



Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Engenharia Elétrica

**JELBER MUNIZ DOS REIS**

**GESTÃO ESTRATÉGICA DE MANUTENÇÃO APLICADA A  
SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA**

Uberlândia  
2018

**JELBER MUNIZ DOS REIS**

**GESTÃO ESTRATÉGICA DE MANUTENÇÃO APLICADA A  
SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA**

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Coutinho Gomes

---

Assinatura do Orientador

Uberlândia  
2018

Dedico este trabalho a minha esposa Ariely Felipe  
Mendes e meus pais, João Nunes e Marilda pelo  
estímulo, carinho e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Luciano Coutinho Gomes pelo incentivo, motivação e orientação deste trabalho.

À minha família, pela paciência e compreensão.

Agradeço aos meus colegas de curso com quem tive a felicidade de conviver durante esta graduação.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia, pelo ambiente criativo e amigável proporcionado durante esses anos.

## **RESUMO**

O presente trabalho propõe estratégia de manutenção aplicada a sistema elétrico de potência com o objetivo de antecipar e evitar falhas, que podem causar a interrupção de equipamentos elétricos, ocasionando prejuízo para a indústria. Apresenta-se também planos estratégicos de gestão de manutenção elétrica estruturados possibilitando à eficiência do controle da manutenção em equipamentos elétricos, tornando o sistema elétrico eficiente.

Palavras-chave: Manutenção, Estratégia de Manutenção, Planos de Manutenção.

## **ABSTRACT**

The present work proposes a maintenance strategy applied to electric power system with the objective of anticipating and avoiding failures, which can cause the interruption of electrical equipment, causing damage to the industry. Strategic management plans for structured electrical maintenance are also presented, enabling the maintenance control efficiency in electrical equipment, making the electrical system efficient.

Keywords: Maintenance, Maintenance Strategy, Maintenance Plans.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA X CORRETIVA.....	16
FIGURA 2.3 DIAGRAMA UNIFILAR UTILIZADO COMO MODELO .....	19
FIGURA 3.3 CHAVE SECCIONADORA TIPO GV-06 - G&V .....	20
FIGURA 4.3 MICROOHMÍMETRO.....	23
FIGURA 5.3 MEGÔHMETROS .....	24
FIGURA 6.3 DISJUNTOR TIPO HPTW – SPRECHER .....	25
FIGURA 7.3 OSCILÓGRAFO TIPO OR 100E YOKOGAWA.....	29
FIGURA 8.3 EQUIPAMENTO HIGH-POT- ASSOCIATED RESEARCH.....	30
FIGURA 9.3 MEDIDOR DE FATOR DE POTÊNCIA DE ISOLAMENTO TIPO MP 2500D NANSSEN.....	31
FIGURA 10.3 PROCEDIMENTO PARA AMOSTRAGEM DO ÓLEO ISOLANTE.....	36
FIGURA 11.3 AQUECIMENTO EM CONSEQUÊNCIA DE PARTIDAS MUITO FREQUENTES .....	46
FIGURA 12.4 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO – MICROSOFT EXCEL 2010.....	52
FIGURA 13.4 PAINEL DE PESQUISA .....	52
FIGURA 14.4 PLANOS DE MANUTENÇÃO EM DISJUNTOR .....	53
FIGURA 15.4 PLANO DE MANUTENÇÃO EM TRANSFORMADOR .....	54
FIGURA 16.4 PLANOS DE MANUTENÇÃO EM MOTOR DE INDUÇÃO .....	55
FIGURA 17.4 RELATÓRIO MANUTENÇÃO.....	56
FIGURA 18.4 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO.....	56

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 INSPEÇÃO PERIÓDICA EM DISJUNTOR.....	32
TABELA 2 CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO ISOLANTE .....	37
TABELA 3 INSPEÇÃO PERIÓDICA SEMESTRAIS E TRIENAS .....	40
TABELA 4 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVO – MOTOR DE INDUÇÃO.....	43

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PCM - Planejamento e Controle da Manutenção

ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção

PVO – Pequeno volume de óleo

GVO - Grande volume de óleo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	14
2.2 PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO APLICADA A EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS .....	14
2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	15
2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	15
2.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	17
2.3 ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO .....	17
<b>3 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO</b> .....	<b>19</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	19
3.2 PLANOS DE MANUTENÇÃO .....	20
3.2.1 CHAVE SECCIONADORA .....	20
3.2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	21
3.2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	21
3.2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	22
3.2.1.4 ENSAIOS ESTRATÉGICOS EM CHAVE SECCIONADORA .....	22
3.2.2 DISJUNTOR DE PEQUENO VOLUME DE ÓLEO .....	24
3.2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	25
3.2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	26
3.2.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	27
3.2.2.4 ENSAIOS EM DISJUNTORES DE PEQUENO VOLUME DE ÓLEO.....	27
3.2.2.5 VERIFICAÇÕES PERIÓDICAS.....	31
3.2.3 TRANSFORMADOR.....	32
3.2.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	33
3.2.3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	33
3.2.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	34
3.2.3.4 ENSAIOS ESTRATÉGICOS EM TRANSFORMADORES .....	34
3.2.3.5 COLETA DE AMOSTRAS DE LÍQUIDOS ISOLANTES .....	35
3.2.3.6 REGISTROS OPERACIONAIS .....	37
3.2.3.7 CROMATOGRAFIA EM TRANSFORMADORES .....	37
3.2.4 MOTOR DE INDUÇÃO.....	42
3.2.4.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	42

3.2.4.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	42
3.2.4.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA .....	43
3.2.4.4	CARREGAMENTO CONVENIENTE EM MOTORES.....	44
3.2.4.5	VENTILAÇÃO ADEQUADA EM MOTORES DE INDUÇÃO .....	44
3.2.4.6	VARIAÇÕES DE TENSÃO.....	45
3.2.4.7	OPERAÇÃO COM PARTIDAS E PARADAS BEM EQUILIBRADAS .....	45
3.2.4.8	PARTIDAS FREQUENTES .....	46
3.2.4.9	DEGRADAÇÃO DOS ISOLANTES TÉRMICOS.....	47
3.2.4.10	FIXAÇÃO CORRETA DOS MOTORES E ELIMINAÇÃO DE VIBRAÇÕES.....	48
3.2.4.11	LUBRIFICAÇÃO CORRETA DOS MANCAIS.....	48
3.2.4.12	CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES .....	49
3.3	A IMPORTÂNCIA DA ESTRATÉGIA NA MANUTENÇÃO ELÉTRICA .....	50
4	SISTEMA INFORMATIZADO PARA MANUTENÇÃO .....	51
4.1	FERRAMENTA COMPUTACIONAL .....	51
5	CONCLUSÃO .....	57
	REFERÊNCIAS.....	58

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A proposta do presente estudo é apresentar a gestão estratégica de manutenção direcionada a sistemas elétricos de potência. Este estudo pode contribuir para a eficácia nos processos produtivos de forma a melhorar a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos elétricos.

Em várias partes da indústria, a implantação da manutenção em sistemas elétricos se resume apenas na manutenção corretiva, ocasionando uma baixa utilização anual dos equipamentos, paradas não programadas, e problemas que poderiam ser evitados, caso a estratégia de manutenção fosse mais aplicada.

A estratégia de manutenção como ferramenta de competitividade por meio da gestão da manutenção possibilita antecipar e evitar falhas, que podem causar a interrupção do equipamento, ocasionando prejuízo para a indústria.

A gestão da manutenção em sistemas elétricos tem o objetivo de promover a continuidade operacional, de produtos dentro da conformidade exigida e o atendimento da quantidade a ser produzida nos prazos, determinados pela indústria. [1] [2]

O planejamento e controle da manutenção (PCM) é uma importante célula da manutenção voltada para sistemas elétricos, esse setor é responsável por gerenciar e controlar todas as atividades de manutenção de uma indústria. O PCM organiza e aperfeiçoa a função da manutenção elétrica, tornando a empresa mais eficiente e adequada à competitividade gerada pelo mercado. [2]

Nesse contexto, a maior produção de estudos e conteúdos sobre manutenção em sistemas elétricos pode ser o início de um processo de transformação que começa na academia e estende seus reflexos para a realidade Industrial, ainda mais no curso de Engenharia Elétrica, onde pesquisas e trabalhos com o foco em manutenção aplicada a sistemas elétricos de potência são necessários e pertinentes.

Este trabalho de conclusão de curso, consiste em um levantamento bibliográfico e reunião de informações referentes à gestão da estratégica de manutenção aplicada a sistemas elétricos de potência, assim como, a maneira de planejar e controlar a mesma.

Desenvolvimentos de padrões e planos de manutenção preventivos para equipamentos elétricos de maior relevância do processo produtivo industrial.

Através do levantamento bibliográfico obteve-se um expressivo conjunto de informações que orientam sobre contexto aqui enfocado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta um escopo teórico da área de manutenção elétrica industrial, visando dar coerência à construção do conhecimento e embasamento para o trabalho apresentado.

### 2.1 INTRODUÇÃO

Manutenção, derivada do latim *manus tenere*, que significa “manter o que se tem”. Conceituada como sendo um conjunto de ações necessárias para manter ou restaurar uma peça, equipamento, máquina ou sistema de forma a estabelecer uma condição operável planejando a máxima vida útil. [1]

A indústria cada vez mais busca a excelência operacional, e assim a manutenção assume progressivamente uma função estratégica nas organizações. A manutenção em equipamentos elétricos é uma ferramenta de grande importância nas indústrias, pois é responsável pelo suprimento e aproveitamento de energia elétrica.

Ao observar os custos envolvidos nas interrupções de processo, surge a necessidade de implantação de rotinas estratégicas de manutenção. Sendo assim a principal finalidade é adequar a cada intervalo de tempo, as condições da instalação e seus equipamentos a um novo período ininterrupto de funcionamento, permitindo reduzir os custos dos problemas importunos, que ocasionalmente ocorram durante os períodos de operação normal.

Portanto a estratégia de manutenção em equipamentos elétricos não pode se envolver em apenas corrigir problemas costumeiros, mas deve buscar uma melhoria incessante, destinando-se ao aproveitamento máximo dos equipamentos elétricos.

### 2.2 PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO APLICADA A EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

A estratégia de manutenção aplicada a sistemas elétricos, não importando a forma ou o tipo de aplicação, pode ser definida como uma soma de procedimentos que são realizados periodicamente em sistemas elétricos.

Esses procedimentos têm como finalidade manter os equipamentos elétricos em pleno desempenho, e assegurar que todas as suas funções sejam executadas de forma eficiente.

Na estratégia da manutenção abordada no trabalho, entre os diferentes tipos de manutenção, existem três que possuem maior relevância na indústria:

- Manutenção corretiva,
- Manutenção preventiva
- Manutenção preditiva.

Onde cada modelo tem uma forma de aplicação e um momento certo para ser executada.

### 2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é a primeira forma de manutenção, conhecida pelo ciclo "quebra-conserta", ou seja, o reparo dos equipamentos elétricos após a anomalia. Consiste na forma mais cara de manutenção elétrica quando considerada do ponto de vista total do sistema elétrico de potência. [1]

A manutenção corretiva em sistemas elétricos de potência não apresenta vantagens somente desvantagens como:

- Baixa utilização anual dos equipamentos elétricos e, portanto, das cadeias produtivas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos elétricos e instalações;
- Paradas para manutenção no sistema elétrico em momentos aleatórios e muitas vezes, intempestivos por corresponderem a períodos de cronograma apertado.

Portanto a manutenção corretiva em sistemas elétricos de potência é impossível eliminar completamente, pois não se pode prever em muitos casos o momento exato em que se verificará um defeito no equipamento elétrico que obrigará a uma manutenção corretiva de emergência.

### 2.2.2 Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva em sistemas elétricos compreende em trabalhos executadas para precaver, detectar e ou corrigir falhas, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Tais atividades podem ser classificadas em três grupos de tarefas, com as seguintes finalidades principais: [3]

- Inspeções nos sistemas elétricos
- ✓ Verificações, ajustes e regulagens com periodicidade baixa (diária, semanal).

- ✓ Preservação de especificações e detecção de irregularidades, permitindo a programação dos reparos pertinentes.
- Testes / Ensaios em sistemas elétricos
- ✓ Medições de parâmetros ou grandezas pré-fixadas, realizadas segundo uma periodicidade média (mensal, trimestral, anual), para avaliação do estado geral do ativo quando da troca sistemática de componentes com desgaste ou quebra previsível.
- ✓ Detecção de valores diferentes dos esperados, podendo significar indícios de problemas mais graves.
- Revisões Gerais em sistemas elétricos
- ✓ Desmontagens dos equipamentos elétricos para inspeção dos componentes e reparo/substituição daqueles fora de especificação, efetuadas dentro de uma periodicidade longa (semestral, anual).

Uma classificação semelhante para as tarefas de manutenção preventiva é também estabelecida pela ABNT, que ainda realça sua diferenciação com relação à manutenção corretiva, conforme mostrado na figura 1.

Figura 1 Manutenção Preventiva X Corretiva



Fonte: ABNT (apud TAVARES, 1987 e LIMA, 1993)

### 2.2.3 Manutenção Preditiva

Manutenção preditiva voltada a sistema elétrico de potência é a atuação realizada com base em alteração de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

A gestão da manutenção preditiva tem como finalidade prevenir falhas nos equipamentos elétricos através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento elétrico pelo maior tempo possível.

A manutenção preditiva se intensifica a partir do crescente conhecimento tecnológico desenvolvendo equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistemas elétricos operacionais em funcionamento. [1]

Vantagens da manutenção preditiva em equipamentos elétricos:

- Aumento da vida útil do equipamento elétrico;
- Controle dos materiais elétricos (peças, componentes, partes etc.) e melhor gerenciamento;
- Diminuição dos custos nos reparos;
- Melhoria da produtividade da empresa;

Desvantagens da manutenção preditiva

- Requer acompanhamentos e inspeções periódicas;
- Requer profissionais especializados com instrumentos de precisão;
- Tipo de manutenção que requer um investimento alto;

## 2.3 ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO

A formação da estratégia de manutenção aplicado a um sistema de potência deve ser planejada de forma a programar as manutenções elétricas preventivas e sistematizar as manutenções elétricas corretivas.

No sistema de manutenção planejada, as ações de manutenções elétricas mais frequentes são previamente pensadas e organizadas.

Conseqüentemente a estratégia de manutenção adotada neste trabalho é a manutenção preventiva de equipamentos elétricos, por ser considerado uma das áreas de manutenção

que mais desenvolveu na época atual, pois se constitui em uma poderosa ferramenta para garantir o funcionamento contínuo das instalações.

### 3 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO

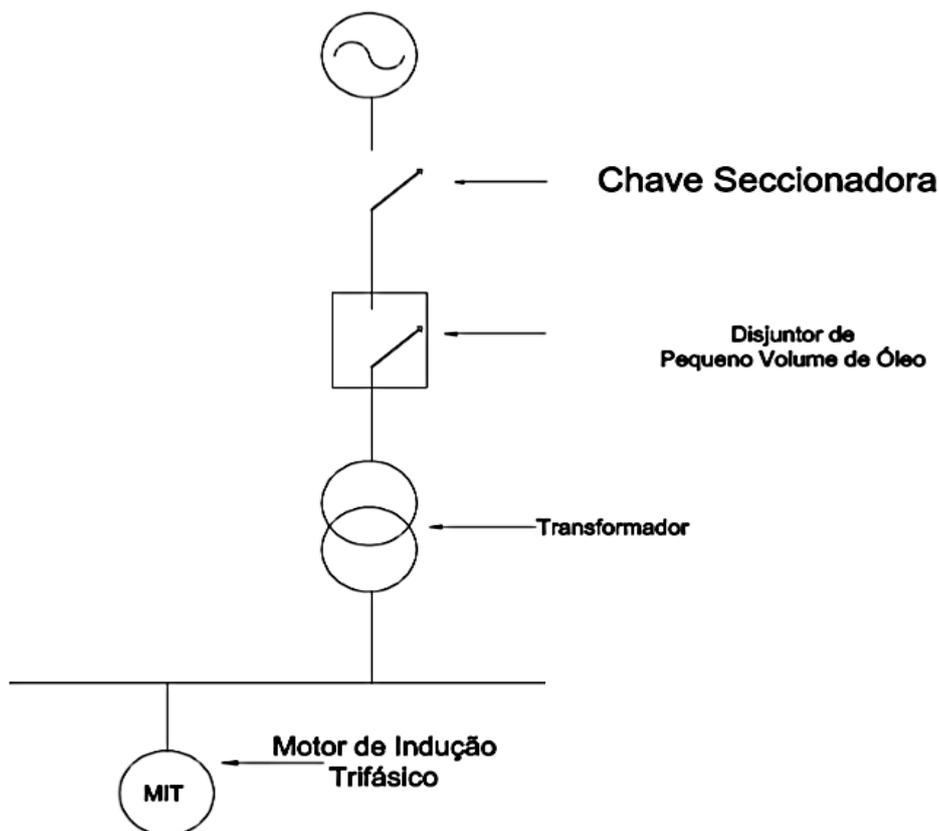
Este capítulo tem o propósito de detalhar as manutenções realizadas em equipamentos elétricos de maior relevância na indústria, especificado em um diagrama unifilar modelo e aplicar os conceitos abordados no capítulo anterior.

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O detalhamento da estratégia de manutenção aplicado a sistemas elétricos são os planos de manutenção os quais possuem informações necessárias para a uma orientação objetiva das atividades de manutenção preventiva.

Com a finalidade de estruturar o processo de manutenção elétrico, um diagrama unifilar básico foi utilizado como referência para que se pudesse constituir os planos de manutenção dos equipamentos nele presentes, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 Diagrama Unifilar Utilizado como modelo



Fonte: Autor

## 3.2 PLANOS DE MANUTENÇÃO

Os planos de manutenção é um registro de todas as atividades de manutenção preventiva, bem como a sua periodicidade, materiais e peças que deverão ser utilizados. [1]

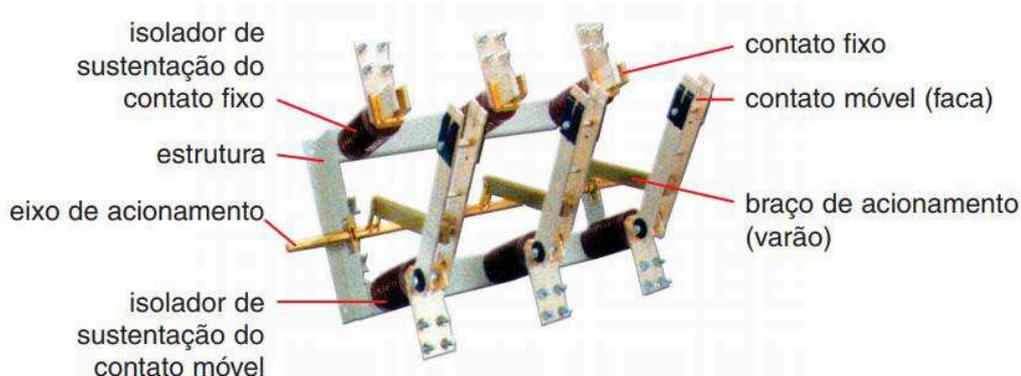
Os planos de manutenção serão abordados de acordo com o diagrama representado na Figura 2, sendo os equipamentos elétricos de maior relevância na indústria.

### 3.2.1 Chave Seccionadora

A chave seccionadora é um equipamento exclusivo para realizar manobras de seccionar e isolar um circuito elétrico. Em condições normais e com seus contatos fechados, a seccionadora deve manter a condução de sua corrente nominal, inclusive de curto-circuito até a abertura do disjuntor, sem sobreaquecimento. Basicamente a seccionadora é uma extensão do condutor que, se desloca quando acionado, abrindo e fechando através dos contatos fixo e móvel. Normalmente em média tensão seu controle é manual através de alavanca ou bastão. [4]

As seccionadoras apresentam planos de manutenção que levam em conta problemas térmicos, mecânicos e elétricos.

Figura 3 Chave seccionadora tipo GV-06 - G&V



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br), 2018

### 3.2.1.1 Manutenção corretiva

Parte da estratégia de manutenção elétrica voltada para as operações de inspeção e revisão, compreendendo na substituição de peças por causa de um defeito ou de uma falha revelada em específico na chave seccionadora.

A manutenção corretiva tem como objetivo também a operação de modificação de uma parte da chave seccionadora ou de uma peça específica, aplicada sistematicamente a uma categoria de seccionadoras, tendo em vista evitar que ocorra nessas seccionadoras, um possível defeito. [4]

### 3.2.1.2 Manutenção preventiva

É a gestão estratégica da manutenção, compreendendo a inspeção e revisão e na substituição de peças que tenham atingido ou ultrapassado os limites de desgaste estabelecidos, com exceção da substituição de peças devido a uma falha ou defeito.

Essa categoria de gestão de manutenção visa manter o funcionamento satisfatório da seccionadora e prevenir contra possíveis ocorrências que acarretem a sua indisponibilidade.

[4]

São itens estratégicos a serem observados durante a manutenção preventiva:

- Limpeza geral do equipamento
- Lubrificação dos pontos de articulação
- Reaperto das conexões elétricas
- Ajuste e limpeza dos contatos fixos e móveis, com ênfase na verificação de desgastes
- Lubrificação e regulagem do mecanismo de acionamento
- Inspeção e testes do circuito de sinalização (contatos auxiliares)
- Inspeção, limpeza e lubrificação do bloqueio KIRK
- Realização dos ensaios elétricos
- Resistência ôhmica dos contatos
- Resistência ôhmica da isolação dos contatos principais
- Testes operacionais

### 3.2.1.3 Manutenção preditiva

Estratégias da manutenção preditivas são as atividades de inspeção, controle e ensaio, realizadas na chave seccionadora, sem indisponibilidade operativa, com o objetivo de prever/estimar o ponto ótimo para intervenção da manutenção preventiva.

A estratégia da manutenção preditiva de maior relevância para seccionadoras é a inspeção termográfica. Recomenda-se a inspeção termográfica em intervalos de 4 a 6 meses, de acordo com as características do circuito e/ou do local onde as seccionadoras estão instaladas, tais como: indústrias químicas, siderúrgicas e indústria próxima a áreas litorâneas. [4]

### 3.2.1.4 Ensaio estratégico em chave seccionadora

É uma área onde a gestão estratégica da manutenção elétrica realiza medições, com o objetivo de efetuar avaliação funcional dos equipamentos elétricos.

Os principais ensaios são de resistência ôhmica dos contatos e resistência ôhmica da isolação dos contatos.

#### a) Resistência Ôhmica Dos Contatos

A gestão da manutenção destina este ensaio a constatar a real condição dos contatos principais da seccionadora. Neste ensaio, verificam-se:

- Qualidade do tratamento de proteção dos contatos
- Qualidade das molas de pressão dos contatos
- Desgaste das pastilhas de prata
- Estado das conexões

Para a realização deste ensaio utiliza-se o instrumento chamado Microohmímetro, que mede a resistência de contato através da avaliação da corrente e da queda de potencial na resistência.

Figura 4 Microohmímetro



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br), 2018

A medição é realizada a quatro fios, para se eliminar as resistências de conexão e dos cabos de medição. Deve-se tomar por base como referência, os resultados obtidos no ensaio realizado pelo fabricante quando do fornecimento do equipamento novo ou, principalmente, em experiências vivenciadas em manutenções.

A pressão das molas dos contatos é inversamente proporcional à resistência dos mesmos.

Em caso de resistências elevadas, ocorrerá simultaneamente um aumento da temperatura, que, em circuitos de baixa tensão pode ocasionar um derretimento dos contatos e, a partir de média tensão, pode propiciar condições favoráveis a ocorrência de explosões. [4]

Para a gestão da manutenção é extremamente importante que seccionadoras com elevada resistência ôhmica de contatos sejam retiradas de operação para uma manutenção corretiva.

#### b) Resistência Ôhmica Da Isolação Dos Contatos

A medição da resistência de isolamento das seccionadoras é de grande valor para estratégia da manutenção pois é possível detectar, diagnosticar e prevenir falhas de isolação dos contatos da seccionadora.

O ensaio é realizado aplicando-se à isolação uma tensão contínua e medindo-se a corrente elétrica que se escoar através ou por sua superfície.

É um teste não destrutivo e por isso não é uma medição da rigidez dielétrica da isolação.

Os instrumentos utilizados neste tipo de medição são conhecidos pela denominação de Megôhmetros, pois, a resistência de isolamento costuma ser dada em mega-ohm ( $M \Omega$ ). [4]

Figura 5 Megôhmetros



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br), 2018

Para gestão estratégica da manutenção registros periódicos são fundamentais para uma boa avaliação dos componentes isolantes empregados em uma seccionadora. Quando encontrados valores excessivamente baixos, estes geralmente são indicativos de acúmulo de poeira, isolantes úmidos e/ou danificados.

Equipamentos instalados em ambientes com elevada umidade relativa do ar, a manutenção estratégica requer uma periodicidade mais frequente para este ensaio.

Valores baixos de resistência ôhmica da isolação dos contatos, propiciam condições favoráveis para ocorrência de curto-circuito, podendo acarretar até a perda do equipamento, o que está na contramão da gestão de manutenção.

### 3.2.2 Disjuntor De Pequeno Volume De Óleo

São importantes equipamentos elétricos automáticos para proteção contra sobre correntes, podendo conduzir e interromper correntes sob condições normais, bem como anormais por um tempo especificado, sob condições determinadas. [4][5]

O disjuntor de forma geral é uma chave elétrica, constituída de contatos e peças mecânicas, formada por molas e alavancas, ficando a proteção sob incumbência de relés. [5]

Figura 6 Disjuntor tipo HPTW – Sprecher



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br), 2018

Disjuntores pequeno volume de óleo (PVO) representam o desenvolvimento natural dos antigos disjuntores grande volume de óleo (GVO), na medida em que se procura projetar uma câmara de extinção com fluxo forçado de óleo sobre o arco aumentando-se a eficiência do processo de interrupção da corrente e diminuindo-se drasticamente o volume de óleo no disjuntor. [4]

Quando utilizado em Média Tensão, contém em média, de 2 a 5 litros de óleo isolante por polo. Para Alta Tensão, contém em média, de 50 a 100 litros de óleo isolante por polo.

Para a estratégia da manutenção é um dispositivo, que se falhar por falta de manutenção pode acarretar em paradas significativas para a indústria.

#### 3.2.2.1 Manutenção corretiva

São as operações de reparo em disjuntores, compreendendo a substituição de peças por causa de uma falha visível ou em estado crítico. Tendo em vista a evitar que ocorra na indústria uma possível parada significativa, causado prejuízos.

A estratégia da manutenção corretiva em disjuntor é todo serviço efetuado com a finalidade de corrigir as causas e efeitos que possam acarretar, sua indisponibilidade no sistema elétrico de potência em condições não programadas.

### 3.2.2.2 Manutenção preventiva

Manutenção preventiva em disjuntores no sistema elétrico, compreende em trabalhos executadas para precaver, detectar e ou corrigir falhas, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo

São estratégicos a serem observados durante a manutenção preventiva: [4]

- Limpeza geral do equipamento
  - Substituição do óleo isolante
  - Lubrificação dos pontos de articulação
  - Reaperto de conexões elétricas
  - Ajuste e limpeza dos contatos principais, corta-arcos e pinças, com ênfase na verificação da qualidade das pastilhas
  - Lubrificação e regulagem do mecanismo de acionamento, com ênfase na inspeção das molas de abertura e fechamento
  - Inspeção e testes do circuito de acionamento (bobinas e motor de carregamento de mola)
  - Inspeção e testes do circuito de sinalização (contatos auxiliares)
  - Lubrificação e regulagem do mecanismo de inserção/extração
  - Inspeção e ajustes dos limites de inserção/extração
  - Realização dos ensaios elétricos:
- ✓ Resistência ôhmica dos contatos
  - ✓ Resistência ôhmica da isolação dos contatos principais
  - ✓ Resistência ôhmica da isolação do circuito de acionamento
  - ✓ Tempo de fechamento e abertura dos contatos
  - ✓ Simultaneidade dos contatos
  - ✓ Fator de potência do isolamento
  - ✓ Testes operacionais

A estratégia da manutenção preventiva visa manter o funcionamento satisfatório do disjuntor e prevenir contra possíveis ocorrências que acarretem a sua indisponibilidade.

### 3.2.2.3 Manutenção preditiva

Manutenção preditiva voltada para disjuntores é a atuação realizada com base em alteração de parâmetro ou desempenho.

A finalidade da manutenção preditiva é prevenir falhas nos disjuntores através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento elétrico pelo maior tempo possível.

A estratégia de manutenção preditiva de maior relevância em disjuntores são as inspeções termográficas e a análise físico-química do fluido isolante.

Através das inspeções termográficas, é possível detectar a existência de eventual ponto quente, que sugere uma necessidade de intervenção que vai desde um reaperto de conexão, até o alinhamento e/ou substituição dos contatos.

A gestão da manutenção recomenda-se a inspeção termográfica periódica em intervalos de 4 a 6 meses, de acordo com as características dos circuitos e do local onde estão instalados os disjuntores. [5]

Através da análise físico-química do óleo isolante, é possível se determinar seu nível de rigidez dielétrica. No entanto a gestão da manutenção, recomenda-se esse tipo de análise apenas para os disjuntores a grande volume de óleo (GVO).

Nos disjuntores a pequeno volume de óleo (PVO), com cerca de 3 a 5 litros de óleo por polo na Média Tensão - devido ao custo benefício, a gestão da manutenção recomenda a substituição total do óleo periodicamente.

### 3.2.2.4 Ensaios em disjuntores de pequeno volume de óleo

Conforme abordado no item 3.2.1.4 São medições elétricas realizadas com o objetivo de efetuar avaliação funcional dos equipamentos. Os principais ensaios em disjuntores são: resistência ôhmica dos contatos, resistência ôhmica da isolação dos contatos, resistência ôhmica da isolação do circuito de acionamento, ensaio de tensão aplicada, testes operacionais e ensaio de fator de potência do isolamento.

a) Resistência ôhmica dos contatos

Conforme abordado no item 3.2.1.5, porém para gestão estratégica da manutenção é importante ressaltar que a pressão das molas dos contatos é inversamente proporcional à resistência dos mesmos.

Em caso de resistências elevadas ocorrerá, simultaneamente, um aumento da temperatura que, em circuitos de baixa tensão, pode ocasionar um derretimento dos contatos e, a partir de média tensão, pode propiciar condições favoráveis a ocorrência de explosões. Para a gestão da manutenção é importante que disjuntores com elevada resistência ôhmica de contatos sejam retirados de operação para uma manutenção corretiva.

b) Resistência ôhmica da isolação dos contatos

A medição da resistência de isolamento de disjuntores (de qualquer classe de tensão) é de grande valor para gestão estratégica da manutenção pois possibilita, diagnosticar e prevenir falhas de sua isolação.

O ensaio é realizado conforme apresentado no item 3.2.1.6

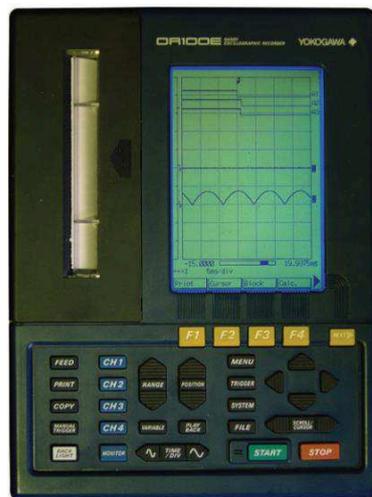
Para a gestão da manutenção é extremamente importante que disjuntores com elevada resistência ôhmica de contatos sejam retiradas de operação para uma manutenção corretiva.

c) Resistência ôhmica da isolação do circuito de acionamento

A gestão estratégica da manutenção em e ensaios da resistência da isolação do circuito de acionamento, destina-se a verificar a integridade dos isolantes das bobinas de acionamento, motor e fiação, com o objetivo de garantir o perfeito funcionamento dos mesmos.

O ensaio aplicado em disjuntores de Média e Alta tensão, para sua realização, utiliza-se um oscilógrafo. [4]

Figura 7 Oscilógrafo tipo OR 100E Yokogawa



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br),2018

O tempo de fechamento é medido do instante de acionamento da bobina de ligamento até o instante de fechamento dos contatos.

O tempo de abertura é medido do instante do acionamento da bobina de desligamento até o instante da abertura dos contatos.

Os tempos de fechamento e abertura estão diretamente ligados à pressão das molas de fechamento e abertura respectivamente e, também, às condições das bobinas de operação (liga e desliga).

Portanto, qualquer variação demasiadamente discrepante com os dados do fabricante está relacionada com as peças mencionadas anteriormente e devem ser corrigidas. [5]

Para gestão estratégica é importante expor, que, ocorrendo atraso no tempo de fechamento dos contatos decorrente de fadiga das molas, pode acarretar o fechamento incompleto dos contatos (pouca pressão) favorecendo a elevação da resistência ôhmica dos contatos. Inversamente, o atraso no tempo de abertura poderá expor em demasia os contatos à ação do arco elétrico, reduzindo sua vida útil. [4]

#### d) Tensão aplicada

O equipamento utilizado para este ensaio é chamado de “High-Pot”.

Consiste em aplicar tensão contínua ou alternada nos polos do disjuntor com o intuito de registrar a corrente de fuga circulante através dos componentes isolantes do disjuntor.

A estratégia da manutenção recomenda este ensaio somente para equipamentos de média tensão ou acima, que apresentarem valores de resistência ôhmica da isolamento duvidosos, pois, este teste é destrutivo.

Figura 8 Equipamento High-Pot- Associated Research



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br),2018

Para a gestão da manutenção é fundamental que na realização deste ensaio, sejam observadas todas as normas de segurança, pois, os níveis de tensão que são aplicados oferecem risco de morte por aproximação. [4]

e) Testes operacionais

A gestão estratégica da manutenção em teste operacional nos disjuntores é verificada desde o funcionamento do mecanismo de operação, até o comportamento das bobinas de acionamento e do motor de carregamento de molas. [4] [8]

A princípio, deve-se operar o disjuntor manualmente:

- 05 fechamentos
- 05 aberturas
- 05 “trip-free” (acionar o botão de fechamento mantendo apertado previamente o botão de abertura)

Concluídos os testes com acionamento manual, procede-se então os testes para verificação da operação com comando elétrico (quando aplicável), realizando os acionamentos através das bobinas e do motor de carregamento de molas:

- 05 fechamentos
- 05 aberturas
- 05 “trip-free” (acionar a bobina de fechamento com bobina de abertura previamente acionada)

f) Fator de potência do isolamento

A gestão da manutenção estratégica no ensaio de fator de potência é de extrema importância pois quando realizado frequentemente nos disjuntores de Alta Tensão, pode apresentar a existência de um defeito ou ainda a deterioração da isolação permitindo a prevenção de uma falha total do equipamento. [4][5]

As situações de uma isolação são classificadas, medindo-se o seu fator de potência, que dá uma percepção do valor das perdas e do seu comportamento. [4]

Fator de potência de uma isolação é a relação entre o número de Watts dissipados no material isolante e o produto da tensão aplicada, pela corrente que a percorre, em valores eficazes. [4]

Fator de potência é o cosseno do ângulo  $\phi$ , portanto é pertinente que este ângulo esteja o mais próximo de  $90^\circ$ , para que seja pequena a potência dissipada no isolante (W). [4]

A deterioração do isolamento é diretamente proporcional à quantidade de Watts dissipados.

Figura 9 Medidor de fator de potência de isolamento tipo MP 2500D Nansen



Fonte: [www.abraman.org.br](http://www.abraman.org.br), 2018

### 3.2.2.5 Verificações periódicas

A gestão e estratégia de manutenção aplicado a disjuntor propõe verificações mínimas a serem feitas anualmente, conforme mostra a tabela 1: [5]

Onde:

- (I - inspeção) - Inspeções e testes, ações corretivas e, se necessário, substituição de componentes;

- (T - teste) - Testes, medições e qualquer “manutenção”, “reparo” ou “substituição”, visando melhorar a vida do disjuntor;
- (S - substituição sob condições) - Qualquer substituição de componentes sugerida por um técnico qualificado depois de uma inspeção de manutenção preventiva usual e/ou extraordinária.

Tabela 1 Inspeção periódica em disjuntor

<b>Plano de Manutenção – Disjuntor</b>											
	<b>Anos após o comissionamento ( I- Inspeção) (S-Substituição) (T - testes, Medições)</b>										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Componentes mecânicos</b>											
câmaras de arco		I	I	S	I	I	S	I	I	S	I
contatos de arco e principais		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I
mecanismo de operação		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I
dispositivo de inserção/extração (para disjuntores extraíveis)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
contatos de isolamento (somente para disjuntores extraíveis)		I	I	S	I	I	S	I	I	S	I
<b>Circuito principal - conexões dos barramentos</b>											
terminais		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Conexões auxiliares</b>											
contatos auxiliares		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I
<b>Acessórios elétricos e mecânicos</b>											
motorização		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
bobina de mínima tensão		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
bobina de abertura		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
bobina de fechamento		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
disjuntor travado na posição aberta (com chave ou cadeado)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
contatos auxiliares do disjuntor		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
dispositivos de travamento para disjuntores conectados e desconectados		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
dispositivos de intertravamento entre disjuntores montados lado a lado e/ou um no topo do outro		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Opcionais</b>											
checagem termográfica		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
resistência ao isolamento				T			T			T	
<b>Componentes eletrônicos</b>											
unidade de proteção de disparo		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I

Fonte: (adaptada da ABB)

### 3.2.3 Transformador

Os transformadores são máquinas estáticas que transferem energia elétrica de um circuito para outro, mantendo a mesma frequência e, normalmente, variando valores de

corrente e tensão. Esta transferência de energia é acompanhada de perdas que dependem basicamente da construção do transformador, do seu regime de funcionamento e da manutenção nele efetuada.

Os transformadores sofrem ao longo da sua vida um processo de envelhecimento natural. Contudo, pelo fato de serem máquinas estáticas, sem peças em movimento (com exceção dos comutadores de tomadas e dos ventiladores e bombas do sistema de refrigeração) são equipamentos de elevada fiabilidade e, se sujeitos a um programa de manutenção preventiva devidamente estabelecido, a sua vida útil pode ultrapassar os 40 anos. [6]

#### 3.2.3.1 Manutenção corretiva

Compreende na substituição de peças por causa de falha ou estar em estado crítico. Com o objetivo de evitar que ocorra no sistema elétrico de potência uma possível parada na indústria.

A gestão estratégica da manutenção corretiva em transformadores é todo serviço realizado, com a finalidade de corrigir as causas e efeitos que acarretem, ou possam acarretar, sua indisponibilidade não programada no sistema elétrico.

#### 3.2.3.2 Manutenção preventiva

A estratégia da manutenção preventiva periódica de transformadores deve ser repetida em período igual ou inferior a seis anos, com a realização, no mínimo, das seguintes atividades:

- Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas;
- Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das vedações;
- Verificação do nível do óleo isolante do tanque principal;
- Verificação do aterramento do tanque principal;
- Verificação do funcionamento do relé de gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal;

- Verificação do estado de saturação do material secante utilizado na preservação do óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das bolsas e membranas do conservador;
- Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura;
- Verificação do funcionamento do sistema de circulação de óleo;
- Verificação do sistema de resfriamento;
- Medição de vibração e ruído de ventiladores e bombas do sistema de resfriamento;
- Verificação do sistema de comutação manual e automática (se existente);
- Verificação do nível do óleo do compartimento do comutador;
- Inspeção da caixa de acionamento motorizado do comutador;
- Inspeção da fiação e das caixas de interligação;
- Ensaios de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva.

### 3.2.3.3 Manutenção preditiva

A gestão da manutenção Preditiva faz o acompanhamento periódico do transformador, embasando-se no estudo de dados recebidos por meio de monitoramentos ou inspeções. Para a gestão da manutenção o objetivo da preditiva é a verificação pontual dos equipamentos a fim de antecipar eventuais problemas que possam causar gastos maiores com manutenções corretivas.

### 3.2.3.4 Ensaios estratégicos em transformadores

A estratégia de manutenção aplicada a transformadores embasa-se na execução e monitoramento dos seguintes ensaios: [6]

- Análise do líquido isolante físico-químico (rigidez dielétrica, teor de água fator de potência, índice de neutralização, ponto de fulgor, densidade)
- Análise cromatográfica
- Medição do fator de potência do transformador e fator de potência e capacitância das buchas, se providos em transformadores.

- Medição da resistência de isolamento do transformador e da fiação de painéis e acionamento (s) motorizado (s).
- Medição da relação de transformação em todas as fases e posições do comutador de derivações sem tensão.
- Para o comutador de derivação em carga, deve haver medição, pelo menos das posições extremas e centrais de todas as fases.
- Simulação da atuação de todos os dispositivos de supervisão, proteção e sinalização, verificação do ajuste e/ou calibração de termômetros, e imagens térmicas.
- Medição da relação de transformação, saturação e polaridade dos TC. Curto-circuitar e aterrar, todos os secundários dos TC que não tiverem previsão de uso.
- Verificar as tensões e isolamento dos circuitos auxiliares antes de sua energização.
- Após energização dos painéis e acionamentos motorizados, verificar sentido de rotação dos motores dos ventiladores, sentido de rotação do motor de acionamentos, chaves fim de curso elétricas, indicadores remotos de posição, comando a distância do comutador de derivações em carga, iluminação e aquecimentos dos armários e acionamentos.
- Medição da resistência elétrica em todos os enrolamentos, em todas as fases e posições do comutador de derivações em carga.

#### 3.2.3.5 Coleta de amostras de líquidos isolantes

Os líquidos isolantes são fluídos com características dielétricas à base de óleos minerais, vegetais ou produtos sintéticos e são utilizados em transformadores com a finalidade de isolar e de promover a remoção do calor gerado nas bobinas do equipamento. [6]

A verificação e acompanhamento de suas características físico-químicas, desde a energização do transformador, é fundamental para a gestão da manutenção e preservação da vida útil do equipamento.

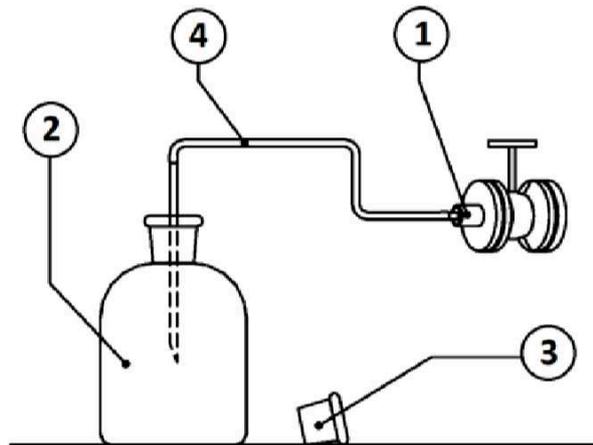
Os ensaios em transformador devem analisar a rigidez dielétrica, o conteúdo de água (ppm), a acidez ou índice de neutralização, a tensão interfacial (TIF), a cor, as perdas dielétricas e a viscosidade. [6]

Para estratégia de manutenção a frequência do ensaio varia de acordo com a temperatura de funcionamento:

- Mensal para valores entre 90°C e 100°C;
- Trimestral entre 80°C e 90°C;
- Semestral entre 70°C e 80°C
- Anual entre 60°C e 70°C.

Para realização dos ensaios deve-se retirar uma amostra do óleo do equipamento, conforme demonstrado na Figura 10.

Figura 10 Procedimento para amostragem do óleo isolante.



Fonte: WEG -Manual Transformador A Óleo

Onde:

1. Conexão para o registro do equipamento;
2. Frasco de 1000 ml (vidro escuro);
3. Tampa do frasco de 1000 ml;
4. Mangueira de plástico.

Tabela 2 Características do óleo isolante

Ensaio	Resultados Típicos			Valores - Limites							Método de ensaio
	Óleo novo	Óleo Usado	Óleo novo	Óleo usado							
				Satisfatório		A recondicionar		A regenerar	Após tratamento		
				Até 230 kV	Acima	Até 230 kV	Acima		Até 230 kV	Acima	
Rigidez dielétrica (kV)	50 65 - 70	>40 >70 - >58	>40 >60 >32 >64	>30 >60 >24 >48	>35 >70 >27 >54	25 - 30 50 - 60 20 - 24 40 - 40	25 - 35 50 - 70 20 - 27 40 - 54	- - - -	>33 >66 >25 >50	>38 >76 >30 >60	ASTM D-877 NBR - 6869 ASTM D-1816 (004") ASTM D-1816 (008")
Conteúdo de água (ppm)	10	15	<10	<25	<15	25 - 40	15 - 40	>40	<20	<15	Método Karl Fischer - ASTM D-1533 e PMB - 818
Acidez (mgKOH/g de óleo)	0,03	0,1 - 0,2	0,05	<0,3	<0,1	-	-	>0,4	<0,1	-	ASTM D-974 MB - 101 ASTM D-664 MB - 494
Tensão interfacial (N/m)	0,045	0,02 - 0,03	>0,04	>0,025	-	0,02 - 0,025	-	>0,020	>0,03	-	ASTM D-971 NBR 6234 ASTM D-2285
Cor	0,5	1 - 1,5	<1,0	<3	-	3,0 - 4,0	-	>4	<2	-	ASTM D-1500 MB-351
Fator de potência (%)	0,01 - 0,07 0,1	0,1 - 0,3 - - -	<0,05 <0,05 <0,3 -	0,5 - - -	- - - -	0,5 - 1,5 - - -	- - - -	>1,5 - - -	<0,1 - - -	- - - -	20°C ASTM D-974 25°C ASTM D-974 100°C ASTM D-974 90°C VDE-370

Fonte: WEG -Manual Transformador A Óleo

### 3.2.3.6 Registros Operacionais

Os registros operacionais devem ser obtidos através das leituras dos instrumentos indicadores, das ocorrências extraordinárias relacionadas com o transformador, bem como todo evento relacionado, ou não, com a operação do sistema elétrico, que possa afetar o desempenho e/ou as características intrínsecas do equipamento. É recomendável a leitura diária dos indicadores de temperatura (anotar também a temperatura ambiente), do indicador de nível de óleo, carga e tensão do transformador.

A estratégia de manutenção aplicado a transformador estabelece verificações mínimas a serem feitas semestralmente (S) e a cada três anos (T) nos componentes do Trafo conforme tabela 4. [6]

### 3.2.3.7 Cromatografia em Transformadores

A cromatografia é um processo físico-químico de separação de misturas, mais especificamente, de sólidos em uma solução (mistura homogênea de duas ou mais substâncias). Esse processo fundamenta-se no fato das substâncias presentes na mistura terem diferentes propriedades e composições, assim, a interação delas com as duas fases

imiscíveis (fase estacionária e fase móvel) será diferente também. Ou seja, a velocidade com que uma migra será maior e de outra, será menor.

Comparando a evolução dos gases dissolvidos no Óleo isolante, através dos resultados obtidos pela Análise Cromatográfica e estabelecendo as relações de gases de acordo com critérios preestabelecidos, é possível identificar a falha incipiente que está se desenvolvendo, bem como a sua gravidade, antes que danos maiores possam ocorrer ao equipamento:

a) Arco

Grandes quantidades de hidrogênio e acetileno são produzidas, com pequenas quantidades de metano e etileno. Dióxido e monóxido de carbono também podem ser formados caso a falha envolva a celulose. O óleo poderá ser carbonizado.

b) Descargas parciais

Descargas elétricas de baixa energia produzem, hidrogênio e metano, com pequenas quantidades de etano e etileno. Quantidades comparáveis de monóxido e dióxido de carbono podem resultar de descargas em celulose.

c) Óleo superaquecido

Os produtos de decomposição incluem etileno e metano, juntamente com quantidades menores de hidrogênio e etano. Traços de acetileno podem ser formados se a falha é severa ou se envolver contatos elétricos.

d) Celulose superaquecida

Grandes quantidades de dióxido e monóxido de carbono são liberadas da celulose superaquecida, Hidrocarbonetos gasosos, como metano e etileno, serão formados se a falha envolver uma estrutura impregnada em óleo.

e) Eletrólise

A decomposição eletrolítica da água ou a decomposição da água associada com a ferrugem resulta na formação de grandes quantidades de hidrogênio, com pequenas quantidades dos outros gases combustíveis.

Á análise cromatográfica é uma técnica sensível e confiável de monitoramento das condições de transformadores, complementando os resultados de ensaios elétricos. Em certos casos de falhas incipientes a análise cromatográfica se mostra mais eficiente que os ensaios elétricos convencionais, visto que eles não apresentam sensibilidade neste estágio do problema.

O diagnóstico da análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo apresenta um índice de acerto elevado, desde que o técnico que analisa os resultados tenha experiência com interpretação de resultados e conhecimento da metodologia empregada.

Tabela 3 Inspeção periódica semestrais e trienais

INSPEÇÃO PERIÓDICA SEMESTRAIS E TRIENAIS		
Componente		Verificações mínimas a serem feitas semestralmente (S) e a cada três anos (T)
Buchas	Vazamentos	(S)
	Nível do óleo isolante	(S)
	Trincas ou partes quebradas, inclusive no visor do óleo	(T)
	Fixação	(T)
	Condições e alinhamento dos centelhadores	(T)
	Conectores, cabos e barramentos	(T)
	Limpeza das porcelanas	(T)
Tanque e Radiadores	Vibração do tanque e das aletas dos radiadores	(S)
	Vazamentos na tampa, nos radiadores, no comutador de derivações, nos registros e nos bujões de drenagem	(S)
	Estado da pintura, anotando os eventuais pontos de oxidação	(S)
	Estado dos indicadores de pressão (para transformadores selados)	(S)
	Todas as conexões de aterramento (tanque, neutro etc.)	(S)
	Bases (nivelamento, trincas etc.)	(S)
	Posição das válvulas dos radiadores	(S)
	Conservador	Vazamento
Registros entre conservador e tanque, se estão totalmente abertos		(T)
fixação do conservador		(T)
Nível do óleo isolante		(S)
Termômetros de Óleo	funcionamento dos indicadores de temperatura	(S)
	Valores de temperatura encontrados (anotar)	(S)
	Estado dos tubos capilares dos termômetros	(T)
	Pintura e oxidação	(S)
	Calibração e aferição	(T)
	Nível de óleo do poço do termômetro	(T)
	Atuação dos contatos	(S)

Continuação Tabela 3- Inspeção periódica semestrais e trienais

Sistema de Ventilação Forçada	Ventiladores: aquecimento, vibração, ruído, vedação a intempéries, fixação, pintura e oxidação	(S)
	Acionamento manual	(S)
	Circuitos de alimentação	(S)
	Pás e grades de proteção	(S)
Secador de Ar	Estado de conservação	(S)
	Limpeza e nível de óleo da cuba	(S)
	Estado das juntas e vedação	(S)
	Condições da sílica-gel	(S)
Dispositivo de Alívio de Pressão	Tipo tubular: verificar a integridade da membrana	(T)
	Tipo válvula: verificar funcionamento do microrruptor	(T)
Relé de Gás Tipo Buchholz	Presença de gás no visor	(S)
	limpeza do visor	(T)
	Vazamento de óleo	(S)
	Juntas	(S)
	Fiação	(T)
	Atuação dos contatos	(T)
Relé de Pressão Súbita	Vazamento	(S)
	Juntas	(S)
	Fiação	(T)
	Atuação dos contatos	(T)
Comutadores de	Estado geral e condições de funcionamento	(T)
Caixa de terminais da fiação de Controle e Proteção	Limpeza, estado da fiação e blocos terminais	(S)
	Juntas de vedação, trincos e maçanetas da caixa	(S)
	Resistor de aquecimento e iluminação interna	(S)
	Fixação, corrosão e orifícios para aeração	(S)
	Contatores, fusíveis, relés e chaves	(T)
	Isolação da fiação	(T)
	Aterramento do secundário dos TC's, régua de bornes, identificação da fiação e componentes	(T)
	Aperto de todos os terminais	(S)
Ligações Externas	Aterramento	(T)
	Circuitos de alimentação externos	(S)

Fonte: Autor

### **3.2.4 Motor De Indução**

Os motores elétricos são responsáveis por grande parte da energia consumida nos segmentos onde seu uso é mais efetivo, como nas indústrias, onde representam em média mais de 50% do consumo de eletricidade dessas instalações. São, portanto, equipamentos sobre os quais é preciso buscar, prioritariamente, a economia de energia.

Com foco na gestão da manutenção em equipamentos elétricos possibilita um melhor aproveitamento da energia elétrica.

Cabe ainda observar que 90% dos motores elétricos instalados são assíncronos com rotor em curto-circuito. [7]

#### **3.2.4.1 Manutenção corretiva**

A estratégia na gestão da manutenção corretiva em motores é a correção de falha aleatória em que não existe tempo para agendamento do serviço de reparo a ser realizado, com a finalidade de corrigir as causas e efeitos de falhas que possam acarretar, sua indisponibilidade em condições não programadas. [1]

#### **3.2.4.2 Manutenção preventiva**

A estratégia da manutenção preventiva em motores de indução trifásicos deve ser repetida em período (diário, semanal, a cada 3 meses, anual e a cada 3 anos). Obedecendo os planos preventivos, assim é possível ter redução da degradação dos motores de indução, aumento da vida útil. [7]

Com base nas orientações de manuais foi criado o plano de manutenção preventivo para motor de indução, conforme a tabela 5.

Tabela 4 Plano de Manutenção Preventivo – Motor de Indução

Plano de Manutenção – Motor de Indução Trifásico					
Componente	Diariamente	Semanalmente	Cada 3 meses	Anualmente	Cada 03 anos
<b>Motor Completo</b>	Inspeção de ruído, vibração e temperatura	Inspeção de ruído, vibração, temperatura e desobstruir aletas de ventilação	Drenar água condensada (se houver)	Reapertar parafusos e conexões	Desmontar motor. Checar partes e peças
<b>Enrolamento do Rotor e Estator</b>				Inspeção visual. Medir Resistência de Isolação	
<b>Mancais</b>	Controle de ruído	Relubrificar (respeitar intervalos conforme placa de identificação)			Limpeza dos mancais e/ou, substituir. Inspecionar pista de deslize (eixo) e recuperar quando necessário
<b>Caixas de Ligação</b>				Limpar interior. Reapertar parafusos. Verificar estado da fita isolante e substituir quando necessário	Limpar interior. Reapertar parafusos. Verificar estado da fita isolante e substituir quando necessário
<b>Dispositivos de Monitoramento</b> (sondas térmicas)		Registrar os valores da medição			Se possível, desmontar e testar seu modo de funcionamento
<b>Ventilação</b>		Desobstruir entrada de ar da tampa defletora	Verificar estado das pás		Verificar estado das pás.
<b>Aterramento</b>				Verificar conexão e Reapertar parafusos	Verificar conexão e Reapertar parafusos
<b>Acoplamento</b> (Observar as instruções de manutenção do fabricante do acoplamento)		Após a 1ª semana, checar alinhamento e fixação. Verificar tensão das correias		Checar alinhamento e fixação	Checar alinhamento e fixação
<b>Balanceamento</b>					Verificar balanceamento do conjunto rotor

Fonte: Autor

### 3.2.4.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva nos motores de indução, possui vários benefícios como a detecção de eventuais falhas, antecipação de problemas, aumento da confiabilidade e vida útil dos motores, antecipa a intervenção da manutenção corretiva.

A estratégia de manutenção preditiva para motores de indução possibilita um custo menor mensal para a indústria.

A seguir é mostradas técnicas para o bom gerenciamento da estratégia de manutenção em motores elétricos, como o carregamento correto, ventilação, tensão, partidas, degradação dos isolantes térmicos, fixação correta e lubrificação em mancais.

#### 3.2.4.4 Carregamento conveniente em motores

O motor elétrico é dimensionado para fornecer um conjugado nominal, a uma velocidade nominal. Isto é, para uma potência nominal, temos o conjugado nominal multiplicado pela velocidade nominal. [4]

As perdas elétricas variam com o quadrado do conjugado resistente (carga). O motor bem dimensionado, o conjugado resistente deve ser menor que o conjugado nominal. Se for igual ou moderadamente superior, o aquecimento resultante será notável.

Por outro lado, um motor "sub-carregado" apresenta uma sensível redução no rendimento.

O carregamento ideal deveria corresponder à carga do trabalho a ser efetuado, o que nem sempre é fácil de determinar. Se o trabalho exigido da máquina elétrica acionada apresente sobrecargas temporárias, a potência do motor deve ser ligeiramente superior à potência necessária.

A estratégia de manutenção em motores elétricos de indução é importante pois limita o crescimento das perdas, realizando adequada manutenção das máquinas e componentes mecânicos de acionamento, como por exemplo: regulagem das folgas, lubrificação adequada, verificação dos alinhamentos, etc. [7]

#### 3.2.4.5 Ventilação adequada em motores de indução

Em motores autoventilados, o ar de resfriamento é fornecido por um ventilador interno ou externo acionado pelo eixo do motor.

O deslocamento de ar arrasta poeira e materiais leves que obstruem aos poucos as aberturas ou canais e impedem a passagem do ar e a dispersão normal de calor, o que aumenta fortemente o aquecimento do motor. [7]

Um ponto crítico para a gestão estratégica da manutenção em motores é encontrar nas indústrias motores instalados em espaços reduzidos que limitam a circulação do ar, provocando aquecimentos elevados.

Nos motores que utilizam ventilação forçada externa, a parada do grupo motor ventilador pode causar os mesmos problemas.

Portanto, a estratégia para assegurar o bom funcionamento das instalações, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Limpar cuidadosamente os orifícios de ventilação;
- Limpar as aletas retirando a poeira e materiais fibrosos;
- Cuidar para que o local de instalação do motor permita livre circulação de ar;
- Verificar o funcionamento do sistema de ventilação auxiliar e a livre circulação do ar nos dutos de ventilação.

De forma geral, a gestão estratégica da manutenção conhecendo a temperatura limite suportada pelos isolantes do motor que é calculada para o funcionamento em um ambiente com temperatura de 40°C, é importante verificar e controlar a temperatura ambiente para não ultrapassar os valores para os quais o motor foi projetado.

#### 3.2.4.6 Variações de tensão

Na manutenção o controle térmico do motor é modificado quando a tensão de alimentação varia. Uma queda de tensão limita o fluxo do circuito magnético, reduzindo as perdas no ferro e a corrente em vazio. Porém, o conjugado motor deve superar o conjugado resistente, para impedir o aumento excessivo do escorregamento. Como o conjugado motor é função do produto entre o fluxo e a intensidade da corrente absorvida, se o fluxo diminui a intensidade da corrente aumenta. Com a corrente em carga aumentada pela queda de tensão, o motor se aquecerá, aumentando as perdas.

Um aumento de tensão de alimentação terá efeitos mais limitados, uma vez que a corrente em vazio aumenta enquanto a corrente em carga diminui. [7]

#### 3.2.4.7 Operação com partidas e paradas bem equilibradas

A estratégia de manutenção deve evitar as partidas demoradas que ocorrem quando o conjugado do motor é apenas ligeiramente superior ao conjugado resistente, a sobre intensidade de corrente absorvida, enquanto a velocidade nominal não é atingida, aquece perigosamente o motor. Da mesma forma, uma frenagem por contracorrente, ou seja,

através de inversão no motor, representa, a grosso modo, o custo equivalente a três partidas. [7]

A gestão da manutenção em todos os casos, é fundamental assegurar-se que o conjugado de partida seja suficiente:

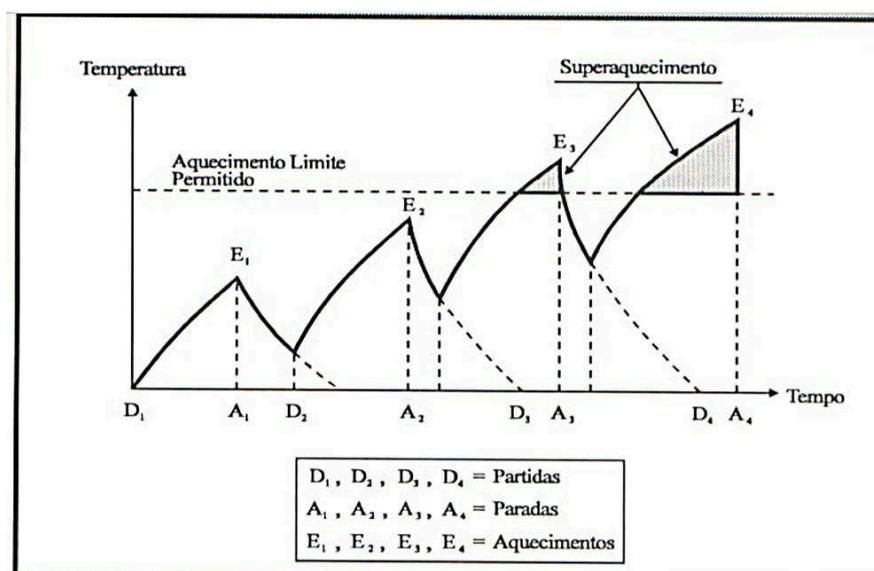
- Através da escolha de um motor adequado;
- Verificando se a linha de alimentação possui características necessárias para limitar a queda da tensão na partida;
- Mantendo a carga acoplado ao motor em condições adequadas de operação, de forma a não apresentar um conjugado resistente anormal.

#### 3.2.4.8 Partidas frequentes

Quando o processo industrial exige partidas frequentes, essa característica deve ser prevista na gestão estratégica de manutenção do equipamento e o motor deve estar adaptado para trabalhar desta forma. [7]

A figura abaixo mostra que entre cada partida a curva de aquecimento tem sua origem e pico mais elevados e pode ultrapassar rapidamente o limite crítico de temperatura.

Figura 11 Aquecimento em consequência de Partidas Muito Frequentes



Fonte: [www.weg.net](http://www.weg.net), 2018

A estratégia de manutenção, indica que durante essas regulagens, observar a temperatura do motor, proporcionando tempos de parada suficientes para que a temperatura volte a um valor conveniente.

#### 3.2.4.9 Degradação dos isolantes térmicos

A vida útil de um isolante pode ser drasticamente reduzida se houver um sobreaquecimento representativo do motor. As principais causas da degradação dos isolantes são: sobre tensão de linha, sobre intensidade de corrente nas partidas, depósito de poeira formando pontes condutoras, ataque por vapores ácidos ou gases arrastados pela ventilação.

A manutenção estratégica define algumas medidas para prevenir a degradação desses isolantes. Procedimentos para manutenção dos isolantes elétricos: [7]

- Equipar os quadros de alimentação com aparelhos de proteção e comandos apropriados e verificar periodicamente o seu funcionamento.
- Aproveitar os períodos de parada dos motores para limpar as bobinas dos enrolamentos.
- Caso necessário, instalar filtros nos sistemas de ventilação dos motores, proporcionando-lhes manutenção adequada.
- Colocar os motores em lugares salubres.
- Verificar qualquer desprendimento de fumaça.
- Verificar periodicamente as condições de isolamento.
- Equipar os motores com dispositivos de alarme e proteção contra curtos-circuitos.
- Observar ruídos e vibrações intempestivas.
- Observar sinais de superaquecimento e anotar periodicamente as temperaturas durante a operação.
- Observar o equilíbrio das correntes nas três fases.
- Verificar se a frequência prevista para o motor é realmente igual à frequência da rede de alimentação.

Com estas medidas a gestão da manutenção em motores passa a ser robusta, eliminando a possibilidade de falhas no equipamento.

#### 3.2.4.10 Fixação correta dos motores e eliminação de vibrações

Na gestão da manutenção o motor nunca deve ser fixado numa inclinação qualquer de seu eixo sem que se tenha certeza de suas características próprias.

Vibrações é um ponto crítico na manutenção que causam uma redução no rendimento do motor, elas podem ser consequência de uma falha no alinhamento, de uma fixação insuficiente ou defeituosa do motor em sua base, de folgas excessivas dos mancais, ou ainda de um balanceamento inadequado nas partes giratórias. [7]

Medidas para prevenir vibrações tomadas na estratégia de manutenção: [7]

- Observar o estado dos mancais
- Observar a vida útil média dos mancais (informação fornecida pelos fabricantes)
- Controlar e analisar as vibrações de forma muito simples (basta colocar uma ferramenta sobre o mancal, aproximando o ouvido e detectando as falhas pelos ruídos produzidos)
- Tomar cuidado ao substituir um rolamento por outro

São medidas simples, porém na gestão da manutenção faz toda diferença.

#### 3.2.4.11 Lubrificação Correta Dos Mancais

A lubrificação dos mancais é uma manutenção mecânica, mas é de extrema importância na gestão e estratégia de manutenção elétrica.

É sabido que a uma temperatura de 40°C, a vida útil de um rolamento de esferas em funcionamento contínuo pode ser de 3 a 4 anos ou mais. No entanto, para cada 10°C de elevação da temperatura de trabalho a vida útil diminui, em média, 50%. [7]

A correta lubrificação dos rolamentos, além de permitir uma melhoria de rendimento, evita a elevação da temperatura que prejudica a vida útil dos motores.

A lubrificação dos rolamentos é feita geralmente com graxa mineral. Quando as temperaturas de operação forem elevadas (de 120°C a 150°C) ou as velocidades de rotação forem acima de 1.500 rpm, usa-se óleo mineral para a lubrificação. Esses óleos devem ter características para lubrificantes adequados às condições de trabalho. [7]

Nos motores de pequena potência, a lubrificação inicial na montagem é prevista de modo a assegurar um número elevado de horas de funcionamento. Às vezes, a reserva de graxa é suficiente para toda a vida útil do equipamento. Nos motores maiores há necessidade

de lubrificação externa. A frequência de lubrificação depende do projeto dos mancais e das características dos lubrificantes utilizados.

A manutenção faz algumas recomendações para prolongar a vida útil dos rolamentos:

- Respeitar os intervalos de lubrificação
- Não engraxar excessivamente os rolamentos e limpá-los com gasolina antes de colar a graxa nova (salvo se houver evacuador automático de graxa)
- Utilizar as graxas recomendadas pelo fabricante em função do serviço e da temperatura.
- Para os mancais lubrificados a óleo, verificar os anéis de retenção e utilizar o óleo recomendado.
- Observar a temperatura dos mancais em operação.
- Cuidar para que a temperatura ambiente permaneça dentro dos limites normais.
- Se o motor precisa funcionar num ambiente anormal, assinalar este fato ao fabricante no momento do pedido.
- Durante a limpeza, evitar dos depósitos de poeira nas caixas de rolamentos.

Estes cuidados têm grande impactos na gestão da manutenção elétrica.

#### 3.2.4.12 Centro de Controle de Motores

O centro de controle de motores trata-se de um conjunto de painéis que são montados para organizar o processo de disseminação de energia elétrica em motores industriais.

Utilizar um centro de controle de motores é um método bastante eficaz encontrado por indústrias e empresas para gerenciar os motores elétricos de seu maquinário.

A principal vantagem que se obtém com um centro de controle de motores é o aumento da segurança. Com a possibilidade de se controlar a alimentação de energia elétrica dos motores, pode-se evitar que ocorram sobrecargas nos motores que podem causar acidentes e afetar vários funcionários de uma indústria.

Um centro de controle de motores, dependendo de seu modelo, pode indicar a presença de problemas a partir de alarmes. Estas medidas de segurança, entretanto, não diminuem a produtividade da indústria, pois o objetivo de se utilizar um centro de controle de motores é adquirir tais benefícios sem perda de eficiência produtiva, uma vez que esses centros garantem a capacidade máxima do funcionamento das operações industriais.

São itens estratégicos a serem observados durante a manutenção em Centro de Controle de Motores:

- Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas;
- Verificação dos indicadores de temperatura;
- Verificação do sistema de resfriamento;
- Reaperto de conexões elétricas;

### **3.3 A IMPORTÂNCIA DA ESTRATÉGIA NA MANUTENÇÃO ELÉTRICA**

A partir das informações encontradas, pode-se notar a importância de um modelo sistemático de manutenção aplicada a sistemas de potência e sua função dentro do sistema organizacional da indústria.

A gestão estratégica de manutenção aplicada a sistemas elétricos de potência tem a função de proporcionar uma maior eficiência às ações de detecção de falhas e defeitos, intervenções prévias à parada não programada de um equipamento elétrico e, por consequência, garantir recursos necessários para execução dos serviços, aumentando assim a produtividade do setor de manutenção.

## 4 SISTEMA INFORMATIZADO PARA MANUTENÇÃO

Este capítulo apresenta técnicas computacionais utilizadas para o sistema informatizado na área de manutenção elétrica, tornando todo o processo mais rápido, e principalmente funcional.

### 4.1 FERRAMENTA COMPUTACIONAL

A gestão estratégica do planejamento e controle da manutenção se torna impossível na atualidade sem o apoio de ferramentas computacionais, pois houve um grande aumento do volume de informações a serem processadas. Os controles manuais se mostraram ineficazes, ocasionando em um fornecimento incorreto de informações para a tomada de decisão gerencial.

A gestão da manutenção deve então, exercer um controle eficiente das ações mantenedoras, desde os cadastros até a análise de relatórios, tendo a ferramenta computacional como auxiliadora do processo.

Para que se possa utilizar toda a estratégia de manutenção abordada, precisa-se de ferramentas computacionais compatíveis com a aplicação desejada. Inicialmente a plataforma de desenvolvimento escolhida foi o Excel, através do Microsoft Office, no sistema operacional Windows 2010.

O sistema desenvolvido está estruturado de forma a:

- Organizar e padronizar os procedimentos ligados aos serviços de manutenção;
- Facilitar a obtenção de informação da gestão manutenção;
- Gerenciar a estratégia de manutenção através dos planos preventivos;
- Aumentar a produtividade da manutenção através de informação;
- Controlar o estado dos equipamentos;
- Fornecer relatórios de históricos de equipamentos

Assim sendo desenvolveu-se um sistema de gestão e controle da manutenção elétrica. Conforme mostra a Figura 12, o menu de navegação tem acesso a as funcionalidades do sistema de forma rápida e simples e intuitiva.

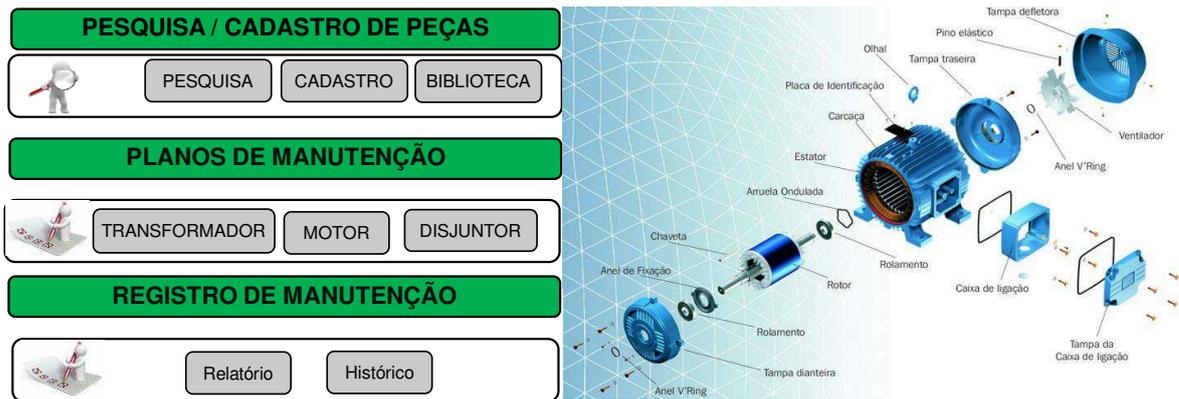
Figura 12 Ambiente de Desenvolvimento – Microsoft Excel 2010.



Fonte: Autor

Para acessar os campos de pesquisa/cadastro de peças, planos de manutenção, registro de manutenção basta clicar sobre o menu Manutenção. Assim poderá pesquisar os serviços de cadastro de peças, cadastrando também novas peças, verificar quem foi o executante do serviço programado, a quantidade de horas trabalhadas e o histórico de manutenção.

Figura 13 Painel de Pesquisa



Fonte: Autor

Foram desenvolvidos padrões de planos de manutenções em equipamentos elétricos:

- Plano de Manutenção para Disjuntor
- Plano de Manutenção para Transformadores
- Plano de Manutenção para Motor de Indução Trifásico

Figura 14 Planos de Manutenção em Disjuntor

<b>Plano de Manutenção – Disjuntor</b>											
	<b>Anos após o comissionamento ( I- Inspeção) (S-Substituição) (T - testes, Medições)</b>										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Componentes mecânicos</b>											
câmaras de arco		I	I	S	I	I	S	I	I	S	I
contatos de arco e principais		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I
mecanismo de operação		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I
dispositivo de inserção/extração (para disjuntores extraíveis)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
contatos de isolamento (somente para disjuntores extraíveis)		I	I	S	I	I	S	I	I	S	I
<b>Circuito principal - conexões dos barramentos</b>											
terminais		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Conexões auxiliares</b>											
contatos auxiliares		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I
<b>Acessórios elétricos e mecânicos</b>											
motorização		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
bobina de mínima tensão		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
bobina de abertura		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
bobina de fechamento		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
disjuntor travado na posição aberta (com chave ou cadeado)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
contatos auxiliares do disjuntor		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
dispositivos de travamento para disjuntores conectados e desconectados		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
dispositivos de intertravamento entre disjuntores montados lado a lado e/ou um no topo do outro		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Opcionais</b>											
checagem termográfica		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
resistência ao isolamento				T			T			T	
<b>Componentes eletrônicos</b>											
unidade de proteção de disparo		I	I	T	I	I	T	I	I	T	I

Fonte: Autor

Figura 15 Plano de Manutenção em Transformador

PLANO DE MANUTENÇÃO EM TRANSFORMADOR						
POCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA						
OBSERVAÇÕES: MARCAR OK NO CAMPO SITUAÇÃO SOMENTE APÓS EFETUAR AS VERIFICAÇÕES , CASO HAJA ALGUMA IRREGULARIDADE ANOTAR NO CAMPO DE COMENTÁRIOS						
ITEM	ONDE	INSPEÇÃO	MÉTODO	SITUAÇÃO	RECOMENDAÇÃO	COMENTÁRIOS
1	Ambiente	1 Temperatura	Termômetro/ termovisor		45º	
		2 Ventilação	Tátil/visual		Arejado	
		3 Iluminação	Visual		Boa visibilidade	
2	Tanque	1 Paredes e radiador	Visual		Limpo, seco e sem nenhuma evidência de vazamento	
		2 Tampa	Visual		Limpo, seco, parafusos adequadamente apertados e sem nenhuma evidência de vazamento	
		3 Conservador	Visual		Limpo, seco e sem nenhuma evidência de vazamento	
		4 Desumidificador	Visual		Sem evidência de saturação de umidade ou alteração de coloração do agente alteração de coloração do agente desumidificador	
		5 Registros	Visual		Ajustado, sem agarramento, sem vazamento e com o bujão	
		6 Aterramento	Visual		Cabo terra conectado, sem evidência de oxidação e ligado a poço ou malha de aterramento	
		7 Nivel de Fluido isolante	Visual		Dentro dos limites de segurança ou entre os níveis máximo / mínimo	
		8 Ruidos	Auditivo		Sem nenhuma evidência de ruídos anormais.	
		9 Buchas	Visual		Limpas, secas, parafusos adequadamente apertados sem nenhuma evidência de trinca, quebra, vazamento ou aquecimento. Nível de fluido dentro do limite de	
		10 Conexão dos Cabos	Termovisor e Visual		Apertados e sem nenhuma evidência de aquecimento.	
		11 Ventiladores	Visual		Funcionando	
		12 Pintura	Visual		Sem evidência de corrosão	
		13 Identificação	Visual		Código CSN do transformador	
3	Carga	1 Tensão	Voltímetro		Igual a tensão de placa.	
		2 Corrente	Amperímetro		< corrente de placa e as correntes de fase equilibradas	
		3 Temperatura do Enrolamento	Termômetro de temperatura do enrolamento		< 95 °C	
		4 Temperatura do fluido isolante	Termômetro de temperatura do fluido isolante		< 85 °C	
4	Proteção	1 Indicador de nível	Visual e teste		Visor desembacado de fácil leitura e em perfeitas condições de funcionamento.	
		2 Relé de gás (Bucholz)	Teste de funcionamento		Sem acúmulo de gás ou ar e em perfeitas condições de funcionamento.	
		3 Termômetro	Teste de funcionamento		Em perfeitas condições de funcionamento.	
		4 Válvula de alívio de pressão	Visual		Sem nenhuma evidência de deterioração.	
		5 Manovacuometro	Visual		A pressão não deve ser maior que 0,77 kg/cm2.	
5	Para Raios	1 Fixação	Visual e chave de Boca		Parafusos adequadamente apertados.	
		2 Trinca ou quebra	Visual		Inexistente	
		3 Conexões	Visual		Apertadas e sem evidência de aquecimento.	
		4 Aterramento	Visual		Conexões adequadamente apertadas, sem evidência de oxidação e cabos em boas condições condições	
		5 Limpeza	Visual		Limpo	

Fonte: Autor

Figura 16 Planos de Manutenção em Motor de Indução

Plano de Manutenção – Motor de Indução Trifásico					
Componente	Diariamente	Semanalmente	Cada 3 meses	Anualmente	Cada 03 anos
<b>Motor Completo</b>	Inspeção de ruído, vibração e temperatura	Inspeção de ruído, vibração, temperatura e desobstruir aletas de ventilação	Drenar água condensada (se houver)	Reapertar parafusos e conexões	Desmontar motor. Checar partes e peças
<b>Enrolamento do Rotor e Estator</b>				Inspeção visual. Medir Resistência de Isolação	
<b>Mancais</b>	Controle de ruído	Relubrificar (respeitar intervalos conforme placa de identificação)			Limpeza dos mancais e/ou, substituir. Inspeccionar pista de deslize (eixo) e recuperar quando necessário
<b>Caixas de Ligação</b>				Limpar interior. Reapertar parafusos. Verificar estado da fita isolante e substituir quando necessário	Limpar interior. Reapertar parafusos. Verificar estado da fita isolante e substituir quando necessário
<b>Dispositivos de Monitoramento</b> (sondas térmicas)		Registrar os valores da medição			Se possível, desmontar e testar seu modo de funcionamento
<b>Ventilação</b>		Desobstruir entrada de ar da tampa defletora	Verificar estado das pás		Verificar estado das pás.
<b>Aterramento</b>				Verificar conexão e Reapertar parafusos	Verificar conexão e Reapertar parafusos
<b>Acoplamento</b> (Observar as instruções de manutenção do fabricante do acoplamento)		Após a 1ª semana, checar alinhamento e fixação. Verificar tensão das correias		Checar alinhamento e fixação	Checar alinhamento e fixação
<b>Balanceamento</b>					Verificar balanceamento do conjunto rotor

Fonte: Autor

Com o software de manutenção preventiva é possível obter vários benefícios para a indústria como:

- Economia de custos
- Maior controle sobre tempo de atividade
- Melhor consumo de materiais
- Centralização de informações
- Aumento de produtividade
- Controle e planejamento da manutenção

Figura 17 Relatório Manutenção



### Relatório Manutenção

Data de Início	Data de Término	Hora de Início	Hora de Término	Tipo de Manutenção	Empresa	Nome do Executante
12/11/2018	12/11/2018	12:40	14:00	Preventiva	UFU	Daniel

GRAVAR

Fonte: Autor

Figura 18 Histórico de Manutenção



### HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

Data de Início	Data de Término	Hora de Início	Hora de Término	Tipo de Manutenção	Empresa	Nome do Executante
12/11/2018	12/11/2018	12:40	14:00	Preventiva	UFU	Marcos
20/11/2018	20/11/2018	6:15	10:20	Preventiva	UFU	Pedro

Fonte: Autor

A utilização de ferramentas computacionais para um melhor desempenho da gestão estratégica de manutenção elétrica apresenta um importante valor na indústria. Isso acontece devido ao grande volume de informações a serem controladas, que, quando executada através de um sistema computacional, apresenta uma maior confiabilidade.

Neste pensamento, o software implementado, tem como foco uma melhora na gestão de técnicas de manutenção aplicado a sistemas elétricos.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou diversos aspectos relacionados a gestão estratégica de manutenção direcionada a sistema elétrico de potência, visando contribuir para a eficácia nos processos produtivos de forma a melhorar a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos elétricos. Com as informações encontradas, pode-se notar a importância da gestão estratégica da manutenção aplicada a sistemas elétricos de potência e a função dentro do sistema organizacional da indústria.

Com todos os planos preventivos propostos, a gestão estratégica da manutenção pode desenvolver uma metodologia prática e eficiente, contemplando parte dos equipamentos de maior relevância no processo produtivo industrial.

Assim todos os propósitos almejados para este trabalho foram alcançados, e apesar de não haver uma única estrutura correta para a gestão da estratégia de manutenção em sistemas elétricos de potência, há vários conceitos e técnicas que, se aplicados corretamente, poderão garantir excelentes resultados para a indústria.

## REFERÊNCIAS

- [1] KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. [S.l.]: Quality Mark, 1998.
- [2] VIANA, H. R.G.. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- [3] ACURI FILHO, R.; CARVALHO, N. C. **Medicina de Sistemas: o futuro conceito de Manutenção**. Revista de Ensino de Engenharia, Rio de Janeiro, n. 12, p. 11-17, Julho 1995.
- [4] ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção Disponível em: <<http://www.abraman.org.br>> Acesso em 10 nov. 2018.
- [5] ABB. Disponível em:> <https://new.abb.com/br>>. Acesso 10 nov.2018.
- [6] WEG - Equipamentos Elétricos S/A. **Manual Transformador A Óleo**. Disponível em: < <https://www.weg.net>>. Acesso em: 1 dez. 2018.
- [7] WEG - Equipamentos Elétricos S/A. **Manual Motor de indução**. Disponível em: < <https://www.weg.net>>. Acesso em: 5 dez. 2018.
- [8] GEBRAN, A. P. **Manutenção e Operação de Equipamentos de Subestações**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. v. 1. 234p.