeitos.

Num contexto mais amplo considerando a gestão do risco e facilitando a tomada de decisão pelos gestores a utilização do FMEA mostrou-se uma importante ferramenta, pois colaborou com a priorização dos recursos disponíveis criando uma sistematização das atividades de manutenção.

Desta forma o artigo cumpre o objetivo de propor a aplicação das ferramentas e conceitos do FMEA como instrumento de antecipação de falhas.

Portanto, nota-se que o FMEA é uma importante instrumento para antecipar falhas e os profissionais da área de manutenção podem contar com mais esta ferramenta que contribuirá para melhoria das condições dos equipamentos produtivos e aumentará a disponibilidade deles.

## 8. REFERÊNCIAS

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. Ed. Revisada e ampliada - Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto Iman, 1993. 322 p.

STAMATIS, D.H. **Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution**. Hardcover, 2003.

PALADY, Paul. **FMEA - Análise dos modos de falha e efeito**. Imam, 2004.

VILLEMEUR, A. R. A. **Reliability, availability, maintainability and safety assesment: methods and techniques**. John Wiley & Sons, 1992.

SLACK, N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Atlas, 1997.

MOREIRA Neto, T. C., **A História da Evolução do Sistema de Gestão de Manutenção**, disponível em < <http://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650/>>, acesso em fevereiro de 2017.