

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO ENGENHARIA ELÉTRICA
DIEGO BIELOHOUBECK

MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

LAGES

2018

DIEGO BIELOHOUBECK

MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Centro Universitário UNIFACVEST como parte do requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientadora: Dra. Franciéli Lima de Sá
Coorientador: Everaldo Canani Wiggers

LAGES

2018

Monografia apresentada ao Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Diego Bielohebeck
NOME DO ALUNO

Manutenção Preventiva em
Arcondamentos Elétricos
TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Francieli Lima de Sá, Dra.
Titulação e nome do Orientador(a)

EURALAN CANAM VIGGEB
Titulação e nome do Avaliador (a).

Mac Silvio Moraes de Oliveira
Titulação e nome do Avaliador (a).

Francieli Lima de Sá, Dra.
Coordenador (a) Prof. (a). Titulação e nome da Coordenador (a).

Lages, 13 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por iluminar meus caminhos, me mostrando as escolhas corretas, me guiado para esta conquista, concedendo saúde e muita força para alcançar mais uma vitória em minha vida.

A minha esposa Andressa, que sempre esteve me acompanhando em toda esta jornada, me auxiliando com ideias e segurando minha mão para alcançarmos mais este objetivo juntos, sendo a principal incentivadora na graduação.

Minha mãe e meu pai pelo amor, compreensão, conselhos, ajuda e dedicação, pelos exemplos e virtudes que me foram passados ao longo da minha vida, eles são os maiores responsáveis por esta caminhada, onde sempre me auxiliaram nos momentos de dificuldade concretizando que chegasse até aqui.

Aos meus irmãos, pelo carinho e apoio incondicional.

Toda minha família e amigos, pela torcida deste objetivo alcançado.

A minha orientadora Dra. Franciele Lima de Sá, que dispôs do seu tempo para me auxiliar no desenvolvimento do trabalho, onde sempre incentivando e buscando a melhoria para o mesmo, com simpatia e compreensão nas inúmeras vezes durante a elaboração.

Ao professor, orientador de estágio e coorientador este trabalho, Everaldo Canani Wiggers, pelos conselhos e por repassar seu conhecimento durante as nossas conversas, na faculdade, estágio, auxiliando no trabalho de conclusão de curso com catálogos de fabricantes, apostilas e livros com relação ao assunto proposto.

Aos demais professores e colegas que muito contribuíram para a minha formação acadêmica, nesses bons e intensos anos de faculdade.

“O sucesso não é a chave para a felicidade. A felicidade é a chave para o sucesso. Se você ama o que você faz, você terá sucesso”. Albert Schweitzer.

RESUMO

A manutenção elétrica é fundamental para garantia de um excelente funcionamento dos quadros de acionamentos, máquinas e equipamentos no setor industrial, assim mantendo-os em pleno funcionamento. Atualmente mesmo com o crescimento da competitividade industrial, um grande erro de algumas empresas é esperar pelo problema para assim que resolvê-los, tendo em vista que todos os componentes podem ser analisados e obter controle individual ou coletivo, melhorando o funcionamento dos equipamentos. O referente trabalho é uma pesquisa descritiva onde foi elaborado através de artigos acadêmicos, teses, sites, livros relacionados sobre o assunto, dados técnicos através de catálogos e manuais dos principais fornecedores do mercado nacional, com o intuito de apresentar a importância na manutenção em acionamentos elétricos, estabelecer um plano de manutenção para que se analise a previsibilidade de problemas e a concisão de diagnósticos, elevando ao máximo a produtividade, lucratividade e segurança da empresa. Dessa forma, abordam-se as principais formas de manutenção como, corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção, demonstrando as características de cada método, ferramentas que auxiliam na manutenção como TPM, RCM e PCM. Os principais modelos de acionamentos como partida direta, estrela triângulo e partida compensada, além das partidas eletrônicas como soft-starter e inversor de frequência, também estão sendo apresentados no trabalho, em especial salientando suas vantagens e desvantagens, por fim ainda aborda técnicas utilizadas por fabricantes, em relação à conservação de equipamentos através de forma preventiva, onde formas simples como limpeza, reaperto, análise de ruídos, análise de energia e termografia podem agregar grandes como ferramentas importantes de manutenção.

Palavras chaves: Manutenção de Máquinas e Equipamentos, Acionamentos Elétricos, Prevenção da Manutenção.

ABSTRACT

Electrical maintenance is fundamental to guarantee an excellent functioning of the switchgear, machinery and equipment in the industrial sector, so fundamental to keep a fully functioning equipment. Currently, industrial competitiveness is growing, a big mistake for some companies is to wait for the problem to solve them, since all components can be analyzed and obtained individual or collective control, improving the operation of the equipment.

The work reference is a descriptive research where it was elaborated through academic articles, theses, websites, related books on the subject, technical data through catalogs and manuals of the main suppliers of the national market, with the intention of presenting the importance in the maintenance in drives to establish a maintenance plan to analyze the predictability of problems and the conciseness of diagnoses, maximizing the productivity, profitability and safety of the company. In this way, the main ways of maintenance such as unplanned corrective, planned corrective, preventive, predictive, detective and maintenance engineering are discussed, demonstrating the characteristics of each method, tools that assist in maintenance such as TPM, RCM and PCM. The main models of drives such as direct starting, triangle star and compensated starting, besides the electronic starters as soft-starter and frequency inverter, are also being presented in the work, especially highlighting their advantages and disadvantages, finally still addresses techniques used by manufacturers, in relation to conservation of equipment through preventive way, where simple forms such as cleaning, re-settling, noise analysis, energy analysis and thermography can aggregate large as important maintenance tools.

Keywords: Maintenance of Machinery and Equipment, Electric Drives, Maintenance Prevention.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivos.....	10
1.1.1 Objetivo geral.....	10
1.1.2 Objetivo específico.....	10
1.2 Justificativa.....	10
1.3 Aplicação.....	11
1.4 Metodologia.....	11
2. MANUTENÇÃO.....	13
2.1 História da manutenção.....	14
2.2 Manutenção corretiva não planejada.....	15
2.3 Manutenção corretiva planejada.....	16
2.4 Manutenção preventiva.....	16
2.5 Manutenção preditiva.....	17
2.6 Manutenção detectiva.....	17
2.7 Engenharia de manutenção.....	18
3 GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	20
3.1 Manutenção produtiva total.....	20
3.2 Manutenção centrada na confiabilidade.....	21
3.3 Planejamento e controle de manutenção.....	23
4 MOTORES ELÉTRICOS.....	27
4.1 Motores de corrente alternada.....	27
4.1.1 Motores síncronos.....	27
4.1.2 Motores assíncronos.....	28
4.2 Motores corrente continua.....	30
5 ACIONAMENTOS.....	32
5.1 Partida direta.....	32
5.2 Partida estrela triângulo.....	33
5.3 Partida compensadora.....	34
5.3 Soft-starter.....	35
5.4 Inversor de frequência.....	37

6 MANUTENÇÃO EM ACIONAMENTOS	38
6.1 Limpeza	38
6.2 Reaperto.....	40
6.3 Identificação de ruídos ou vibrações	41
6.4 Análise de energia	42
6.5 Termografia	45
7 MANUTENÇÃO EM MOTORES	52
7.1 Limpeza	53
7.2 Lubrificação.....	53
7.3 Termografia	54
7.4 Análise de isolamento.....	54
8 CONCLUSÃO.....	56
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma manutenção.	19
Figura 2: Classificação Elétricos.	27
Figura 3: Motor Assíncrono de Rotor Gaiola.	29
Figura 4: Motor Assíncrono de Rotor Gaiola.	30
Figura 5: Motor Corrente Contínua.	31
Figura 6: Circuito Força Multifilar e Circuito de Comando.	33
Figura 7: Circuito Força Multifilar e Circuito de Comando.	34
Figura 8: Circuito Força Multifilar e Circuito de Comando.	35
Figura 9: Soft-Starter modelo SSW03 do fabricante WEG.	36
Figura 10: Diagrama Esquemático de um Inversor De Tensão.	37
Figura 11: Excesso de Sujeira em um Inversor.	39
Figura 12: Excesso de Sujeira em um Inversor.	39
Figura 13: Superaquecimento de um Ponto de Conexão Disjuntor Motor	41
Figura 14: Registrador Instalado em um QG.	43
Figura 15: Oscilação de Tensão e Corrente.	44
Figura 16: Variação de Tensão Contator Marca SIEMENS.	45
Figura 17: Variação de Tensão Inversor WEG.	45
Figura 18: Câmera Termográfica.	46
Figura 19: Leitura de Temperatura em um QG.	47
Figura 20: Temperatura Cabo PVC.	48
Figura 21: Temperatura Cabo EPR.	48
Figura 22: Temperatura Disjuntor.	49
Figura 23: Temperatura Disjuntor Motor.	49
Figura 24: Temperatura Relé de Sobrecarga.	50
Figura 25: Temperatura Contator.	50
Figura 26: Temperatura Inversor de Frequência.	51
Figura 27: Temperatura Soft-starter	51
Figura 28: Origem de Problemas Motores Trifasicos.	52
Figura 29: Causas Mais Comuns de Queima do Motor.	52
Figura 30: Informações Lubrificação Motor.	53

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Analogia Saúde Homem x Máquina.....	13
Tabela 2: Controle de Manutenção Manual x Informatizado.....	24
Tabela 3: Tipos de Programas de Controle da Manutenção usados no Brasil.	25
Tabela 4: Conhecimento do Programa PNQC.....	26
Tabela 5: Qualificação do Pessoal de Manutenção.	26
Tabela 6: classe de isolamento máquinas elétricas.	54
Tabela 7: teste de isolamento motores elétricos.....	55
Tabela 8: Índice de polarização	55

LISTA DE ABREVIACÕES

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

RCM – Reliability-Centered Maintenance (Manutenção Centrada à Confiabilidade)

RBM – Reabilite Based Maintenance (Manutenção Baseada na Confiabilidade)

TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TQC – Total Quality Control (Controle de Qualidade Total)

PNQC – Programa de qualificação e certificação de pessoal da área de manutenção

PWM – (Pulse-Width Modulation) modulação por largura de pulso

CC – Corrente Alternada

CA – Corrente Continua

IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor (Transistor Bipolar de Porta Isolada.)

CPL – Controlador Logico Programável

QG – Quadro de Distribuição Geral

MOB – Mão de obra

PCM – Planejamento e controle de manutenção

1. INTRODUÇÃO

A manutenção em acionamentos elétricos de qualquer equipamento, pode ser avaliada como um dos ramos técnicos que vem se evoluindo atualmente, por ser uma ferramenta poderosa para buscar o pleno funcionamento dos equipamentos, máquinas responsáveis pelo suprimento da produção, onde atualmente possuem inúmeras normas de manutenção. Podemos salientar que a manutenção corretiva não planejada é a forma mais simples de manutenção, posteriormente temos uma evolução gradativa com a manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva, e engenharia de manutenção que engloba ferramentas como RCM (manutenção centralizada na confiabilidade), TPM (manutenção produtiva total) e o PCM (planejamento e controle de manutenção) essas técnicas e ferramentas podem ser implementadas em motores elétricos, acionamentos como partida direta, estrela triangulo, compensada, e partida eletrônicas como soft-starter e inversor de frequência, onde se tem a prevenção de falhas através de métodos simples como limpeza, reaperto, análise de ruídos, vibrações, análise de energia e termografia.

Quando se trabalha com alta produção ou baixo estoque necessita-se que não haja qual quer interrupção de processo, já quando se trabalha com conceitos elásticos, sem dúvida a necessidade de implementação de um programa de manutenção, os objetivos principais são adequar intervalos de tempos, as condições da instalação e seus equipamentos, planejamento de técnicas a serem utilizadas, isto resulta em redução de custos, decorrentes redução das falhas.

Embora pareça a substituição de componentes, peças de equipamentos seja um gasto, é preciso pensar na economia decorrente, destas trocas são realizadas após análise e verificações dos equipamentos elétricos, obtendo assim precauções pra que não se tenha excedente de gastos desnecessários, é sempre possível utilizar técnicas de monitoramento que auxiliam neste serviço, como câmeras de infravermelho, analisador de qualidade de energia, canetas de vibrações, são alguns equipamentos utilizados na manutenção preventiva.

Os benefícios não estão somente na produção e economia, mas também com o cuidado que se deve ter, pois os funcionários estão expostos a possibilidade de falha e acidente de trabalho. Os riscos de acidentes, como choques elétricos, maus funcionamentos e outros tipos de acidentes relacionados a segurança do trabalho devem ser evitados, e podem ser minimizados quando a manutenção dos equipamentos no qual o trabalhador opera é devidamente realizada.

Atualmente existem inúmeros treinamentos oferecidos por fabricantes e literaturas

abordando as técnicas de manutenção, em várias empresas normalmente alguns equipamentos não estão englobados nos protocolos de manutenção, por terem grande confiabilidade e durabilidade, ficando assim inadimplentes com relação sua conservação. A questão principal dentro das empresas é que assuma a manutenção preventiva como um caráter de extrema importância para que tenha maior disponibilidade de equipamentos, produção com paradas aceitáveis que não levem a perda da sua produtividade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Tem como finalidade demonstrar a importância da manutenção preventiva dentro das indústrias, almejando atingir níveis de indisponibilidade aceitáveis que garantam um aumento considerável na eficiência produtiva da empresa

1.1.2 Objetivo específico

Demonstrar métodos de manutenção desde o mais simples como a manutenção corretiva, até ferramentas que auxiliam para melhor eficiência da manutenção, como TPM, PCM, RCM, assim como ações básicas como limpeza, reaperto de conexões, e técnicas de análises, como termografia e avaliação de energia, assim englobando todos os diversos métodos e técnicas de manutenção, através destes buscar eficiências do sistema produtivo industrial, segurança operacional e lucratividade.

1.2 Justificativa

A competitividade das empresas está muito grande entre todos os setores, onde pequenas ações podem ser delineadores para garantir e manter-se no mercado com vantagens competitivas, acima de outros concorrentes. A manutenção em acionamentos elétricos, é um fator prioritário o mal funcionamento leva a parada de produção, insegurança dos operários e gastos desnecessários nas empresas, portanto, o propósito deste estudo é abordar os cuidados em relação à manutenção dos acionamentos elétricos.

Atualmente o parque fabril está se automatizando e buscando maior eficiência nas linhas de produção, assim a manutenção deve ser fundamental, e considerada base nas linhas de produção porque pequenas paradas podem acarretar grandes prejuízos econômicos. As

empresas devem buscar planos de manutenções periódicas, assim tendo paradas aceitáveis dentro seu processo fabril, busca-se estes padrões com uma ótima manutenção planejada. Conforme (SOUZA,2008) salienta “para assegurar as operações corretas dos equipamentos e obter dos equipamentos a maior disponibilidade possível, ou seja, sustentação do sistema sem desviar o objetivo da elevação das receitas (rentabilidade)”.

1.3 Aplicação

O trabalho tem como demonstrar que a manutenção preventiva de acionamentos elétricos pode ser aplicada em qualquer empresa, pois se trata de ações simples que podem fazer a total diferença em relação à produção, buscando minimizar as paradas e diminuir perdas nos processos e equipamentos, aumentando a lucratividade, onde se deve buscar um planejamento, técnicas para determinados equipamentos que componha a empresa, pois, é possível melhorar a produtividade implementando a manutenção preventiva nas máquinas e equipamentos da mesma.

1.4 Metodologia

O presente trabalho de conclusão de curso é uma pesquisa descritiva onde tem como base descrever métodos de manutenção através de fontes primarias e secundarias obtidas através de investigação de artigos, catálogos, livros, teses, site que engloba a tema, com resultados qualitativos demonstrando resultados das técnicas pesquisadas, a estrutura do presente trabalho foi subdividida em nove capítulos sendo eles:

1º capítulo abordamos as considerações iniciais onde foram descritos a introdução, os objetivos específico e geral , justificativa, aplicação, metodologia e cronograma. A partir deste capítulo iremos apresentara a revisão bibliográfica.

2º capítulo abordaremos um resumo da história da manutenção, e discriminando os diferentes métodos existentes, como manutenção corretiva planejada e não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção

3º capítulo é composto pela descrição da gestão de manutenção com algumas ferramentas que auxiliam para maior eficiência onde salientemos as principais, TPM, RCM e PCM.

4º capítulo abordamos motores elétricos conforme suas classificações, motores CA

subdivididos em motores síncronos e assíncronos, e motores CC

5º capítulo, demonstramos os principais acionamentos industriais, partida direta, partida estrela triângulo, soft-starter e inversor de frequência, também destacando as vantagens e desvantagens de cada acionamento.

6º capítulo esta composto pelos métodos de manutenção em quadros de acionamentos, destacando, limpeza, reaperto de conexões, identificação de ruídos anormais, análise de energia e termografia.

7º capítulo aborda a manutenção em motores elétricos, destacando alguns praticas para melhor conservação e funcionamentos como, limpeza, lubrificação, termografia e análise de isolamento das bobinas.

8º capítulo contém as conclusões obtidas com a realização do trabalho através da análise da revisão bibliográfica para a elaboração do mesmo.

9º capítulo esta descrimina as referências utilizadas para elaboração do trabalho

2. MANUTENÇÃO

A inúmera definições e conceitos para manutenção, apresentados em diversos exemplares, onde o principal foco dos autores correlacionam a manutenção como um aspecto preventivo, conservativo e corretivo, influenciando nas finanças das empresas, confiabilidade de equipamento e segurança dos funcionários assim frisando a importância e a responsabilidade da manutenção dentro do setor produtivo.

De acordo com (VIANA,2006), “manutenibilidade é a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante a procedimentos e meios prescritos”.

Segundo (KARDEC & NASCIF,2009) os autores definem manutenção como garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados. (MONCHY,1987) faz uma analogia muito boa onde correlaciona a manutenção como a medicina das máquinas, comparando a saúde humana versus máquina, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Analogia Saúde Homem x Máquina.

Analogia			
Conhecimento do homem	Nascimento	Entrada operação	Conhecimento tecnológico
Conhecimento das doenças			Conhecimento dos modos de falhas
Dossiê médico	Longevidade	Durabilidade	Histórico Dossiê da maquina
Diagnóstico exame, visita médica	Boa Saúde	Confiabilidade	Diagnostico perícia, inspeção
Conhecimento dos tratamentos			Conhecimento das ações curativas
Tratamento curativo	Morte	Sucata	Retirada do estado de pane, reparo
Operação			Renovação modernização, troca
Medicina		Manutenção Industrial	

Fonte: Adaptado de FREITAS, 2016.

2.1 História da manutenção

Em (VIANA,2006), menciona-se que a palavra manutenção é derivada do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, o autor ainda salienta que esta técnica está presente desde quando se começa a manusear instrumentos de produção, onde os fabricantes de maquinários treinavam os operários para operar e manter estes equipamentos assim, ocupavam o papel de operador e mantenedor, pois não se tinha uma equipe própria para manutenção. Segundo (MONCHY,1987) o termo manutenção teve origem ao vocabulário militar cuja definição era manter as unidades de combate e pleno efetivo com nível constante.

A evolução da manutenção a partir de 1930, está dividida em quatro gerações, segundo (KARDEC & NASCIF,2009).

A primeira geração está relacionada antes da Segunda Guerra Mundial, onde a manutenção estava em estado embrionário, quando a indústria era muito rústica, equipamentos superdimensionados, uma época com pouca mecanização, pois, não se demandava altas produções, assim não havia um olhar criterioso sobre os equipamentos onde apenas eram feitas limpezas lubrificação e substituição ou reparo no equipamentos quando se tinha falhas, ou quebra decorrente do desgaste natural, assim sendo uma manutenção corretiva não planejada, (KARDEC & NASCIF,2009).

A segunda geração é pós guerra, entre os anos de 1950 e 1970, onde durante este período exigiu grandes estratégias, pois a guerra exigia uma grande demanda dos parques fabris da época, trazendo com si a mecanização das empresas pela baixa procura de operários, assim se exigia uma maior confiabilidade disponibilidade fabril buscando a maior produtividade possível sem paradas, fundindo assim o conceito de manutenção preventiva, na década de 60 consistia uma manutenção feita em intervalos fixos. Onde também um ponto fundamental para manutenção preventiva era os valores, que começavam a ser analisados, assim aumentando os planejamentos e controle de manutenção (FREITAS,2016).

A terceira geração foi marcada a partir de 1970, pela preocupação das paradas nos processos produtivos onde acabavam acarretando custos de produção, capacidade produtiva e na qualidade dos produtos, a tendência na época o sistema just-in-time “na hora certa”, onde este sistema trabalhava com estoques pequenos e as paralisações influenciavam na produção até deixando a fábrica pausada ou paralisada por falta de produto para sequências posteriores da cadeia produtiva (PEREIRA,2009). Os principais enfoques na área produtiva passa a ser a confiabilidade e disponibilidade dos maquinários assim a terceira geração passa a ter reforço, e a utilização de manutenção preventiva aliada a informática com computadores e softwares

potentes, auxiliando nos planejamentos e acompanhamentos da manutenção, onde a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) começa a ser implementada no Brasil a partir de 1990 (KARDEC & NASCIF,2009).

Na quarta geração, os métodos e técnicas aplicados na terceira geração também são existentes, onde nesta geração a manutenção busca e consiste em melhorias através de desenvolver técnicas e métodos de conservação, extração máxima das máquinas onde a manutenção não pode mais se limitar em apenas corrigir falhas prematuras do dia a dia, e sim buscando o defeito zero, englobando a engenharia de manutenção onde se tem de garantir a disponibilidade, confiabilidade e Manutenibilidade, palavras chaves dentro da indústria, pois métodos tradicionais como corretivo, preventivo acarretam paralisação, negativamente a produção trazendo perdas desnecessárias (FREITAS,2016).

Os vários tipos de manutenção existentes, a maneira como é feita as intervenções nos equipamentos são apresentados em (KARDEC & NASCIF,2009). A manutenção pode ser caracterizada pela maneira de ser desenvolvida, atualmente podemos dividir a manutenção em seis grupos básicos onde cada grupo contém características próprias (BALDESSOS,2006) conforme segue:

- ✓ Manutenção Corretiva Não Planejada;
- ✓ Manutenção Corretiva Planejada;
- ✓ Manutenção Preventiva;
- ✓ Manutenção Preditiva;
- ✓ Manutenção Detectiva;
- ✓ Engenharia De Manutenção.

Existe atualmente diversas ferramentas que agregam a palavra manutenção em seu contexto, porém, não novos métodos de manutenção, apenas instrumentos que permitem a aplicação dos seis tipos de manutenção citados anteriormente. Onde (KARDEC & NASCIF,2009) destaca:

- ✓ Manutenção Produtiva Total (TPM) ou Total Productive Maintenance
- ✓ Manutenção centrada na confiabilidade (RCM) ou reability centerd maintenace
- ✓ Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM) ou Reabilite Based Maintenance

2.2 Manutenção corretiva não planejada

“A manutenção corretiva não planejada é a correção de falha de maneira aleatória” conforme apresenta (KARDEC & NASCIF,2009).

É a manutenção emergência que é necessária para corrigir uma falha ocorrida ou uma ineficiência de desempenho de um equipamento, onde estes estão interferindo na produção (BALDESSAS,2006).

A falta de planejamento de manutenção corretiva implica em custos elevados, pois, se tem perda de produção, qualidade de produto e alto custo de manutenção, já que as quebras podem danificar mais componentes, tendo uma grande extensão de perda de componentes, a busca emergencial dos mesmos podendo elevar os custos, uma grande perda de tempo de produção, pois, tendo a possibilidade de não se ter disponível em estoque todos os componentes que envolve as máquinas do parque fabril, os prejuízos em um processo contínuo pode ser muito elevada, onde pode se ter uma parada parcial ou total de uma empresa pela quebra, ou parada de uma máquina de disponibiliza insumos para demais processos posteriores (FREITAS,2016).

2.3 Manutenção corretiva planejada

É a correção da falha ou desempenho, através de um acompanhamento desde o aparecimento da falha, de tal modo podendo se efetuar um planejamento até a quebra total do componente, tudo que se tem um planejamento acaba sendo mais barato e seguro, por ser avaliado previamente, assim não infringindo a segurança do operador e assegurando a produtividade (BALDESSAS,2006).

As medidas de manutenção corretiva planejada, traz inúmeros benefícios como apresenta a seguir:

- ✓ Possibilita compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção.
- ✓ Diminuir os riscos de acidentes e aumenta a segurança do operador ou da instalação.
- ✓ Permite melhor planejamento das operações de serviços.
- ✓ Garante manutenibilidade do equipamento e ferramentas.
- ✓ Existência de recursos humanos qualificados (SILVA,2012).

2.4 Manutenção preventiva

Está consolidada dentro de uma empresa para evitar que se ocorra falhas ou quebras evitando a queda de desempenho da produção, através de planos e datas pré-definidas entre intervalos de tempos estabelecidos por fabricantes, ou pelo plano de manutenção, onde se busca prevenir, falhas e ocorrências inesperadas que trazem fatores inseguros e possibilidade de

parada (FREITAS,2016). Através do plano de atividades se determina os possíveis gastos e os materiais necessários nas substituições, assim necessariamente a parada para correção e inspeção do equipamento, podendo ser efetuada nas paradas de produção ou intervalos de turnos, assim elevando as condições de uso.

Muitas empresas negligenciam os planos de manutenção, excluindo itens de prevenção, para que estes pequenos tempos de paradas sejam transferidos em produção, onde este erro acaba multiplicando as quebras e surgimentos de novas falhas, eventualmente a equipe de manutenção acaba se voltando posteriormente apenas para correções corretivas (FREITAS,2016).

2.5 Manutenção preditiva

É a realização e acompanhamento de diversas variáveis e parâmetros relacionado ao desempenho e manutenibilidade do equipamento, buscando diagnosticar o instante necessário para substituição de componentes visando buscar o máximo de aproveitamento do potencial produtivo (OTANI & MACHADO,2008).

Segundo (COSTA,2013), relata que a manutenção preventiva é um meio de melhorias englobando a produtividade, qualidade do produto, os lucros e a capacidade de produção nas plantas industriais, a manutenção preditiva engloba ferramentas e técnicas para que se obtenha condições operacionais dos equipamentos produtivos, assim conseguem-se os dados sobre as condições mecânicas de cada máquina ou componente, esta obtenção pode ser feita através de análises e medições de vibrações, termográfica, análise de óleo, encospia, onde por meio da manutenção preditiva pode-se:

- ✓ Reduzir os impactos dos procedimentos preventivos;
- ✓ Eliminar desmontagens e remontagens para inspeção;
- ✓ Impedir propagação dos danos;
- ✓ Maximizar a vida útil dos componentes.

2.6 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva ou política detectiva, começou a ser referida por volta do ano 1990, onde começou a se necessitar de um nível mais elevado de confiabilidade dos equipamentos (SOUZA,2008), onde a mesma é desempenhar uma análise em sistemas para que se possa detectar falhas ocultas ou imperceptíveis por operários, durante o processo ou durante

verificação da manutenção através de técnicas básicas como falhas visuais, exemplo de verificação simples o teste de lâmpadas e alarme de painéis, em sistemas com maior complexidade, as ações devem ser apenas realizadas por responsável treinado e qualificado do setor de manutenção, onde a identificação de falhas é primordial para garantir a maior desempenho de máquinas e equipamentos (NETO,2008).

É um acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o exato momento de intervenção, assim buscando o máximo aproveitamento de cada componente (COSTA,2013), onde também relata que é uma forma de buscar melhor produtividade, qualidade dos produtos fabricados assim trazendo maior lucratividade, através da detectiva se consegue buscar dados de condição mecânica de cada equipamento, obtendo o tempo médio real para falhar, assim podendo ter um planejamento em todas as atividades decorrentes.

2.7 Engenharia de manutenção

A engenharia de manutenção é uma quebra de paradigmas, uma mudança cultural dentro do grupo de manutenção pelos princípios da mudança das rotinas e a consolidação ligada a implementação de melhorias contínuas (COSTA,2013).

A implementação da engenharia de manutenção provoca análise e proposta de melhorias através de informações que são colhidas do sistema preditivo, portanto, engenharia de manutenção emprega estes dados obtidos pela manutenção tendo como foco de melhorias contínuas, assim trazendo maior confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança, indicar problemas crônicos e resolver problemas tecnológicos, através de capacitação do quadro de funcionários da manutenção, matérias e sobressalente: elaborando novos planos de manutenção através de análise de falhas, assim fazendo um acompanhamento o funcionamento e zelando sempre pela documentação técnica disposta pelos fabricantes (FREITAS,2016).

A empresa que engloba as técnicas de engenharia de manutenção, não se prende apenas nas formas básicas de manutenção como corretiva, preventiva, preditiva e detectiva, mas sim elabora e engloba os métodos de manutenção, assim alimentando seu banco de dados com informações de equipamentos e componentes, assim constantemente melhorando os processos e atividades de manutenção, na Figura 1 ilustra as diferenças entre os diversos tipos de manutenção e a posição da engenharia de manutenção.

Figura 1: Fluxograma manutenção.



Fonte: Adaptação de KARDEC&NASCIF,2009.

3 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A grande evolução e transformação da manutenção está relacionada a mudança da visão dos gestores nas indústrias, onde os mesmos começaram a ter uma visão mais criteriosa em relação às falhas dos equipamentos, acarretando insegurança operacional, má qualidade de produção e custos elevados de produção (FREITAS,2016).

As atividades da manutenção estão relacionadas a ações diárias para se corrigir e prevenir falhas e anomalias nos equipamentos, através dos operadores ou pela equipe de manutenção, estas atividades de manutenção compreendem técnicas de manutenção em conjunto com atividades gerenciais, que podem ser denominadas de funções de apoio ou funções gerenciais de manutenção (XENOS,1998).

Segundo (FREITAS,2016) afirma que a manutenção tem novo papel e um grande desafio gerencial, com grande mudança e uma quebra de rotinas convencionais assim levando a grandes inovações. Onde (COSTA,2013), finaliza que o principal é uma utilização de uma metodologia adequada, para se não tenha desperdícios de gastos adicionais, visando um fator estratégico para se ter valores aceitáveis de custos totais da produção.

3.1 Manutenção produtiva total

A manutenção produtiva total surge na década por uma empresa do grupo Toyota, baseada e desenvolvida na qualidade e na confiabilidade, visando eliminar falhas e perdas, reduzindo paradas eventualmente aumentando os lucros, a TPM deriva da manutenção preventiva, e surge no Brasil no ano de 1986 (FREITAS,2016), e ainda complementa que não é apenas planos de melhorias ou manutenção, mas sim estratégia que engloba toda a organização, desde os operadores até os gestores envolvendo todo o nível hierárquico da empresa.

(SOUZA,2008), destaca também que a manutenção é a prioridade para qualquer equipamento onde se deve ter a interação de participação dos operadores, para que se possa ter uma melhoria contínua e uma gestão produtiva total. Em (COSTA,2013) cita três características importantes da TPM:

- ✓ Importância da manutenção como atividade geradora de lucros dentro da empresa.
- ✓ Integração e otimização das técnicas existente na manutenção visando

melhoras a eficiência dos equipamentos.

- ✓ Treinamento para melhoria da postura de operação os operários em relação à manutenção, adquirindo novas capacidades e aperfeiçoamento de diagnósticos de falhas do equipamento.

Segundo (FREITAS,2016), a TPM é baseada em oito pilares, onde sendo todos seguidos e executados pode levar a empresa a resultados de excelência. Estes possuem objetivos próprios demonstrado a seguir:

- ✓ Manutenção da qualidade: Zero defeito de qualidade, conservando condições ideal do equipamento, métodos e pessoas.
- ✓ Melhoria específica: Através de técnicas analíticas conhecer e eliminar perdas no processo produtivo.
- ✓ Manutenção planejada: através de técnicas de melhoria contínuas gerenciamento da manutenção, reduzindo os custos de manutenção e otimizando os processos e equipamentos de falhas.
- ✓ Segurança, saúde e meio ambiente: eliminar os acidentes ao máximo, através de equipamentos confiáveis e prevenção de erros humanos assegurando a segurança os operários, maquinas e ambientes.
- ✓ TPM office: observar e eliminar perdas administrativas buscando aumentar a qualidade do processo.
- ✓ Educação e treinamento: agregar o conhecimento e habilidades dos demais pilares no desenvolvimento das atividades de TPM.
- ✓ Manutenção autônoma: verificar e agir prontamente com as falhas observadas nos equipamentos, garantindo o pleno funcionamento do mesmo.

Estes oito pilares definem e dirigem a TPM para obter falhas zeros (COSTA,2013), ainda cita quatro desses objetivos principais como sendo:

- ✓ Eliminar grandes perdas
- ✓ Manutenção autônoma
- ✓ Manutenção planejada
- ✓ Educação e treinamento

3.2 Manutenção centrada na confiabilidade

O foco da manutenção é buscar que todos os componentes de um equipamentos cumprir as características funcionais desejadas, a manutenção centralizada na confiabilidade

tem como princípio determinar os requisitos para que a manutenção possa garantir seu contexto operacional garantindo pleno funcionamento (KARDEC & NASCIF,2009).

Segundo (KARDEC & NASCIF,2009), a RCM é um método que estuda as características em detalhes de sistemas, processos e equipamento, tendo como foco que sempre é possível uma quebra ou perda de desempenho, assim podendo definir a melhor forma de se realizar a manutenção assim maximizando que se haja mais falhas garantindo que não se tenha perda decorrente de paradas. Onde (COSTA,2013) Salienta que é diferente de outras formas de manutenção, onde procura planejar e direcionar a manutenção a uma área do equipamento ou da empresa como um todo, onde a empresa quem vai tomar todas as decisões do nível pelo qual quer realizar as intervenções de acordo com o custo benefício, projeto e custo de impacto de falhas entre outros.

A RCM é um modelo que busca analisar um equipamento ou sistema em detalhes, podendo verificar como ele pode vir a falhar e assim podendo definir a melhor forma de se efetuar a manutenção, assim prevenindo a falha ou minimizando as perdas decorrentes, deste modo a RCM é uma ferramenta gerencial (FREITAS,2016)

Onde (FREITAS,2016) cita alguns passos para implantação da RCM:

- ✓ Seleção do sistema;
- ✓ Definição das funções e padrões de desempenho;
- ✓ Determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho;
- ✓ Análise dos modelos e efeitos das falhas;
- ✓ Histórico de manutenção e revisão da documentação técnica;
- ✓ Determinação de ações de manutenção: política, tarefas e frequência.

Ainda (KARDEC & NASCIF,2009) aconselham a aplicação das sete perguntas abaixo para combinar um equipamento ou componente método de RCM:

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
2. De que forma ele falha em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha operacional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha tem importância?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

A manutenção centrada na confiabilidade buscar utilizar ao máximo os recursos dos componentes, máquinas e dispositivos, desde que viáveis economicamente, podendo garantir a

confiabilidade de operação, onde através da RCM se tem um alto nível de informações permitindo que a empresa melhore os desempenhos operacionais, elevando a vida útil dos equipamentos, melhorando a disponibilidade e trabalho da manutenção (COSTA,2013).

3.3 Planejamento e controle de manutenção

De acordo com (KARDEC & NASCIF,2009) a manutenção era prestigiada, como um planejamento e administração para acomodação da carga de trabalho destinada, nos dias atuais o planejamento da manutenção se deve fixar as gerências, e a correção de problemas no processo de produção, visando que a empresa venha a ser competitiva no mercado, busca a máxima eficiência produtiva. Assim (FREITAS,2016) também comenda que alguns problemas que se devem ser resolvidos pelo PCM:

- ✓ Triagem de intervenções;
- ✓ Métodos de manutenção;
- ✓ Paradas de Produção;
- ✓ Segurança;
- ✓ Acompanhamentos dos trabalhos subcontratados;
- ✓ Fornecimento de peças.

O planejamento e controle da manutenção é um método de manutenção muito aplicado nos países desenvolvidos, a partir do início da década de 90 começou a ser utilizada no Brasil, na década de 80 grande parte das empresas dos países ocidentais buscavam a maior eficiência e retorno financeiro para determinados investimentos, já que se tinha uma exigência dos consumidores que a qualidade dos produtos e serviços era algo primordial, através dessa exigência obrigava que as empresas se adequassem pra que se manter na competitividade do mercado segundo (SOUZA,2008).

Para que o PCM seja implementado é necessário que se estruture um sistema de planejamento sendo ele manual ou informatizado, (FREITAS,2016) ainda cita a necessidade de um sistema para se possa ter informações confiáveis assim buscando e gerando relatórios gráficos e ações no mais curto espaço de tempo possível. Na Tabela 2 demonstra as diferenças em relação ou controle manual e informatizado abordando os benefícios e desvantagens de cada um.

Tabela 2: Controle de Manutenção Manual x Informatizado.

	Controle Manual	Controle Informatizado
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ É de fácil e rápida implementação e execução; ✓ Custo baixíssimo; ✓ Permite uma visão global da manutenção; ✓ Aceita menor envolvimento do pessoal para implementação. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Processamento de grandes volumes de informações; ✓ É mais confiável; ✓ Torna mais rápida a pesquisa de dados e histórico dos equipamentos; ✓ Programas permitem um levantamento atualizado do que está acontecendo e quando está custando;
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dispersão dos dados; ✓ Necessidade de um grande número de pessoas para fornecer os dados; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Os custos e prazos para implementação são maiores; ✓ Maiores cuidados no treinamento dos responsáveis pelos dados; ✓ Perda da noções de conjunto do plano de manutenção; ✓ Eventuais rejeições por parte dos colaboradores, por não gostarem de fazer “trabalho de mesa”.

Fonte: adaptado de FREITAS, 2016.

A Tabela 3 a seguir podemos ver os tipos de programas de controle de manutenção e uso no Brasil, retirado do documento nacional de manutenção ABRAMAN.

Tabela 3: Tipos de Programas de Controle da Manutenção usados no Brasil.

Tipos de Software Utilizados na Manutenção (%)						
Ano	Próprio	Externos Adaptados	Externos Pacotes	Próprios E Externos	Só Planilhas Eletrônicas	Não Utiliza Software
2009	11,36	18,18	35,80	14,20	18,75	1,70
2007	12,63	16,32	35,79	20,53	13,16	1,58
2005	17,60	19,20	24,80	20,80	13,16	4,00
2003	20,14	11,51	34,53	18,71	11,51	3,60
2001	18,59	17,31	19,87	33,33	5,77	5,13
1999	23,85	13,85	26,15	24,62	8,45	3,08
1997	25,19	20,74	11,85	28,15	8,15	5,92
1995	46,89	12,43	16,95	23,73	-	-

Fonte: Adaptado de ABRAMAN, 2009.

Onde (BATISTA,2015) comenta que hoje em dia pode-se verificar as mudanças nas empresas em relação às escolhas dos empregados conforme a áreas e perfil funcional dentro da mesma, onde se busca a qualificação, pois se a uma demanda de conhecimentos tecnológicos para determinadas áreas de produção , assim fazendo que a empresa e o empregado venha a se adequarem, novas tendências de mercado surgem diariamente, assim surgido a necessidade de qualificação e correção de novas tendências, que podem ser obtidas através dos Centros de qualificação de mão de obra de manutenção (Cequal), que funciona na maioria das vezes no Senai em parceria com a Abramam, dentro do Programa de qualificação e certificação de pessoal da área de manutenção (PNQC), podemos observar na Tabela 4, o conhecimento do PNQC dentro das empresas, e na Tabela 5 demonstra a evolução da qualificação dos membros do setor de manutenção.

Tabela 4: Conhecimento do Programa PNQC.

Conhecimentos do Programa PNQC Nas Empresas (%)		
Ano	SIM	NÃO
2013	67,35	32,65
2011	85,11	14,89
2009	72,58	27,42
2007	78,48	21,52
2005	75,44	24,56
2003	61,24	38,76
2001	60,43	39,57
1999	53,57	46,43
1997	52,14	47,86

Fonte: adaptado de ABRAMAN, 2013.

Tabela 5: Qualificação do Pessoal de Manutenção.

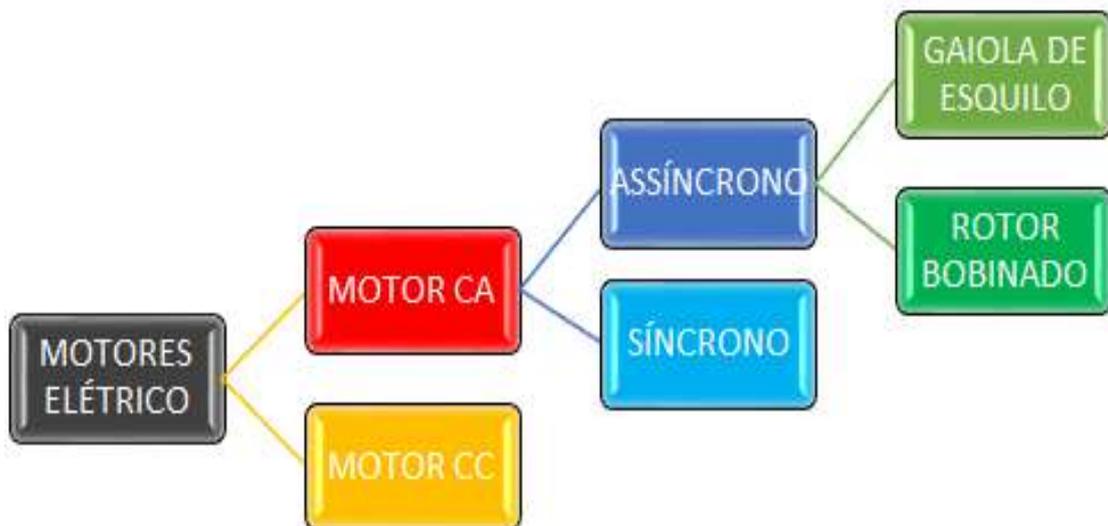
Qualificação do quadro de manutenção das empresas (%)					
Ano	Nível Superior	Técnico nível médio	MOB Qualificada	MOD não qualificada	Não classificada
2013	6,76	15,48	39,85	7,21	30,70
2011	8,76	17,00	40,79	7,56	25,89
2009	8,36	16,94	38,88	8,34	27,48
2007	8,70	18,25	40,36	6,72	25,87
2005	7,06	16,07	36,05	7,91	32,91
2003	7,20	14,85	40,62	4,94	32,39
2001	7,64	14,81	38,72	7,63	31,20
1999	7,08	13,35	38,06	6,77	34,34
1997	6,18	14,78	40,63	8,07	30,34
1995	6,65	13,52	17,15	8,81	53,87

Fonte: adaptado de ABRAMAN,2013.

4 MOTORES ELÉTRICOS

Por tanto (DIAS,2013) comenta que motor elétrico realiza a transformação de energia elétrica em energia mecânica, composto basicamente de um rotor e um estator, onde pode ser dividido em dois grandes grupos: motores de corrente contínua e motores de corrente alternada. Podemos complementar com (FREITAS,2013) onde salienta que o motor de indução é o mais utilizado entre os motores, por combinar vantagens como baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando, construção simples e versátil podendo se utilizar em diversos dispositivos com ótimo rendimento, através da Figura 2 demonstra a classificação dos motores elétricos.

Figura 2: Classificação Elétricos.



Fonte: adaptado de WEG motores elétricos.

4.1 Motores de corrente alternada

Grande utilização por serem motores de custo mais baixos, por serem utilizados a forma de energia distribuída assim não necessitando de periféricos para seu funcionamento, onde dividimos os motores CA em dois modelos principais:

4.1.1 Motores síncronos

Motores síncronos utilizados para grandes potências, pois não sofrem interferência do escorregamento assim não variando sua rotação no eixo, onde os mesmos têm alto custo

(FREITAS,2013).

Os motores síncronos possuem característica de velocidade constante e proporcional a frequência da rede, onde o rotor segue o campo girante ao estator, imposta pela alimentação trifásica, onde a velocidade é a mesma doo campo girante. O motor síncrono é composto por um enrolamento trifásico e de um rotor bobinado, este modelo de motor tem aplicação limitada pela necessidade de acionamento diferenciado, onde a velocidade é invariável em relação da carga no eixo, até o limite máximo aceitável de torque, e conciliado com um inversor de frequência pode se ter uma variação de velocidade com precisão mais pura (WEG, Motores Elétricos)

4.1.2 Motores assíncronos

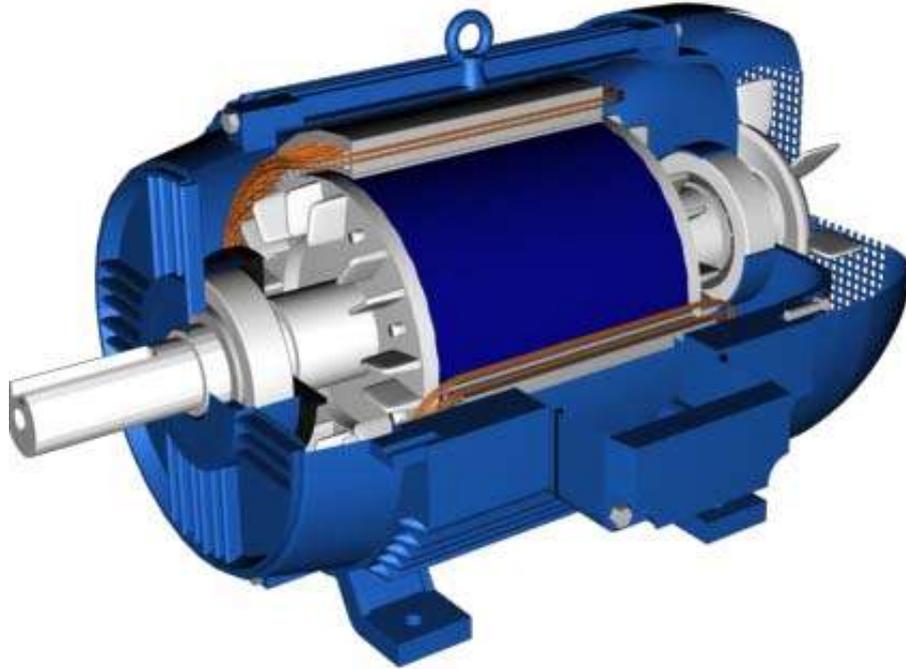
Motores assíncronos é o motor mais utilizado pelo baixo custo, robustez e simplicidade de construção, tem velocidade constante, mas varia com a aplicação de carga no eixo (FREITAS,2013). A aplicação de uma carga no externo do motor, faz com que o rotor diminui a velocidade, decorrente da diferença da rotação entre o campo girante (síncrono) e o rotor, a velocidade pode ser controlada através de inversor de frequência (WEG, Motores Elétricos).

Motores assíncronos se subdividem em dois modelos principais os quais são:

- ✓ Rotor Gaiola

Tem característica que seu enrolamento rotatório esta curto-circuitado, ilustrado na Figura 3, este modelo de motor são chamados de motores de gaiola de esquilo.

Figura 3: Motor Assíncrono de Rotor Gaiola.

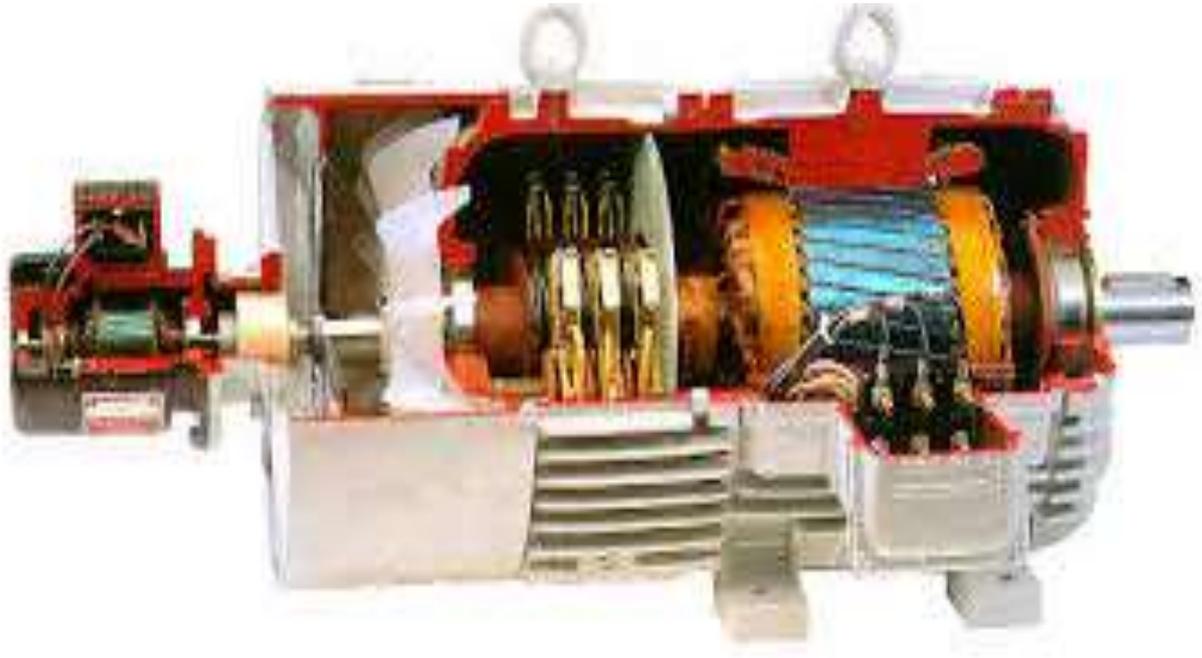


Fonte: WEG, Motores Elétricos.

✓ Rotor bobinado

O motor de anéis tem a mesma característica de construção do motor de indução em relação ao estator, seu diferencial está que o rotor também está envolvido por enrolamento trifásico, que estes são acessíveis através de três anéis com escovas assim derivando o nome motor de anéis. São largamente utilizados em ocasiões onde se exige grande esforço para se retirar um sistema da inércia ou condições que se exija alto torque em baixas rotações, a Figura 4, demonstra um motor de anéis (WEG, Motores Elétricos).

Figura 4: Motor Assíncrono de Rotor Gaiola.



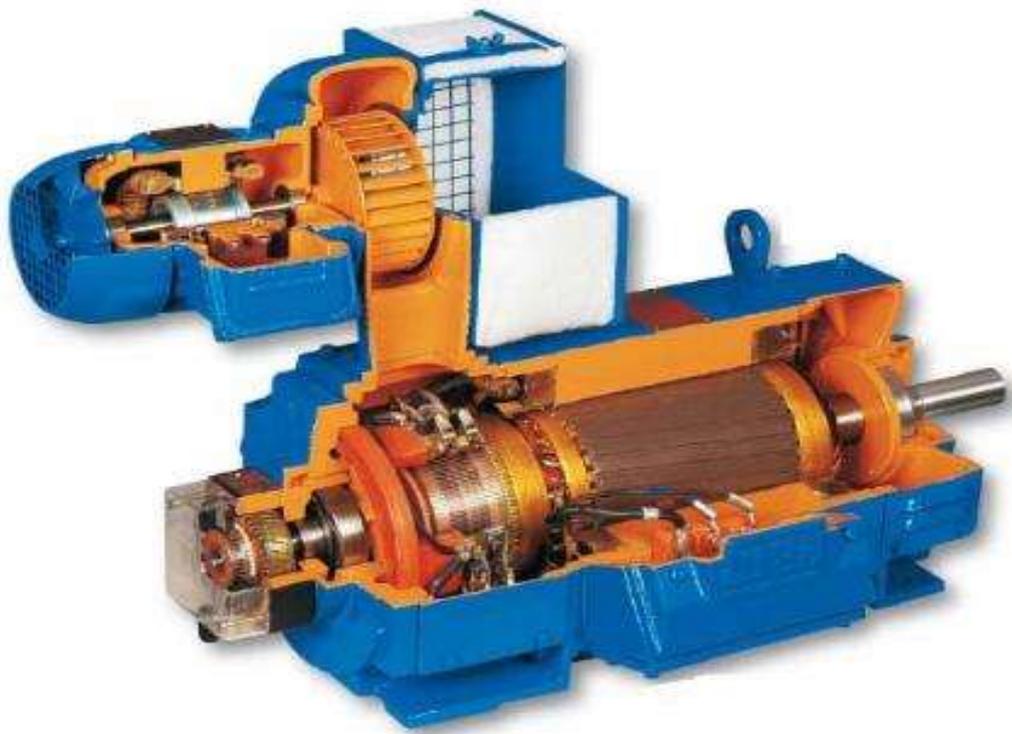
Fonte: WEG, Motores Elétricos.

4.2 Motores corrente continua

Motores CC são máquinas mecânicas de alto valor pois, necessita de dispositivos de conversão CA - CC ou uma fonte de corrente continua. Motores CC podem funcionar com velocidade variável com grande limite, onde são utilizados principalmente por sua característica de alto controle e grande flexibilidade, onde seu uso é restrito em casos especiais onde compensa o alto custo de instalação e manutenção (FREITAS,2013).

Motores de corrente continua são largamente utilizados onde se necessita de faixa de velocidade com uma ótima regulação e precisão de velocidade, onde conciliados com tacogerador para que se tenha uma maior precisão de velocidade pode assim chegar uma precisão de velocidade de até 0,01%, assim podendo se ter um alto sincronismo em situações onde se utiliza vários motores sincronizados (WEG, Motores Elétricos), a Figura 5 ilustra um motor CC.

Figura 5: Motor Corrente Contínua.



Fonte : WEG, Motores Elétricos.

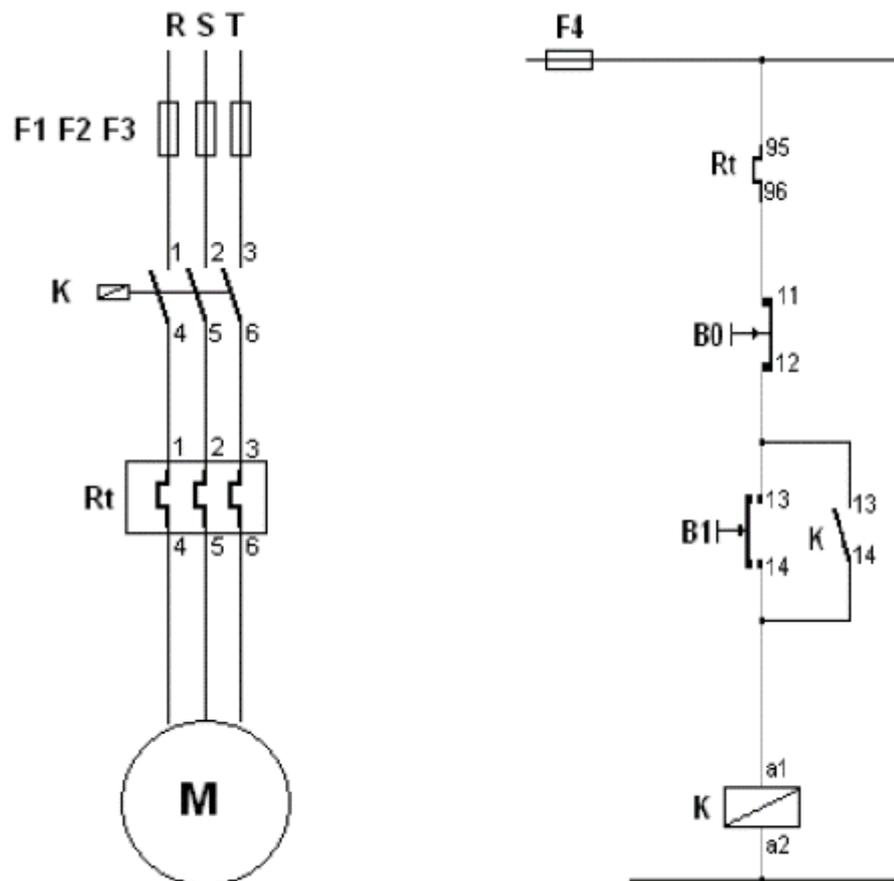
5 ACIONAMENTOS

Em uma partida de um motor elétrico podemos analisar que a corrente pode ter seu valor nominal de funcionamento multiplicado em 6 a 8 vezes, onde este pico de corrente na partida pode ser muito prejudicial, pelo fato que ocasiona grande queda de tensão na rede, conseqüentemente prejudicando o funcionamento e causando transtornos desagradáveis e perigos aos demais equipamentos que está ligado na rede, pelo fato das altas corrente de partidas, as companhias de energia delimitam a corrente máxima de partida, fazendo se use métodos de partidas com finalidade de amenizar altos picos de corrente para que não tenha distúrbios na rede (ZAGO,2012), onde alguns métodos de partidas são:

5.1 Partida direta

O método de partida direta é a mais simples para partidas de motores, não exige de componentes especiais para acionar o motor, este método o faz com parta com valores plenos de corrente, pois recebe a tensão nominal de serviço, assim necessitando de uma rede que suporte e tenha o capacidade fornecimento de corrente, pois pode ter um valor 8 vezes maior que a corrente nominar no motor, em relação à alta corrente de partida os componentes devem ser robustos, (DRANKA,2012). A (NBR 5410,2004) salienta que se deve verificar junto as distribuidoras de energias se é possível acimar motores elétricos acima de 3,7kw (5cv) com o método de partida direta, na Figura 6 temos a representação do circuito força multifilar e circuito de comando.

Figura 6: Circuito Força Multifilar e Circuito de Comando.



Fonte: adaptado de SOUZA ,2009.

Podemos observar algumas características citadas por (ZAGO,2012):

Vantagens:

- ✓ Oferece torque nominal na partida

Desvantagens

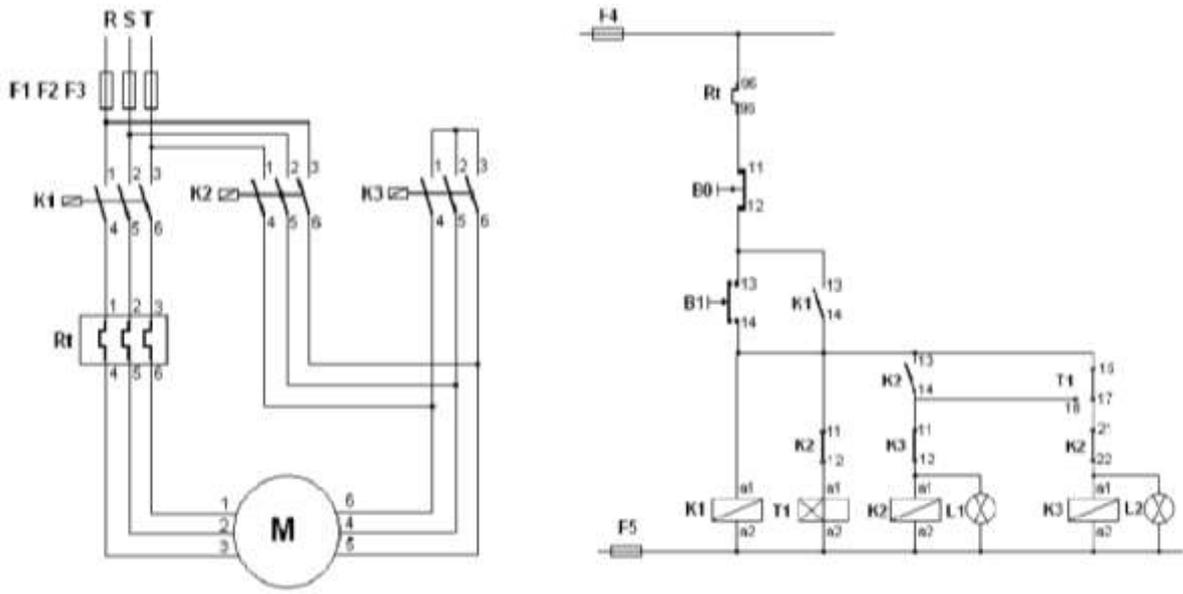
- ✓ Consumo elevado de energia;
- ✓ Exige componentes e cabos robustos;
- ✓ Alta corrente de partida.

5.2 Partida estrela triângulo

A partida estrela triângulo tem princípio de amortecer os altos picos de corrente nas partidas de motor elétricos, este método de acionamento necessita que o motor seja compatível no mínimo com 6 terminais de ligação e dupla tensão tensão nominal, a partida consiste em dois passos, onde primeiro o motor é fechado em estrela reduzindo a corrente de linha em três

vezes, posteriormente após estar com cerca de 90% da velocidade nominal, realiza-se a troca de ligação passando para triângulo de forma automática (DRANKA,2012), na Figura 7 temos a representação do circuito força multifilar e circuito de comando.

Figura 7: Circuito Força Multifilar e Circuito de Comando.



Fonte: Adaptado de SOUZA,2009.

Podemos observar algumas características citadas por (ZAGO,2012):

Vantagens

- ✓ Alto nível de manobras;
- ✓ Compacta;
- ✓ Reduz corrente em 1/3;
- ✓ Baixo custo.

Desvantagens:

- ✓ Necessidade de motor de 6 terminais e dupla tensão
- ✓ Tensão de rede de coincidir com a tensão de triângulo do motor.

5.3 Partida compensadora

A partida compensadora é utilizada em casos que se exija partir com carga, onde é também um método de reduzir a corrente de partida de motores, pois, alimenta o motor com tensão reduzida em suas bobinas na partida, onde é utilizado um autotransformador em série com as bobinas do motor, onde após ter uma aceleração volta a ser alimentado com a tensão da rede, a redução da corrente de partida depende do TAP em que estiver ligado o

relacionado ao ângulo de disparos dos tiristores, assim proporcionando partir e parar suavemente. Através do ajuste de parâmetros, o torque do motor é ajustado a necessidade da carga, assim a corrente solicitada seja a mínima necessária a partida (PRAXEDES,2011) onde também salienta que durante o período de funcionamento nominal os tiristores não são utilizados através de um sistema by-pass que os deixa temporariamente desconectados, posteriormente são envolvidos no circuito no momento de parada ou desaceleração.

O ângulo de disparo é controlado eletronicamente para se tenha uma tensão variável nos terminais do motor durante a partida (aceleração), este comportamento é chamado de partida suave (soft-starter), após o período de aceleração ou rampa ascendente a tensão atinge seu pleno valor ao invés ser submetido a incrementos, ou saltos como nos métodos de partida como, partida compensadora, estrela triangulo, etc. assim conseguindo manter a corrente de partida próxima a nominal, as chaves eletrônicas apresentam vantagens como controle de tensão e também por não possuírem partes moveis assim elevando sua vida útil com relação às chaves mecânicas (WEG, Acionamento e Proteção) .

Visando uma rápida identificação física da Soft-Starter, a Figura 9 representa um modelo deste equipamento.

Figura 9: Soft-Starter modelo SSW03 do fabricante WEG.



Fonte: WEG Manual Técnico SSW03

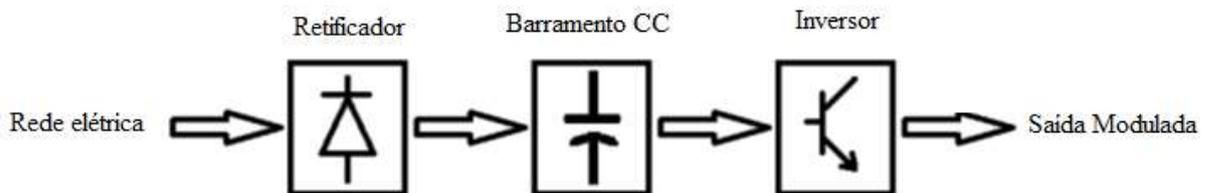
5.4 Inversor de frequência

Por diversos anos motores CA eram utilizados para velocidades constantes por não se ter dispositivos para várias as suas rotações, assim quando se tinha a necessidade de variação de velocidade se utilizava motores CC, motores de combustão interna ou mecanismos que vazia a conversão de rotação como caixas de rotações. Onde posteriormente com os acionamentos de velocidade variável mudaram estes procedimentos, onde agregavam a possibilidade de variação de rotação de motores CA, controlando a tensão e a frequência da rede (WEG, Acionamentos e Proteção).

Onde (GUEDES,2015) salienta que o inversor de frequência é capaz de transformar o sinal CC em sinal CA, onde é vastamente utilizado em acionamentos de motores de indução, controlando parâmetros como amplitude de tensão e frequência de alimentação do motor, portanto, podendo variar a rotação do mesmo. O inversor de frequência tem estrutura exemplificada na Figura 10.

Os inversores geralmente são composto por IGBTs, que proporciona alta performance de trabalho, com alta velocidade de comutar e integração com a modulação PWM, portanto, tendo superioridade em relação soft-starter (PRAXEDES,2011).

Figura 10: Diagrama Esquemático de um Inversor De Tensão.



Fonte: adaptado GUEDES 2015

A primeira etapa é a retificação onde através de diodo ou tiristor, transforma a tensão alternada da rede em tensão contínua, a segunda etapa composta por capacitores que tem a função de reduzir a ondulação do barramento CC, por final a última etapa é a inversora, onde a volta a tornar o sinal alternado, tendo a frequência e a tensão ajustada conforme a necessidade (GUEDES,2015).

6 MANUTENÇÃO EM ACIONAMENTOS

De acordo com a (NBR 5462,1994) a manutenção preventiva é “Efetuada em intervalos de tempo, conforme critérios predefinidos, proposta a reduzir as falhas ou a degradação do funcionamento de um equipamento”

Onde (ALMEIDA & PAULINO,2017) salienta que a execução da manutenção preventiva em equipamentos elétricos envolve a observação visual e condições específicas, a frequência da manutenção depende da importância crítica de cada equipamento, onde praticas simples, como verificação de ventilação suficiente e limpeza frequente são fatores de grande importância. Rotinas básicas de inspeção para equipamentos elétricos devem ser tomadas como:

6.1 Limpeza

Assim (ALMEIDA & PAULINO,2017) salienta que equipamentos elétricos devem ficar isentos de poeiras, teias de aranhas, fiapos de algodão, óleo, ou qualquer partícula de sujeira em geral, pois o excesso pode ocasiona uma perda de troca de calor com o ambiente, elevando a temperatura dos componentes, além de reter umidade e provocar curto-circuito, podendo assim ser um propagador de incêndio. Assim podendo ser feita a limpeza externa e interna de quadros elétricos através de:

- ✓ Remoção de poeira através de aspirador;
- ✓ Ar comprimido “seco”, porem espalha poeira;
- ✓ Limpeza com espátula e pincel;
- ✓ Limpeza com álcool isopropílico.

A Figura 11 e Figura 12 demonstra um inversor de frequência com excesso de sujeira.

Figura 11: Excesso de Sujeira em um Inversor.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 12: Excesso de Sujeira em um Inversor.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

6.2 Reaperto

Grande parte dos problemas (aproximadamente 70%) ocorridos em sistemas elétricos tem origem a pontos de conexão defeituosos, decorrente ao envelhecimento, instalação incorreta, falta de reaperto, ou danos no equipamento do sistema, decorrentes destes problemas a energia começa a ser convertida em calor, o que pode levar ao perigo de sobreaquecimento, podendo ter perdas imensuráveis, na produção ou destruição de componentes (CARDOSO et al.,2015).

Onde podemos salienta algumas especificações contidas na normativa em relação às conexões devem (NBR 5410,2004):

- ✓ Devem garantir continuidade elétrica durável, adequada com resistência e proteção mecânica.
- ✓ As conexões devem suportar os esforços impostos pelas correntes, seja em condições normais, seja em condições de falta. Além disso, as conexões não devem sofrer modificações inadmissíveis em decorrência do seu aquecimento, do envelhecimento dos isolantes e das vibrações que ocorrem em serviço normal;
- ✓ As conexões devem ser acessíveis para verificação, ensaios e manutenção;
- ✓ Quando necessário, devem ser tomadas precauções para que a temperatura atingida nas conexões, em serviço normal, não afete a isolação das partes condutoras conectadas;
- ✓ As conexões devem ser realizadas de modo que a pressão de contato indiferente do material isolante;
- ✓ As conexões prensadas devem ser realizadas por ferramentas adequadas conforme o tamanho do conector, conforme recomendações do fabricante;
- ✓ Proibida aplicação de estranho nas terminações de condutores, quando conectados em bornes ou terminais de dispositivos elétricos.

A normativa ainda salienta que o reaperto não deve ultrapassar o prazo de 90 dias, e repetidos e intervalos frequentes (NBR 5410,2004).

Na Figura 13 podemos verificar um disjuntor motor que teve um superaquecimento em dos terminais, decorrente de falta de reaperto.

Figura 13: Superaquecimento de um Ponto de Conexão Disjuntor Motor



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

6.3 Identificação de ruídos ou vibrações

Precisasse verificar possíveis vibrações anormais ou ruídos estranhos em equipamentos elétricos, onde pode ser um eventual problema surgindo (ALMEIDA & PAULINO,2017). Geralmente contadores em quadros de comando apresenta este tipo de anomalia, um sinal proveniente de desgastes nas conexões internas (CAERN, 2014)

Alguns outros fatores levam a ruídos em equipamentos elétricos como (WEG, Comando e Proteção):

- ✓ Corpo estranho no entreferro;
- ✓ Anel de curto-circuito quebrado;
- ✓ Bobina com tensão ou frequência errada;
- ✓ Superfície móveis ou fixas, oxidadas ou sujas;
- ✓ Oscilação de tensão ou frequência no circuito de comando;
- ✓ Queda de tensão:

(WEG, Comando e Proteção) ainda salienta que alto ruídos em motores elétricos são provenientes de alguns fatores como:

- ✓ Rotor fora de centro;
- ✓ Alinhamento incorreto;
- ✓ Desbalanceamento;
- ✓ Eixo torto;
- ✓ Ligações erradas;
- ✓ Corpos estranhos no entreferro;
- ✓ Rolamentos gastos;
- ✓ Tensão ou frequência fora do especificado:

6.4 Análise de energia

Os equipamentos elétricos para seu pleno funcionamento necessita de tensão e frequência constante com poucas variações de valores, por este motivo as concessionárias devem entregar a energia elétrica com boa qualidade, podemos analisar grandes elétricas na rede do sistema, através de um analisador de energia podendo analisar (FLUKE,2009):

- ✓ Formas de ondas: análise de corrente e tensão, entre fase-fase e fase neutro, proporciona diagramas fasorial em tempo real de tensão e corrente;
- ✓ Harmônicas: exibe harmônicas para tensão, corrente e VA, pode se obter porcentagem e direção do harmônico em tempo real;
- ✓ Transientes: ajusta, captura e exibe transientes;
- ✓ Potência total: exibe Watts, VARs e VA por fase e total, demonstra totais e determina se a energia é indutiva ou capacitiva;
- ✓ Alarmes: configura, captura e grava eventos de diferentes variáveis de disparo, cada alarme exibe a fase a variável e o valor assim como tempo e

duração;

- ✓ Armazenamento: pode ser gravada dados de tendências com fração de tempo estipulado, obtendo variáveis diferentes de todas as fases, permitindo posterior ser analisar as informações.

Na Figura 14 podemos ver uma instalação de um analisador de energia num quadro de distribuição.

Figura 14: Registrador Instalado em um QG.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Na Figura 15 podemos verificar uma variação de tensão e corrente entre as fases

Figura 15: Oscilação de Tensão e Corrente.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2018.

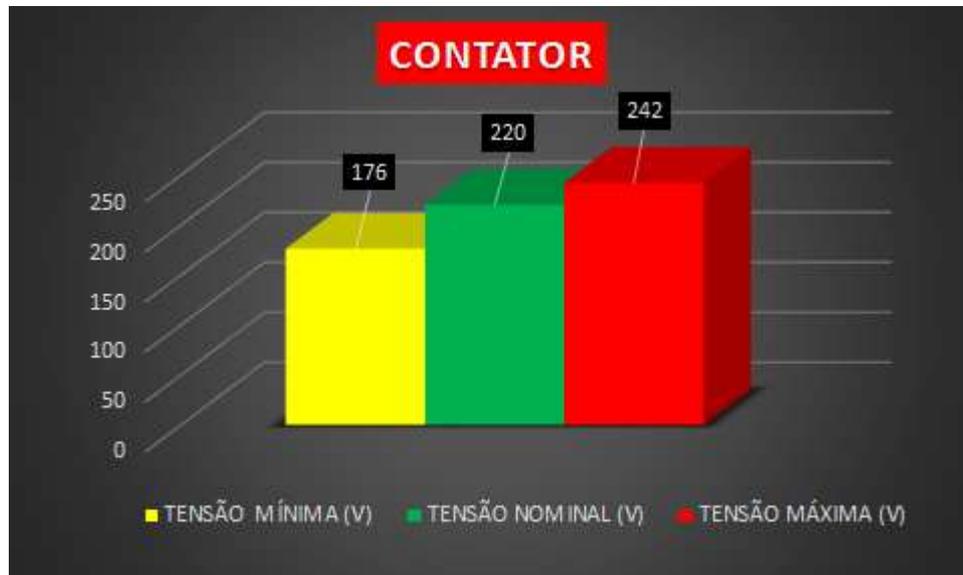
Onde (ALMEIDA & PAULINO, 2017) ainda salienta se deve ter inspeções básicas em relação à qualidade de energia, onde podem ser obtidas através de alicate amperímetro, saliente que a variação de tensão e corrente são provenientes de muito defeito.

- ✓ Corrente: O aquecimento de equipamentos depende da capacidade térmica, a temperatura é um fator importante já que a vida útil de um equipamento está relacionada a mesma, equipamentos de isolamento classe F e B, quando operam 8 a 10 °C reduz a vida útil pela metade, assim reforçando a necessidade de um monitoramento das condições de carregamento, ou seja, da corrente de carga para que não se tenha eventuais problemas.
- ✓ Tensão: A tensão aplicada em equipamentos também deve ser monitorada de forma similar a corrente, sobre e sub-tensões, tensões desequilibradas afetam o isolamento e o desempenho em muitos casos.

Podemos verificar na Figuras 14 e Figura 15 margem de variação de tensão

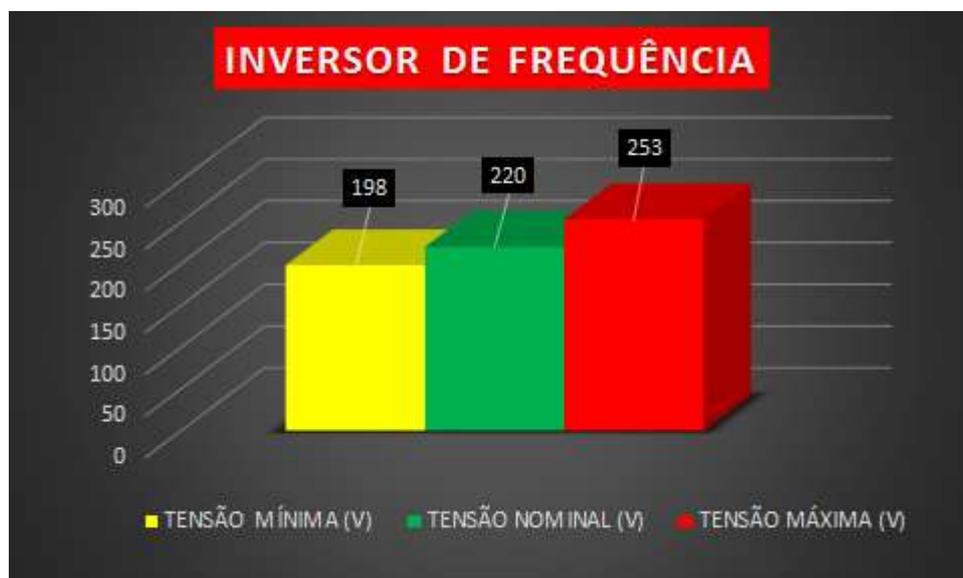
admissíveis em um contator e inversor de frequência.

Figura 16: Variação de Tensão Contator Marca SIEMENS.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 17: Variação de Tensão Inversor WEG.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

6.5 Termografia

A termográfica é uma técnica que auxilia a visão humana para observação de espectro infravermelho, através de uma termovisor, onde facilita observação das regiões aquecidas ou frias, através de imagens térmicas (ARAÚJO,2014). Este método de análise teve uma grande evolução nas últimas décadas, onde a temperatura é uma grandeza que possibilita

a assimilação de várias falhas entre os equipamentos, onde a diferença de temperatura em um componente podem ser indicador de um possível problema existente, assim refletindo no desempenho de uma máquina ou equipamento. As imagens captadas através da termografia permitem que as falhas ou problema sejam identificados em tempo que se possa prevenir e evitar consequências maiores assim como levar a um incêndio. A facilidade de percepção de avarias é uma vantagem da termográfica, pois apresenta relatórios de temperatura dos equipamentos analisados, assim como análise em lugares de difícil acesso, outro ponto positivo da termografia é que não interfere no funcionamento do equipamento quando está se fazendo a leitura da temperatura, onde não sem qualquer intervenção física nos equipamentos (CARDOSO,FERNADES & VALENTINI,2015), onde ainda salienta que a termografia é uma ferramenta confiável e segura para detectar falhas em programas de manutenção preventiva e preditivas, em equipamentos elétricos.

Na Figura 18 demonstra a utilização de uma câmera termográfica

Figura 18: Câmera Termográfica.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018

Na Figura de 19 podemos verificar a diferença de temperatura em vários pontos de

um QG através da tonalidade de cores disposta no visor da câmera.

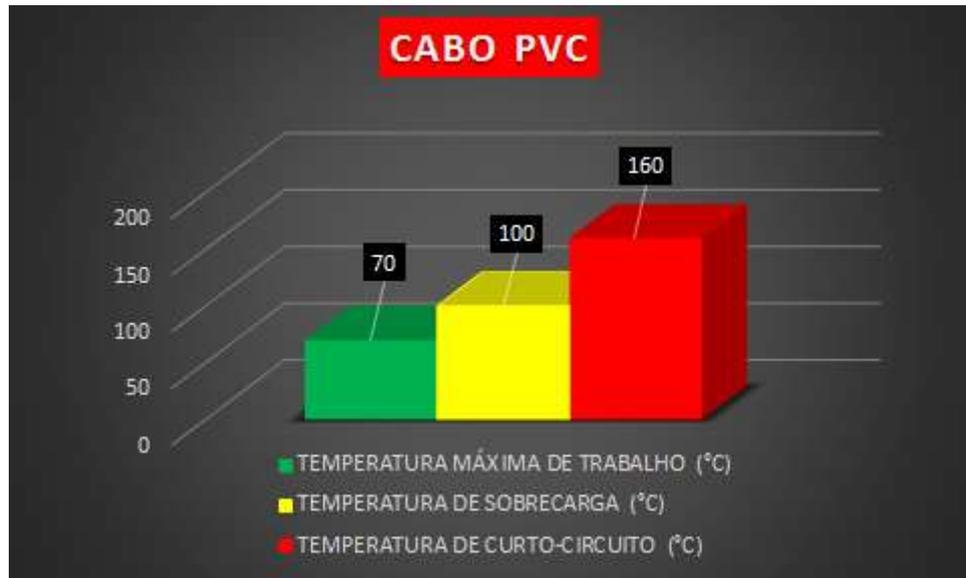
Figura 19: Leitura de Temperatura em um QG.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

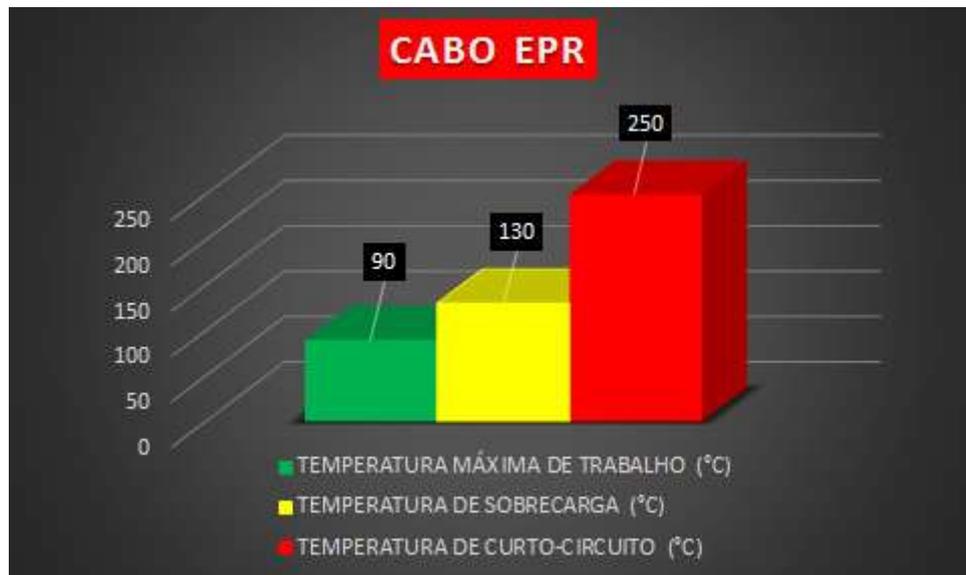
Cada componente tem sua temperatura máxima admissível de funcionamento, onde relacionada diretamente com sua durabilidade, cada fabricante especifica a temperatura de seus componentes, as Figuras 20 a 27 apresentam a diferença de temperatura de alguns componentes, das principais marcas comercializadas no mercado nacional que estão em quadros de acionamentos elétricos.

Figura 20: Temperatura Cabo PVC.



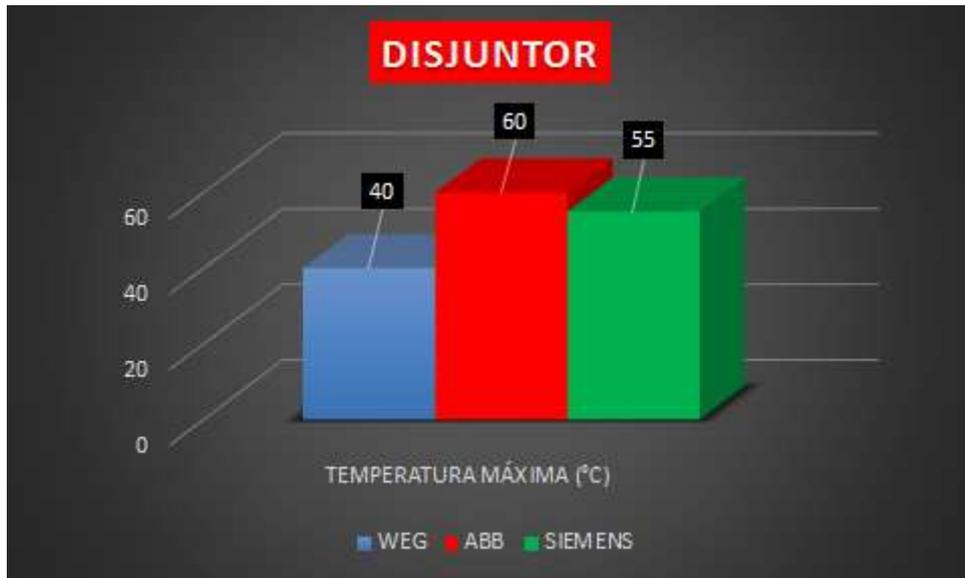
Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 21: Temperatura Cabo EPR.



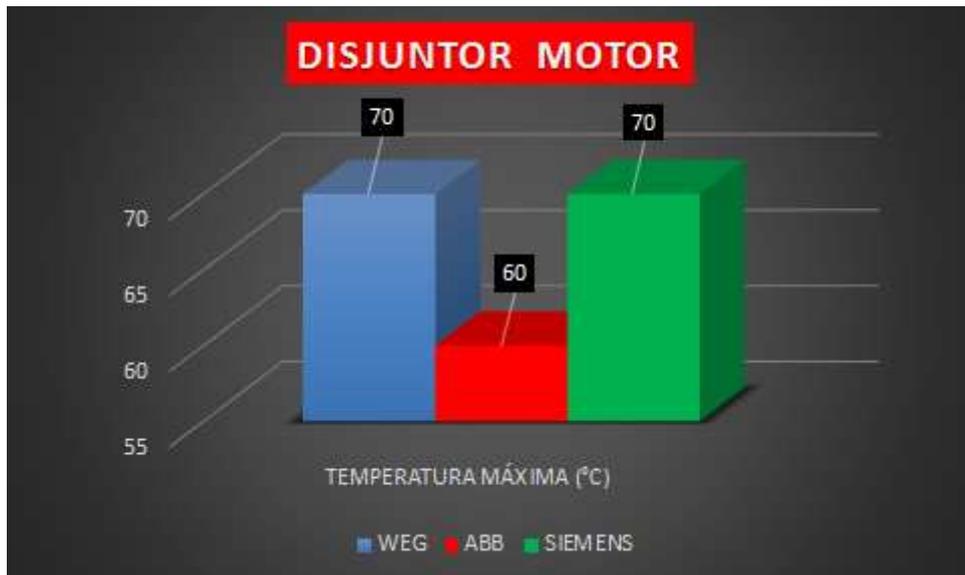
Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 22: Temperatura Disjuntor.



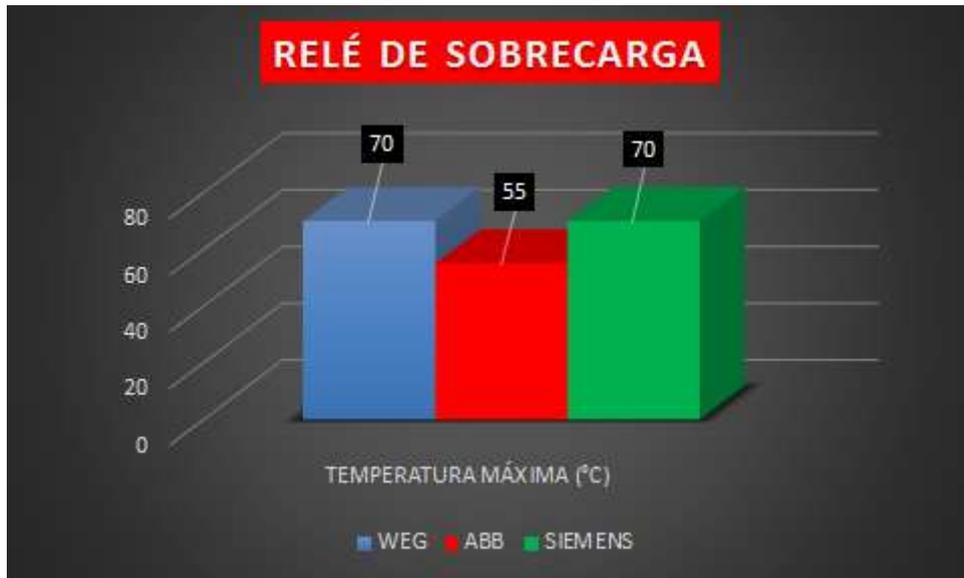
Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 23: Temperatura Disjuntor Motor.



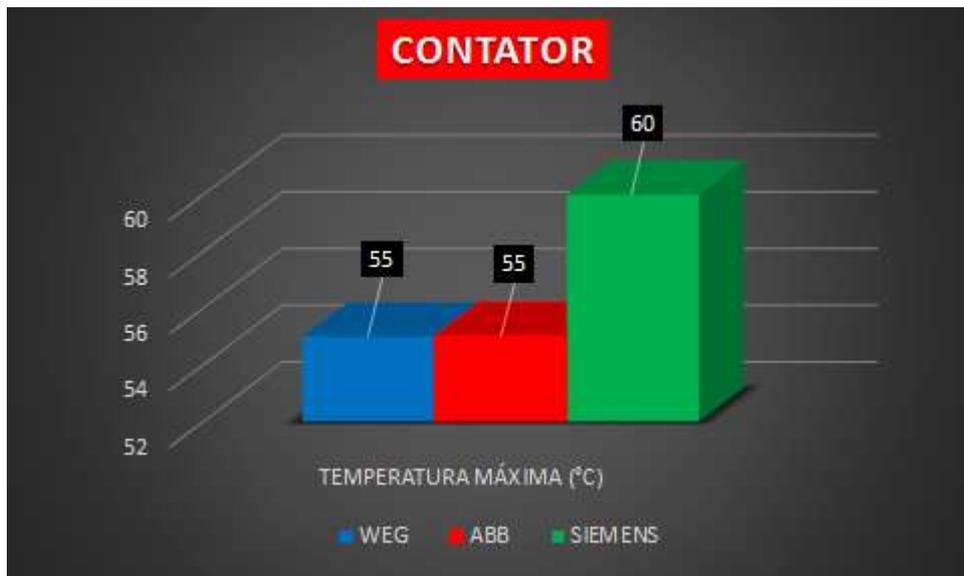
Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018

Figura 24: Temperatura Relé de Sobrecarga.



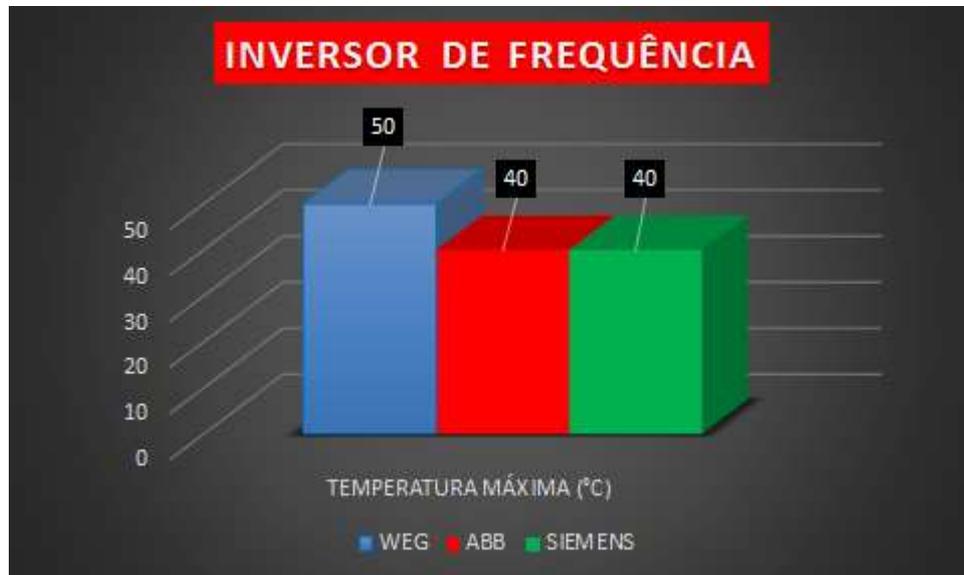
Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 25: Temperatura Contator.



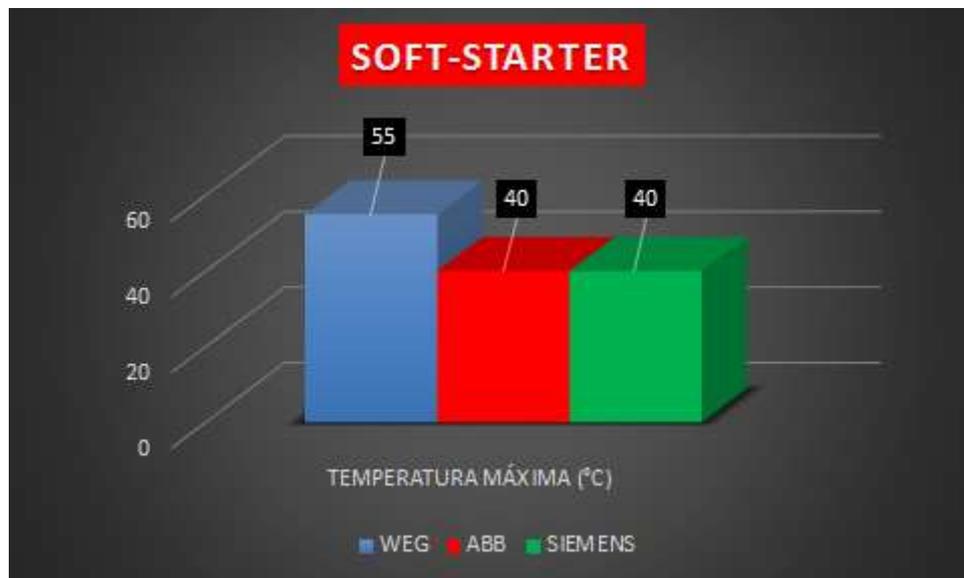
Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 26: Temperatura Inversor de Frequência.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

Figura 27: Temperatura Soft-starter



Fonte: PRÓPRIO AUTOR,2018.

7 MANUTENÇÃO EM MOTORES

A manutenção de motores, resume em uma inspeção periódica quanto ao nível de isolamento, elevação de temperatura. Desgaste excessivo, correta lubrificação dos rolamentos, limpeza do ventilador para que se tenha melhor fluxo de ar, a periodicidade de inspeção destes itens depende da condição de uso e aplicação do motor (WEG, Comando e Proteção).

As figuras 28 e 29 demonstra a origem e problemas mais comuns em motores elétricos (ALMEIDA & PAULINO,2017):

Figura 28: Origem de Problemas Motores Trifasicos.



Fonte: adaptado ALMEIDA & PAULINO,2017.

Figura 29: Causas Mais Comuns de Queima do Motor.



Fonte: adaptado de ALMEIDA & PAULINO,2017

7.1 Limpeza

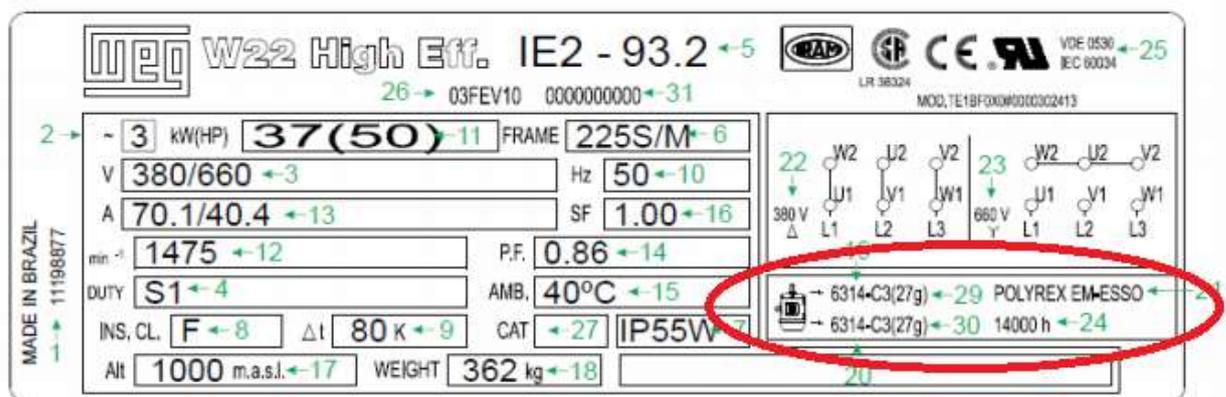
Através da limpeza deve se eliminar poeiras, detritos e óleos, pode ser feita a limpeza através de escovas ou pano limpo, e se a poeira não for abrasiva utilizasse jato de ar comprimido retirando toda acumulação da tampa defletora e pás do ventilador e as aletas de refrigeração, motores com proteção IP55 recomenda-se efetuar limpeza da caixa de ligação, onde está deve apresentar bornes limpo, sem oxidação e perfeita condições mecânicas (WEG, Comando e Proteção).

7.2 Lubrificação

Os rolamentos dos motores devem ser lubrificados para evitar o contato metálico entre corpos rolantes e também para proteger os mesmos contra desgastes e corrosão, os lubrificantes deterioram-se em virtude do envelhecimento e contaminação, portanto devem ser completados ou trocados periodicamente.

O controle da temperatura de mancais também é um ponto de verificação importante, onde os mesmos não devem exceder a temperatura máxima de 70°C, a quantidade de graxa correta também é uma característica importante, para uma boa lubrificação, a relubrificação e quantidade de graxa deve ser feita conforme as informações da placa do motor conforme a Figura 30 (WEG, Comando e Proteção).

Figura 30: Informações Lubrificação Motor.



Fonte: adaptado de WEG, Comando e Proteção.

7.3 Termografia

Motores são máquinas robustas de construção simples, onde sua vida útil depende de muitos fatores, mas o mais importante é a temperatura de trabalho, para que não se tenha degradação da isolação dos enrolamentos. Um aumento de temperatura de 8 a 10 graus reduz a vida útil da isolação pela metade, este valor excedente na temperatura faz com que a isolação envelheça prematuramente, tornando ressecado, perdendo o poder de isolação, levando a um curto e queima do motor (WEG, Comando e Proteção).

As classes de isolamento das máquinas elétricas, são estabelecidas conforme NBR 7094, onde classifica conforme a Tabela 6:

Tabela 6: classe de isolação máquinas elétricas.

Classe Isolação para Máquinas Elétricas	
Classe de isolação	Temperatura máxima
Classe A	105 °C
Classe E	120 °C
Classe B	130 °C
Classe F	155 °C
Classe H	180 °C

Fonte: adaptado de NBR 7094

7.4 Análise de isolamento

Testadores de resistência de isolamento (megôhmetro) podem ser utilizados para determinar a integridades de motores elétricos, o seu princípio de funcionamento consiste em uma aplicação de alta tensão, que varia de acordo com o modelo, fazendo uma leitura do fluxo de corrente entre duas partes do equipamento (bobina e carcaça) (FLUKE, Teste de Resistência de Isolação).

Existe uma classificação de acordo com o valor obtido na leitura, podemos verificar na Tabela 7 esta classificação em relação à resistência de isolamento do motor (WEG, Comando e Proteção).

Tabela 7: teste de isolamento motores elétricos.

Teste de Resistência de Isolamento - Motor Baixa Tensão		
Valor da resistência do isolamento (M Ω)		AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO
Maior ou Igual	Menor	
-	2	PERIGOSO
2	50	RUIM
50	100	PROBLEMÁTICO
100	500	BOM
500	1000	MUITO BOM
ACIMA DE 1000		EXCELENTE

Fonte: adaptado de WEG, Manual de Bobinagem

Através do megôhmetro pode se estabelecer o índice de polarização, que é um teste para determinar quais os níveis de umidade, poeira e contaminações estão presente no enrolamento do motor, na tabela 8 podemos ver a classificação da polarização, este teste consiste em uma análise em relação ao tempo onde se faz a injeção de tenção durante um minuto e posteriormente em dez minutos, através destes dados, se obtém um índice de polarização onde se divide o valor obtido em dez minutos pelo valor obtido em um minuto.

Tabela 8: Índice de polarização

Índice de Polarização		AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO
Maior ou Igual	Menor	
-	1	PERIGOSO
1	1,5	RUIM
1,5	2	PROBLEMÁTICO
2	3	BOM
3	4	MUITO BOM
ACIMA DE 4		EXCELENTE

Fonte: adaptado WEG, Manual de Bobinagem

8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo demonstrar a importância da manutenção preventiva em acionamentos elétricos onde através de técnicas se tem melhoria em relação econômica com a diminuição de paradas indesejadas no decorrer dos processos, melhoria da disponibilidade e eficiência de equipamentos, pois se mantem a conservação dos mesmo assim trazendo junto a garantia da segurança com relação aos que operam estas maquinas, pois se tem garantia do pleno processo sem irregularidade nas etapas, e garantido que não se tenha riscos com relação às falhas.

O esclarecimento de como garantir os fatores principais da manutenção como a economia, segurança e o fator técnico com relação a acionamentos muitas vezes são simples, fácil e rápidos de serem executados, pois não envolvem grande aptidão técnica.

Pequenas empresas negligenciam as etapas da manutenção por alguns fatores, como não poder ter paradas, pois tem atraso de entrega de mercadoria, por não ter um plano de manutenção, ou falta de mão de obra especializada, assim agravando diariamente e degradando seus equipamentos trazendo a indisponibilidade de seu processo.

Podemos observar a importância real de uma manutenção equilibrada e funcional dentro de das empresas, onde é considerada o carro chefe dentro das industrias, já que é possível prever os gastos e mão de obra, pois se trata de paradas programadas ou podem ser durante recesso de produção, mantendo que as maquinas fiquem indisponíveis já que as falhas afetam a produção e o funcionamento da empresa, procedendo gastos indesejáveis e redução de lucros.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN. **Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil.** 2013. Disponível em < // <http://www.abraman.org.br/Arquivos/403/403.pdf> >. Online. Acesso em 14 de setembro de 2018.

ABRAMAN. **Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil.** 2009. Disponível em < // <http://www.abraman.org.br/Arquivos/6/6.pdf> >. Online. Acesso em 14 de setembro de 2018.

ALMEIDA, T. L; PAULINO, E. C. **Manutenção em Equipamentos Elétricos.** 2017. Disponível em < //http://www.wattfive.com.br/uploads/c6e11530014d1c2_93882f173b3ab14f6_MANUTEN%C3%87%C3%83O%20PREVENTIVA%20EM%20EQUIPAMENTOS%20ELETRICOS.pdf >. Online. Acesso em 06 de outubro de 2018.

ARAÚJO, H. B. **Termografia Infravermelha.** 2014. 37 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 217p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462:** Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 37p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7094:** Máquinas elétricas girantes – Motores de indução. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 61p.

BALDESSAR, M. P. **Estudo para a Implantação de um Plano de Manutenção Preventiva nos Transformadores da Rede de Distribuição Elétrica – Celesc – Joinville.** 2006. 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC, Joinville, 2006.

CAERN. **Gerência de Apoio à Operação e Manutenção: Procedimento de Manutenção Preventiva Elétrica.** 2014. 37 p. Disponível em < //www.prosafe.com.br/getfile?MONITOR=NO&FL=M2Y5OGI4YjhhMDczY2U2NzY2NGJmYWUwYTJjNDI5YWVmYjdiMWQ0ZF9mbF8xMzU2LIBERg.PDF >. Online. Acesso em 29 de setembro de 2018.

CARDOSO, R. F; FERNANDES, F. V; VALENTINI, N. C. R. **Termografia em instalações elétricas industriais**. 2015. 58 p. Monografia (Graduação em Tecnólogo em Manutenção Industrial). Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2015.

COSTA, M. A. **Gestão estratégica da Manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**, 2013. 103 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

DIAS, L .F **Proteção de Motores Elétricos de Grande Porte**. 2013. 103 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

DRANKA, G. G. **Análise de Oscilações de Tensão Devido a Partida de Motores Elétricos de Grande Porte em Redes Elétricas Industriais com Multialimentadores**. 2012. 61 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Pato Branco, 2012.

FLUKE. **Introdução aos Princípios da Termográfica**. 1.ed Ed. ATP. 2009. 79 p.

FLUKE. **Teste de Resistência de Isolação**. Uma solução completa para todas as aplicações. 12 p. Disponível em http://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/9901581_POZ_A_W.PDF >. Online. Acesso em 28 de setembro de 2018.

FREITAS, G. V. C. **Eficiência Energética em Motores de Indução Trifásico Através do uso de Inversor de Frequência PWM**. 2013. 85 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.

FREITAS, L. F. **Elaboração de um Plano de Manutenção em uma Pequena Empresa do Setor Metal Mecânico de Juiz de Fora com base nos Conceitos da Manutenção Preventiva e Preditiva**. 2016. 96 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

GUEDES, S. D. **Projeto de Inversor Trifásico Aplicado ao Acionamento de Motor de Indução**. 2015. 76 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

MONCHY, F. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.

NAGAI, F. H; BATISTA, G. B; DAGNONI, V. **Estudo de Caso da Aplicação do Planejamento e Controle da Manutenção em uma Planta de Envase Arla 32**. 2015. 103 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Curitiba, 2015.

NETTO, W. A. C. **A Importância e a Aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas Indústrias**. 2008. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008.

PEREIRA, P. M. S. **Planos de Manutenção Preventiva: Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro, SA**. 2009. 89 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

PRAXEDES, M. F. **A Evolução dos Sistemas de Partidas dos Motores Elétricos Trifásicos**. 2011. 102 p

SILVA, D. A; ANTUNES, M. V. **Proposta de Implantação da Manutenção Preventiva em um Supermercado do Oeste do Paraná**. 2012. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Mecânica Industrial) Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, Medianeira, 2012.

SOUZA, G. B. **Partida Compensadora**. 2009. 5 p. Apostila. Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2009. Disponível em < [//wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/c/c7/Laboratorio_4_Compensadora.pdf](http://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/c/c7/Laboratorio_4_Compensadora.pdf) >. Online. Acesso em 29 de setembro de 2018.

SOUZA, G. B. **Partida Direta e Reversora**. 2009. 5 p. Apostila. Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2009. Disponível em < [//wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/9/99/Laboratorio_2_Partida_Direta.pdf](http://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/9/99/Laboratorio_2_Partida_Direta.pdf) >. Online. Acesso em 29 de setembro de 2018.

SOUZA, G. B. **Partida Estrela Triângulo**. 2009. 4 p. Apostila. Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2009. Disponível em < [//wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/e/ee/Laboratorio_3_Estrela_triangulo.pdf](http://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/e/ee/Laboratorio_3_Estrela_triangulo.pdf) >. Online. Acesso em 29 de setembro de 2018.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica**. 2008. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2008.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006. 167 p.

WEG. **Guia de Especificação: Motores Elétricos**. 68 p. Disponível em < [//esindustrial.com.br/fornecedores/weg/mes-industrial-weg-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf](http://esindustrial.com.br/fornecedores/weg/mes-industrial-weg-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf) >. Online. Acesso em 21 outubro de 2018.

WEG. **Modulo I: Comando e Proteção**. 520 p. Disponível em < [//docente.ifsc.edu.br/rafael.grebogi/MaterialDidatico/Eletromecanica/Eletricidade%20Industrial%20\(OLD\)/M1%20-%20Comando%20e%20Proteção.pdf](http://docente.ifsc.edu.br/rafael.grebogi/MaterialDidatico/Eletromecanica/Eletricidade%20Industrial%20(OLD)/M1%20-%20Comando%20e%20Proteção.pdf) >. Online. Acesso em 17 agosto de 2018.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro:Ed. INDG, 1998. 302 p.

ZAGO, L. E. R, **Métodos de Partida de Motores**. 2012. 40 p. Trabalho de conclusão de curso (Técnico em eletrotécnica). Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Videira. 2012.