



Universidade Federal de Uberlândia  
Faculdade de Engenharia Elétrica  
Curso de Engenharia Elétrica

**LUIZ EDUARDO DAMIÃO DE PAULA**

**PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DE UMA  
EMPRESA ATACADISTA**

Uberlândia  
2018

**LUIZ EDUARDO DAMIÃO DE PAULA**

**PROGRAMA DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DE UMA  
EMPRESA ATACADISTA**

TCC apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título de graduação em Engenharia Elétrica a ser concedido para o aluno Luiz Eduardo Damião de Paula, sob orientação do professor Dr. Josué Silva de Moraes.

Orientador: Josué Silva de Moraes

---

Assinatura do Orientador

Uberlândia  
2018

Dedico esse trabalho ao meu pai, minha querida mãe, meu tio Carlos Alberto Damião, para o restante de minha família e minha namorada pelas orações, carinho, estímulo e compreensão.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela benção e determinação de poder concluir essa jornada de cinco anos. Ao meu pai que sempre esteve presente em todos os momentos, me proporcionando o suporte necessário não somente para ser um bom profissional, mas para ser o melhor como filho e pessoa, sendo para mim, símbolo de inspiração, força, coragem e humildade. À minha mãe, que hoje não se encontra mais no meio de nós fisicamente, mas vive intensamente dentro do coração de cada um que pode conhece-la. Mãe, a Senhora sempre foi uma pessoa companheira, uma mulher, esposa, mãe honesta e correta que esbanjava humildade e conquistava a todos demonstrando fé e sede pela vida e tenho a absoluta convicção de dizer que a Senhora, deste lugar melhor em que está, me guiou, protegeu e abençoou para eu vir trilhar este caminho aqui em Uberlândia. Se hoje sou o que sou, é por Deus ter me colocado nessa família e ter esses dois seres maravilhosos que são vocês, meus pais. Agradeço também aos meus avós, tios, tias, primos e todos os amigos que ajudaram a mim e a meu pai nos momentos de dificuldade com relação a minha querida mãe, e queria poder dizer hoje que vocês são o que me fortalece, e que essa conquista de poder chegar até aqui é também de vocês. À minha namorada Taynah, agradeço profundamente de tê-la encontrado e colocado em minha vida, obrigado por ser tão companheira e compreensível. Termino os meus dizeres dando o meu muito obrigado a todos que fizeram e fazem parte desta conquista, e também transmitindo o legado deixado por minha mãe: Não se curvar perante qualquer tipo de dificuldade, pois a união, a fé, a família, e sobretudo o *AMOR PELA VIDA* conseguem ir além e quebrar os obstáculos.

## RESUMO

Este trabalho tem como meta descrever um plano de manutenção para o sistema elétrico de alta tensão (trifásico- AC) e baixa tensão (trifásico AC) de uma empresa sediada no distrito industrial de Uberlândia. O sistema de alta tensão inicia por um alimentador de 13,8 KV derivando de uma rede aérea da concessionária, subestação de mesma tensão e sistema elétrico de iluminação e motores de baixa tensão em 380 volts.

O plano de manutenção está composto por um *hall* de inspeções de manutenções elétricas e suas descrições bem como a descrição do sistema de gestão para garantir a qualidade e disponibilidade operacional máxima dos equipamentos da indústria. Trata-se de inspeções preditivas instrumentadas e não instrumentadas e preditivas segundo uma classificação de importância dos equipamentos. Cada folha de inspeção é composta pela descrição técnica de como ela deve ser realizada, materiais, ferramentas e equipamento que devem ser utilizados, periodicidade, descrição da segurança a ser aplicada durante a inspeção e campo para outras observações.

Além disso, há uma descrição de um sistema de gestão para garantia da qualidade e segurança do trabalho usando uma engenharia competente.

O sistema de gestão envolve os pilares base de sustentação de uma manutenção competente com apropriação e análise de índices de manutenção como fator de disponibilidade, índice de parada, custos e outros.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to describe a maintenance plan for the high-voltage (three-phase-AC) and low-voltage (three-phase AC) electrical system of a company based in the industrial district of Uberlandia. The high voltage system starts with a feeder of 13.8 KV derived from an aerial network of the concessionaire, substation of the same voltage and electrical lighting system and low voltage induction motors at 380 volts.

The maintenance plan consists in a half inspection of electrical maintenance and its descriptions as well as the description of the management system to ensure the quality and maximum operational availability of the equipment of the industry. These are instrumental predictive inspections and not instrumented and predictive according to a classification of equipment importance. Each inspection sheet is composed of the technical description of how it should be carried out, materials, tools and equipment to be used, periodicity, safety description to be applied during inspection and field for other observations.

In addition, there is a description of a management system for quality assurance and work safety using competent engineering.

The management system involves the basic pillars of maintenance of a competent maintenance with appropriation and analysis of maintenance indices as factor of availability, stop index, costs, and others.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Planta Baixa da Instalação .....	13
Figura 2 – Exemplo de apresentação dos oito pilares TPM .....	14
Figura 3 - Fluxo de informação na Manutenção Planejada .....	15
Figura 4 – Termo visor usado para coleta de dados termográficos.....	20
Figura 5 – Termograma de um transformador de potência .....	20
Figura 6 – Técnico realizando análise de vibração em motor, utilizando um transdutor e o aparelho coletor das medições .....	21
Figura 7 – Técnico realizando análise de ultrassom em painel de distribuição elétrica .....	22
Figura 8 – Diagrama unifilar simplificado do sistema elétrico do empreendimento.....	24
Figura 9 - Diagrama unifilar simplificado do cubículo de baixa tensão 01.....	25
Figura 10 – Diagrama unifilar simplificado do cubículo de baixa tensão 02.....	25
Figura 11 - Perfis típicos de composição do óleo isolante na análise cromatográfica .....	134

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela com as características técnicas referente ao isolador de topo classe 15 kV .....	129
Tabela 2 - Níveis de isolamento nominais da porcelana da chave fusível .....	130
Tabela 3 - Características técnicas do isolador de disco e muflas .....	130
Tabela 4 - Tabela de Valores Normalizados para Óleo Isolante .....	131
Tabela 5 - Tabela com as recomendações do que fazer com o óleo mineral após análise em laboratório.....	132
Tabela 6 – Temperaturas de Referência para os Enrolamentos do Transformador .....	135
Tabela 7 - Fator de correção para o fator de potência da isolação dos enrolamentos de um transformador .....	135
Tabela 8 - Torque orientativo para fixação dos parafusos no bloco compressor .....	135
Tabela 9 – Inspeções de manutenção e periodicidade .....	135



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC – Activiy-Based-Costing

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica

BT – Baixa Tensão

CC – Corrente Contínua

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos

EPI – Equipamento de Proteção Individual

GMG – Grupo Motor Gerador

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LED – Light Emitting Diode

MTBF – Mean Time Between Failure

MTTR – Mean Time Between Repair

NBR – Norma Brasileira

ND – Norma Técnica de Distribuição

NR – Norma Regulamentadora

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

PFF – Peças Faciais Filtrantes

TC – Transformador de Corrente

TP – Transformador de Potencial

TPM – Total Productive Maintenance

TRAFO – Transformador

TTR – Transformer Turns Ratio

US – United States

XLPE - Cross-linked polyethylene

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 OBJETIVO .....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 ABC ( <i>ACTIVIY-BASED-COSTING</i> ) ATIVIDADE BASEADA EM CUSTOS.....	13
3.2 TPM – <i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE</i> .....	14
3.2.1 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....	15
3.2.2 MANUTENÇÃO PLANEJADA .....	15
3.2.3 CONTROLE INICIAL .....	15
3.2.4 MELHORIA ESPECÍFICA.....	15
3.2.5 EDUCAÇÃO E TREINAMENTO.....	16
3.2.6 SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE.....	16
3.2.7 QUALIDADE .....	16
3.2.8 TPM ADMINISTRATIVO.....	16
3.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA (CONSERTO).....	17
3.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	18
3.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ATIVOS .....	18
3.4.2 ELABORAÇÃO DOS PLANOS E INSTRUÇÕES PARA A EXECUÇÃO .....	18
3.4.3 CADASTRO DE REGISTROS.....	18
3.4.4 DEFINIÇÃO DOS ITENS DE CONTROLE.....	19
3.4.5 PCM – PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO.....	19
3.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	19
3.5.1 TERMOGRAFIA.....	20
3.5.2 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO .....	21
3.5.3 ULTRASSOM.....	21
4 METODOLOGIA DO TRABALHO.....	22
4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO .....	22
4.2 ELABORAÇÃO DAS INSPEÇÕES .....	26
4.3 DESCRIÇÃO DAS INSPEÇÕES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO.....	28
4.3.1 SISTEMA DE ENTRADA DE ENERGIA .....	29
4.3.2 SUBESTAÇÃO CLASSE 15KV - TRAF0 01 E TRAF0 02.....	50

4.3.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DA SUBESTAÇÃO PRINCIPAL.....	50
4.3.2.2 SISTEMA DE FORÇA.....	50
4.3.2.3 SISTEMA DE MUFLAS .....	75
4.3.2.4 SISTEMA DE MEDIÇÃO - ENERGIA ATIVA E REATIVA .....	78
4.3.2.5 SISTEMA DE PROTEÇÃO .....	88
4.3.2.6 GRUPO DE GERADORES - ENERGIA "STAND-BY" .....	105
4.3.2.7 EDIFICAÇÃO DA SUBESTAÇÃO .....	113
4.3.3 CANALETAS E FIAÇÕES SUBTERRÂNEAS.....	115
4.3.4 SISTEMA DE ATERRAMENTO - INTEMPERIES E DE PROTEÇÃO .....	115
4.3.5 SISTEMA DE BAIXA TENSÃO .....	118
4.3.5.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO .....	118
4.3.5.2 BANCO DE CAPACITORES.....	118
4.3.5.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO - INDUSTRIAL/PREDIAL .....	120
4.3.5.4 SISTEMA DE COMPRESSORES .....	122
4.3.5.5 SISTEMA DE CARGA DE BATERIAS.....	125
5 RESULTADOS.....	127
6 CONCLUSÃO .....	127
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
8 ANEXOS .....	129

# 1 INTRODUÇÃO

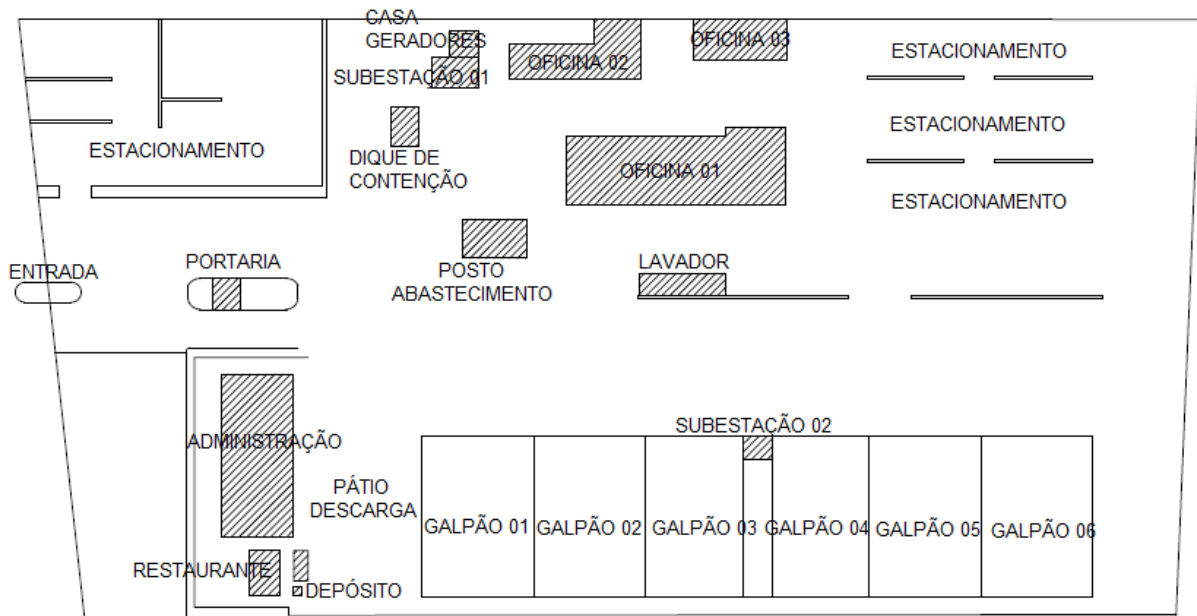
Nos dias atuais as empresas somam esforços na busca da redução dos custos operacionais levando a maximização dos lucros e resultados. Segundo PEREIRA (2011), o custo de manutenção é altamente gerenciado devido ao fato de que é responsável pela parcela de até 25% do custo de produção dependendo do tipo de empreendimento. Não obstante, se vê a necessidade contínua de aplicar um plano de manutenção e gerenciamento eficaz utilizando uma engenharia competente na busca da redução do custo de manutenção. Os pilares de sustentação que garantem a contínua da manutenção para garantir a redução dos custos e aumentar a confiabilidade operacional está conectado a qualidade do recurso humano disponível, da qualidade dos equipamentos de medições, da qualidade executiva das inspeções preditiva/ preventiva, qualidade de peças e custo adequado.

A gestão de manutenção deve sempre estar focada na relação de custos de manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

O ideal é que todas as ordens de serviços de manutenção tenham sido geradas pela manutenção preditiva. Isto porque a relação de custo de um sistema que pratica a manutenção preditiva versus preventiva versus corretiva é respectivamente de US\$1.00, U.S\$1.50, US\$3.00. A manutenção de emergência e Breakdown é mais dispendiosa ainda podendo chegar a valores que ultrapassam as metas de custo. (CAMPBELL; JARDINE, 2001, p. 8)

O sistema elétrico descrito neste trabalho pertence a uma empresa que é constituída fisicamente de uma portaria, edificações internas e ruas de acesso à mesma. As edificações são compostas pela administração geral, restaurante, posto de abastecimento, oficinas, galpões de armazenamento de produtos, pátios de descarga e estacionamento. Esta distribuição pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Planta Baixa da Instalação



Fonte: Elaborado pelo autor

## 2 OBJETIVO

Esse trabalho tem como objetivo principal, elaborar um plano de manutenção do sistema elétrico de uma empresa do ramo atacadista, mostrando a importância da aplicação da engenharia de manutenção, buscando continuamente, a minimização dos custos de manutenção da empresa. Como objetivo secundário dar uma visão da manutenção preditiva e preventiva empregada e detalhes dos procedimentos de inspeções envolvendo a descrição, ferramentas e ou equipamentos utilizados, e procedimentos de segurança adotados nessa atividade.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 ABC (ACTIVIY-BASED-COSTING) ATIVIDADE BASEADA EM CUSTOS

O ABC é uma estratégia empresarial que teve origem com os pesquisadores Jeffrey Miller e Thomas Vollmann. Sua principal ideia é a redução dos custos de produtos (bens ou serviços) e administrativos por meio das organizações através da utilização de programas de melhoria ou qualidade, objetivando dessa forma, a redução de desperdícios em todos os aspectos.

Na manutenção é importante a utilização do ABC para determinar atividades que agregam ou não, determinar as principais causas dos custos das atividades, apoiar em melhorias de processo, além de melhorar técnicas de elaboração dos orçamentos.

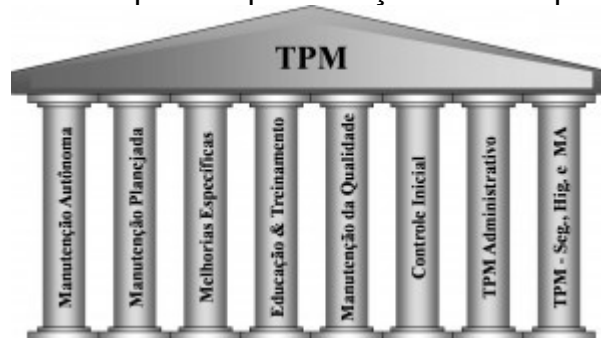
### **3.2 TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE**

Em um passado não tão distante, as indústrias funcionavam baseadas no sistema de Manutenção Corretiva, isto é, reparo da máquina somente após a sua quebra. Dessa forma, ocorriam retrabalhos, desperdícios, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros para os empreendimentos. Levando em consideração todos esses fatores, surgiu o conceito de Manutenção Produtiva Total, mais conhecido pela sigla TPM, o qual aborda técnicas e ações preventivas e preditivas.

A metodologia TPM tem como base alguns pilares nos quais envolvem toda a parte departamental de uma empresa, habilitando-a para buscar metas como a de “defeito zero”. Os pilares tradicionais, representados na Figura 2, são:

- Manutenção autônoma;
- Manutenção Planejada;
- Controle Inicial;
- Melhoria Específica;
- Educação e Treinamento;
- Segurança e Meio Ambiente;
- TPM Administrativo;
- Qualidade.

Figura 2 – Exemplo de apresentação dos oito pilares TPM



Fonte: <https://integrasolucoes.wordpress.com/2013/08/07/tpm-manutencao-produtiva-total/>

### 3.2.1 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

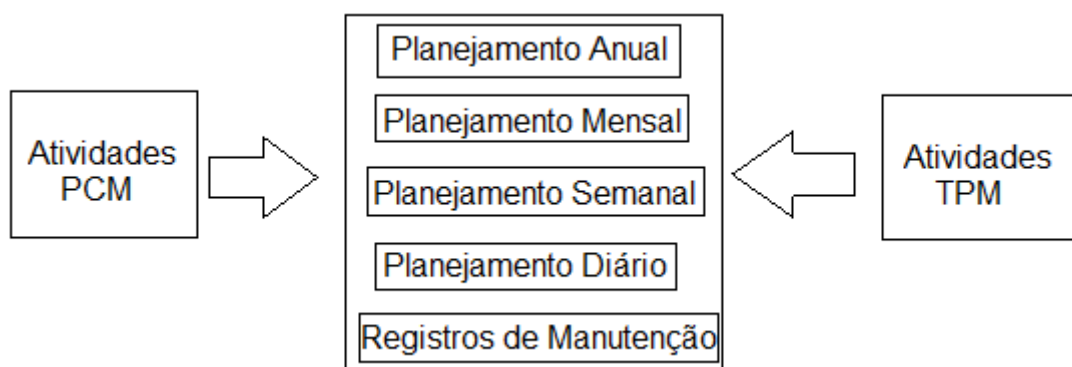
Na manutenção autônoma, os próprios operadores estão habilitados para manter seus equipamentos de trabalho em ótimas condições de uso através de ações de limpeza, inspeção geral e lubrificação. Para tal, é importante que o operador esteja treinado e qualificado em conhecimentos gerais do equipamento assim como seus principais subsistemas e componentes.

### 3.2.2 MANUTENÇÃO PLANEJADA

Este pilar representa todas as ações preventivas a serem tomadas a fim de se obter “defeito zero” e no aumento da eficiência e eficácia do equipamento. Sua atuação abrange o planejamento das manutenções preditivas, preventivas e paradas.

Portanto há necessidade da elaboração de um bom planejamento de manutenção que siga os cronogramas e os custos planejados conforme Figura 3.

Figura 3 - Fluxo de informação na Manutenção Planejada



Fonte: PEREIRA, Mário Jorge. Engenharia de Manutenção Teoria e Prática

### 3.2.3 CONTROLE INICIAL

O controle inicial na metodologia TPM se baseia no conjunto de ações que tem por objetivo a prevenção da manutenção, ou seja, há uma análise detalhada dos produtos e equipamentos antes de sua instalação ou até mesmo de sua fabricação. A meta principal é fazer com que as áreas envolvidas na aquisição do ativo, tenham a preocupação com a manutenção do mesmo.

### 3.2.4 MELHORIA ESPECÍFICA

Este pilar se traduz em ações de melhorias contínuas nas áreas envolvidas idealizadas por um time de profissionais com conhecimentos diversificados,

objetivando dessa forma, a redução das eventualidades de quebras dos equipamentos, assim como o aumento da eficiência global destes. Um exemplo prático é a execução de KAIZEN's, ferramenta japonesa de melhoria contínua. Segundo Aragon (2005), "O Kaizen está pautado na eliminação de desperdícios, com base no bom senso, no uso de ferramentas baratas que se apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos".

### **3.2.5 EDUCAÇÃO E TREINAMENTO**

Neste pilar há uma preocupação em elevar o nível de capacitação da mão de obra para se obter aumento da produtividade. É de suma importância que os mantenedores conheçam tecnicamente o equipamento para que possam executar ajustes e concertos básicos necessários, além de se educarem à criação de hábitos essenciais para manter um ambiente de trabalho organizado e seguro.

### **3.2.6 SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE**

Dentro da metodologia TPM devem coexistir o cuidado ambiental juntamente com as máquinas. Além disso, é necessário que haja consciência por parte dos colaboradores quando ao uso de equipamentos de proteção individuais (EPI's) e também saber respeitar placas de aviso ou alerta nos processos.

### **3.2.7 QUALIDADE**

A engenharia de qualidade de uma empresa está diretamente ligada ao planejamento da manutenção respaldada por normas. De forma geral, as normas surgiram pós Segunda Guerra Mundial em função da necessidade de padronização na indústria bélica e expandiu-se para as demais indústrias em detrimento a necessidade de elaborar padrões de fabricação para garantir segurança e qualidade (PEREIRA, 2011). A ISO 9001, norma utilizada hoje em grande parte das indústrias, é um exemplo prático dessa padronização na qual exige análise, documentação e monitoramento de todo o processo que influi diretamente sobre o produto final.

### **3.2.8 TPM ADMINISTRATIVO**

A ideia principal deste pilar é envolver os demais departamentos da corporação no planejamento de manutenção, colaborando assim com a "perda zero". Segundo Mário Jorge Pereira (2011) temos os seguintes exemplos:

Um equipamento pode "quebrar" por má operação. Mas se a falha tiver sido involuntária, isto é, por falta de treinamento? Entra em ação a área de



Recursos Humanos (RH) que elaborará um levantamento das necessidades para qualificar os operadores;

Um equipamento está parado por falta de matéria-prima. Que tipo de ações efetivas existem para evitar a parada desta operação crítica? Entra em ação área de Materiais para elaborar ações efetivas para evitar a falta de material;

Um equipamento está parado porque o operador sofreu um acidente de trabalho e não há outro operador? Entra em ação o Departamento de Segurança do Trabalho para elaborar análise e ações para que o equipamento tenha instalado, em pontos críticos, os dispositivos de segurança que evitem novo acidente. (PEREIRA, 2011)

Dessa forma, entende-se que é de grande importância a participação de todas as áreas da empresa para colocar em prática esta metodologia.

### **3.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA (CONCERTO)**

Segundo a norma ABNT-NBR-5462-1994, “Manutenção corretiva: manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.”. Em resumo manutenção corretiva é o reparo da máquina somente após a sua quebra.

Esse termo ficou conhecido em meados de 1914 no ramo industrial e atualmente ainda é o meio mais comum para reparo de um equipamento (PEREIRA, 2011). Pode-se ainda caracterizar esse tipo de manutenção como ausência de planejamento e custos necessários.

A manutenção corretiva pode ser dividida em emergencial e programada. A primeira ocorre sem previsão alguma, já a segunda se baseia em serviços que foram agendados antecipadamente.

Para aplicar de forma coesa a corretiva, o engenheiro de manutenção precisa arquitetar um esquema para classificar o grau de urgência nos momentos de parada do ativo. Dessa forma, classifica-se os equipamentos em três: Equipamentos Classe A, B e C. A primeira representa os ativos cuja parada interrompe o processo produtivo, podendo levar a perdas de produção. A segunda, cuja parada não interrompe o processo produtivo e não levará a perda de produção. Por fim, a terceira representa ativos que não participam do processo produtivo.

### **3.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Segundo a norma ABNT-NBR-5462-1994, “Manutenção preventiva: a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento do item. ”.

Ficou conhecida em meados de 1930 no ramo aeronáutico pela necessidade de conseguir maior disponibilidade e confiabilidade dos ativos industriais (PEREIRA, 2011).

Para a implementação da preventiva é importante seguir alguns critérios de forma a garantir a organização e qualidade das ações, são eles: Classificação dos ativos, planejamento e instruções para execução, cadastro de registros, definição dos itens de controle para monitorar o desempenho e criação do PCM (Planejamento e Controle de Manutenção).

#### **3.4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS ATIVOS**

Ativos de uma empresa são todos os bens, equipamentos, ferramentas, dispositivos, estações de trabalho e peças patrimoniais pertencentes a ela. Sua identificação e classificação são primordiais na decisão de se implantar ou não as medidas preventivas. Para tal se faz necessário o conhecimento de suas características técnicas e sua função no processo produtivo.

#### **3.4.2 ELABORAÇÃO DOS PLANOS E INSTRUÇÕES PARA A EXECUÇÃO**

Esta é a etapa do plano de manutenção preventiva que exige maior detalhamento de informações possíveis sobre o equipamento, tais como a descrição das tarefas preventivas a serem executadas e suas respectivas periodicidades.

Também deve-se levar em conta os itens de segurança e consciência ambiental, atentando-se dessa forma à utilização de EPI's e sempre respeitar as determinações para se executar o serviço.

As conversas com mantenedores e usuários que dominam o ativo são muito importantes, pois são eles que possuem informações precisas sobre a real condição operacional e as necessidades preventivas.

#### **3.4.3 CADASTRO DE REGISTROS**

Respaldado na classificação dos ativos, é preciso que todas as informações dos mesmos sejam cadastradas em sistema computadorizado, e que as escolhas

das nomenclaturas sigam um padrão, como por exemplo, registros de sequencias alfanuméricas.

### 3.4.4 DEFINIÇÃO DOS ITENS DE CONTROLE

Para facilitar o entendimento às equipes de manutenção e monitorar as ações preventivas, é necessário a criação de um método simples e eficaz. Sendo assim, a utilização de indicadores estatísticos como item de controle é uma medida interessante e que agrega confiabilidade e análise de falhas ao processo.

Dentre os principais indicadores utilizados nos planejamentos de manutenção atualmente, destacam-se três, sendo eles: MTBF (Mean Time Between Failures ou Tempo médio entre falhas), MTTR (Mean Time Between Repair ou Tempo médio entre reparos) e FD (Fator de Disponibilidade do equipamento nas horas produtivas), os quais são definidos pelas equações (1), (2) e (3), respectivamente.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total do bom funcionamento do equipamento}}{\text{Número de falhas do equipamento}} \quad (1)$$

$$MTTR = \frac{\text{Total de horas de paradas causadas por falhas}}{\text{Número de falhas do equipamento}} \quad (2)$$

$$FD = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% \quad (3)$$

### 3.4.5 PCM – PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO

O Planejamento e Controle de Manutenção é considerado a principal função de gestão do departamento. É a partir do PCM que são gerados todos os relatórios e gráficos com base nos indicadores de desempenho que serão reportados para os demais departamentos existentes, garantindo dessa forma maior eficiência na gestão das atividades de manutenção.

### 3.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Segundo a norma ABNT-NBR-5462-1994, “Manutenção Preditiva: manutenção que permite garantir a qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. “

A partir dessa definição segundo a norma da ABNT, as principais técnicas de Manutenção Preditiva são a termografia, a análise de vibração e o ultrassom.

### 3.5.1 TERMOGRAFIA

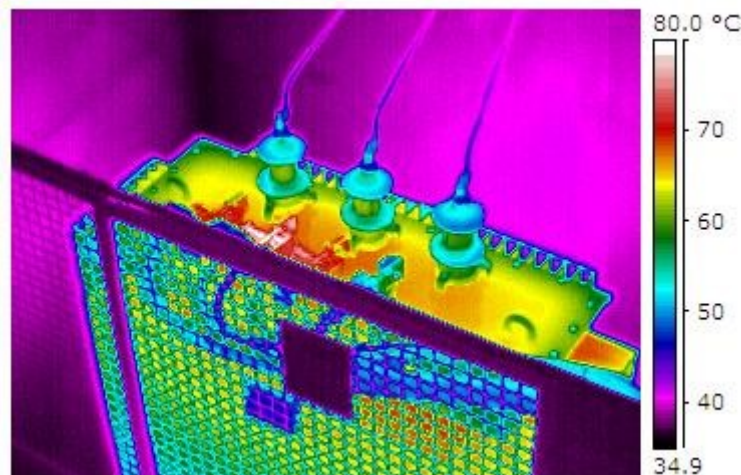
A termografia é uma técnica de manutenção e seu princípio de funcionamento consiste na medição da distribuição de calor superficial do objeto observado, quando sujeito a tensões térmicas. Sua medição é realizada por um termo visor, representado na Figura 4, no qual possui câmeras termográficas que captam as ondas de calor ou infravermelhas emitidas pelo objeto ensaiado e geram imagens denominadas de termogramas, conforme Figura 5.

Figura 4 – Termo visor usado para coleta de dados termográficos



Fonte: <http://www.fluke.com/fluke/brpt/termovisores/fluke-ti10.htm?pid=56179>

Figura 5 – Termograma de um transformador de potência



Fonte: <http://alberto-caramalho.blogspot.com/>

### 3.5.2 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

A análise de vibração é um procedimento bastante utilizado no diagnóstico de defeitos em sistemas rotativos tais como rolamentos e eixos. Para se realizar esta análise, comumente é utilizado um transdutor, que nada mais é do que um sensor que capta os sinais de vibração através da transformação de um tipo de energia em outra, como por exemplo, traduzir informação de velocidade em informação elétrica. Tal análise pode ser compreendida a partir da Figura 6.

Figura 6 – Técnico realizando análise de vibração em motor, utilizando um transdutor e o aparelho coletor das medições



Fonte: <http://www.preditech.com.br/analise-de-vibracao.html>

### 3.5.3 ULTRASSOM

Outra análise preditiva existente e comumente utilizada nas indústrias é o ultrassom, conforme Figura 7. Esta análise detecta sons emitidos por emissões ou descargas elétricas, como faiscamento, arco elétrico, efeito corona, entre outros.

Figura 7 – Técnico realizando análise de ultrassom em painel de distribuição elétrica



Fonte: <http://www.awstrom.com.br/servicos/manutencao/ultrassom-subestacoes>

## 4 METODOLOGIA DO TRABALHO

### 4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

A unidade consumidora é alimentada pela concessionária de energia CEMIG na tensão nominal de 13,8 kV (entre fases), através de uma rede aérea de distribuição primária até o ramal de derivação localizado no interior da instalação, o qual é composto por um poste em concreto armado de seção circular tipo M4 equipado com para-raio, cruzetas, uma chave fusível para cada fase, muflas terminais unipolares para classe de tensão 15kV, dois isoladores de disco de porcelana vitrificada em cada fase, um isolador de pino ou de topo e um isolador de cadeia em cada fase.

Após os condutores terem passado pelas chaves fusíveis, eles são conectados à muflas terminais unipolares que por sua vez serão conectadas à cabos unipolares de alumínio com isolamento XLPE, passando então pelo eletroduto de descida, caixa de passagem junto ao poste, eletrodutos enterrados no solo até a entrada dos mesmos no primeiro cubículo da subestação. A saber, a subestação é construída de alvenaria, com piso assentado de borracha, e é composta de quatro cubículos cujos acessos são protegidos por uma malha de aço com porta aterrados. Cada cubículo, assim como os materiais e equipamentos presentes nele, serão descritos a seguir:

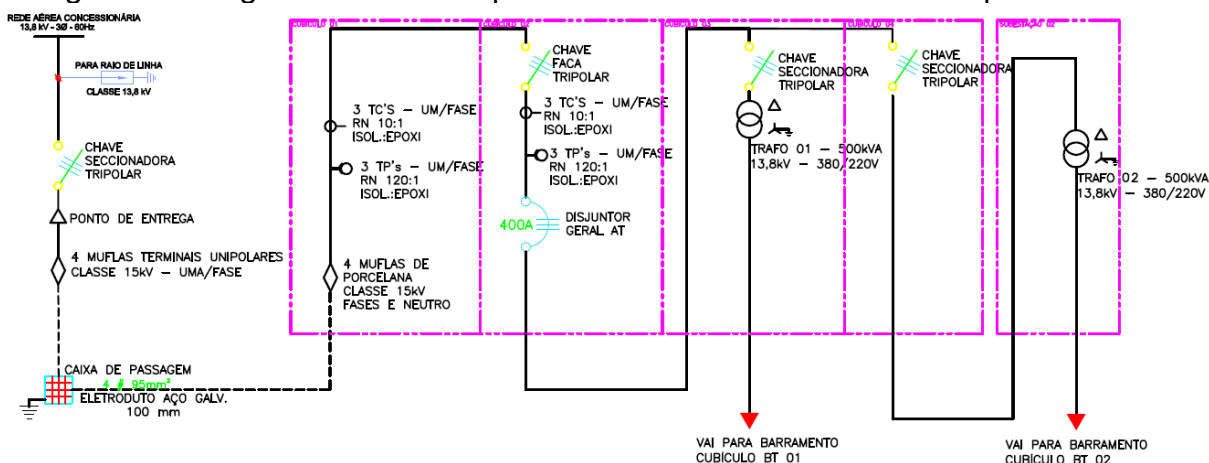
- a) O primeiro cubículo é dotado de muflas de porcelana, terminações e acessórios para conexão dos cabos e barramentos, equipamentos de

medição: TC e TP (um por fase). As muflas de porcelana recebem os cabos XLPE e os conectam nos barramentos de cobre que passam pelos TC's e TP's, conectados em série e em paralelo com o circuito, respectivamente, que por sua vez são conectados ao medidor de energia. Em seguida, o barramento prossegue para o segundo cubículo.

- b) O segundo cubículo é o local que abriga as chaves faca à montante do disjuntor geral de alta tensão, o próprio disjuntor geral de alta tensão, TP's, TC's e terminações e acessórios para conexão e fixação dos barramentos. Os barramentos oriundos do primeiro cubículo passam pelos TC's e TP's que por sua vez são conectados aos dispositivos de proteção (Relés de Curto Circuito e falta de fase). Assim, os circuitos de proteção e os barramentos são ligados, cada um em seu devido lugar, ao disjuntor geral de alta tensão, seguindo então em direção ao transformador que se encontra no terceiro cubículo.
- c) O terceiro cubículo é composto pelo transformador principal de 500 kVA (Trafo 01), chave seccionadora tripolar com base para fusível HH, muflas de porcelana, e terminações e acessórios para conexão de cabos. Os barramentos vindos do segundo cubículo passam pelas muflas presentes neste cubículo e são derivadas em duas partes. A primeira parte dos barramentos, passam pela chave seccionadora tripolar e posteriormente são conectadas nas buchas do primário do transformador ( $\Delta$ -Y). Já a segunda derivação prossegue para o quarto cubículo.
- d) O quarto cubículo possui chave seccionadora tripolar com base para fusível HH, muflas de porcelana, terminações e acessórios para conexão de cabos e eletroduto subterrâneo. A segunda derivação dos barramentos de 13,8 kV vindos do terceiro cubículo entram nas muflas presentes neste cubículo, passam pela chave seccionadora tripolar e posteriormente são conectados cabos com isolamento XLPE que levarão a alimentação até o transformador da segunda subestação (Trafo 02), também de 500 kVA, e que se encontra a 400 m distantes da primeira subestação.

As descrições acima mencionadas, podem ser melhor compreendidas a partir da Figura 8.

Figura 8 – Diagrama unifilar simplificado do sistema elétrico do empreendimento



Fonte: Elaborado pelo autor

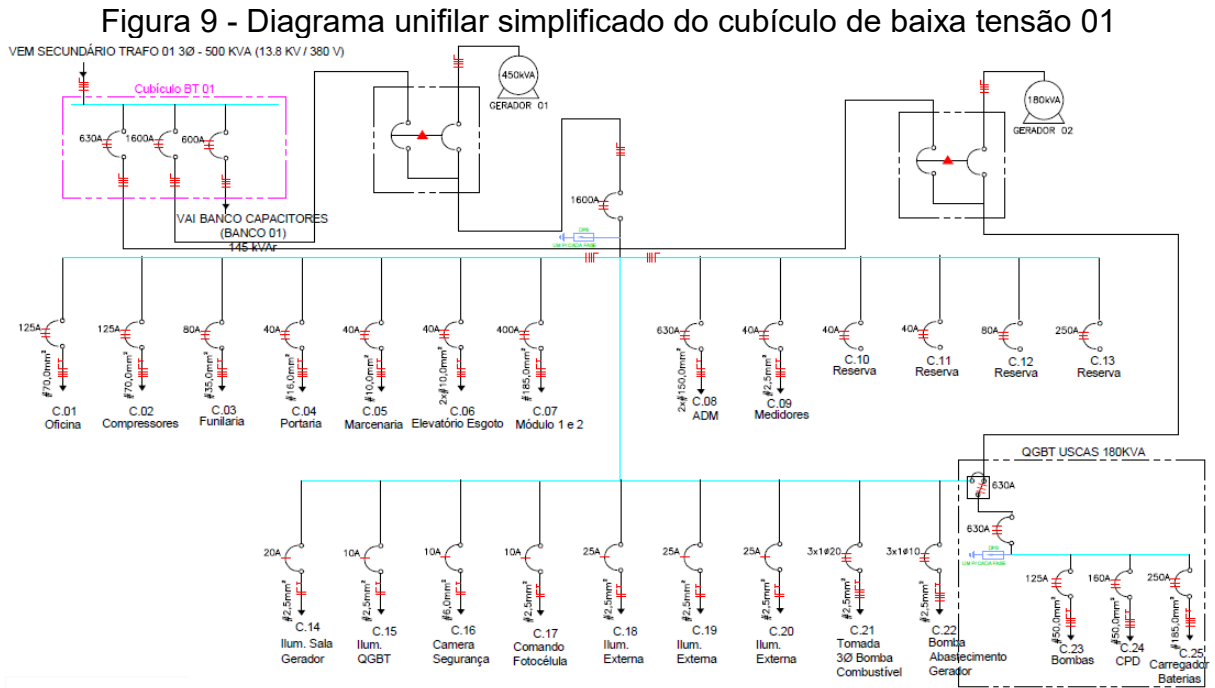
Em sequência será descrito o sistema dos dois cubículos de baixa tensão (Cubículos BT 01 e 02) e a interligação com os quadros de distribuição instaladas em todo sistema de energia.

**Cubículo BT 01:** Nesse cubículo chegam os cabos flexíveis que estão conectados nas buchas de baixa tensão do transformador (Trafo 01). Cada fase e o neutro são identificados como linha 1 (L1), linha 2 (L2), linha 3 (L3) e neutro (N), respectivamente. As fases e o neutro são conectadas a um barramento do qual derivam-se três disjuntores. O primeiro alimenta um o grupo de geradores de 180kVA. O segundo um grupo de geradores de 450kVA e o terceiro um banco de capacitores automáticos (Banco 01). Ambos grupos geradores estão conectados em paralelo com a rede de baixa tensão do Trafo 01 e são reservados para situações de emergência. Por fim, as ligações tanto do grupo gerador 450kVA quanto do grupo gerador 180 kVA, seguem para alimentação dos quadros de distribuição geral das edificações de estocagem de materiais, parte administrativa e outras unidades da empresa.

**Cubículo BT 02:** Após o rebaixamento de tensão para 380 V, de forma análoga ao que foi descrito no Cubículo BT 01, acima, são conectados cabos flexíveis nos terminais das fases e neutro da baixa tensão do transformador 2 (Trafo 02), ao segundo cubículo de baixa tensão (Cubículo BT 02), que é conectado a um barramento com dois disjuntores. O primeiro disjuntor alimenta um conjunto de geradores de 330kVA conectados em paralelo com a parte de baixa tensão do Trafo 02, e deste para o restante dos quadros de distribuição geral de cada edificação. O segundo disjuntor conecta o banco automático de capacitores (Banco 02).

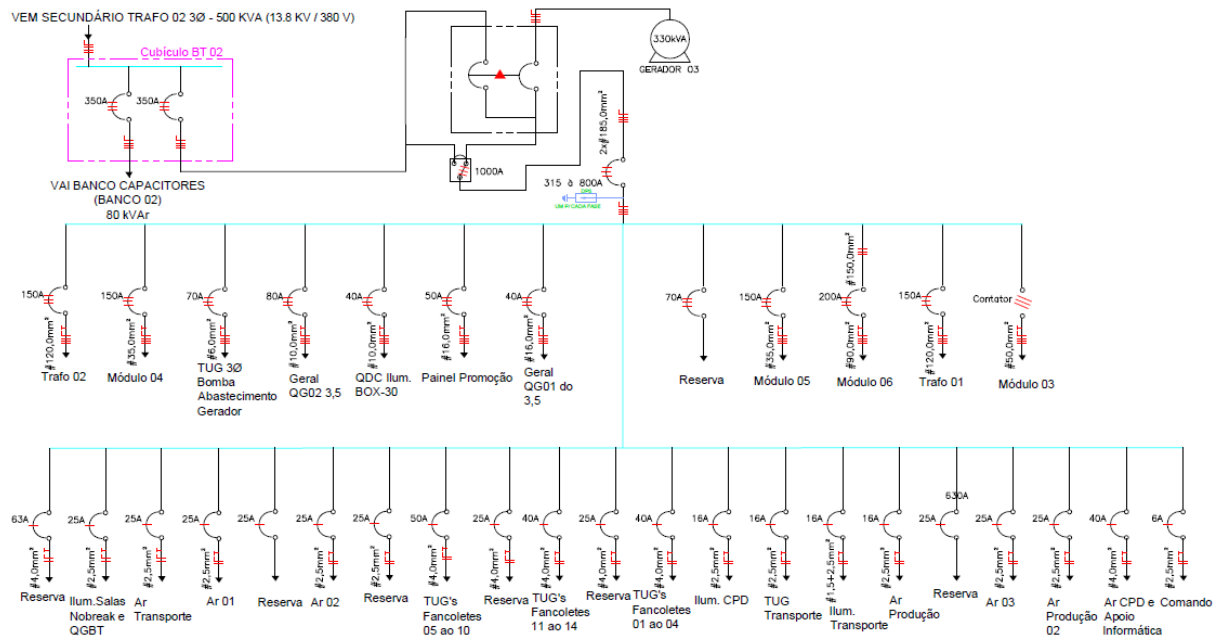


A disposição de quadros de distribuição e outras cargas alimentadas pelos Cubículos BT 01 e 02 poderá ser melhor compreendida visualizando o diagrama unifilar simplificado da instalação das Figuras 9 e 10.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Diagrama unifilar simplificado do cubículo de baixa tensão 02



Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2 ELABORAÇÃO DAS INSPEÇÕES

As inspeções são realizadas em campo de forma a eliminar ou minimizar falhas evitando quebras inesperadas que venham a prejudicar o bom funcionamento da instalação gerando lucro cessante. Em função deste fato, para se elaborar tais inspeções, houveram várias fases, sendo elas:

Fase 1: Foi elaborado uma listagem de todos os equipamentos eletromecânicos da empresa. Para cada equipamento foi pesquisado o catálogo geral, o catálogo de peças e desenhos básicos para compreender o funcionamento e as técnicas recomendadas de manutenção. Se não houver tais descrições, será consultado o fabricante sobre quais inspeções devem ser contempladas no plano de manutenção. E se ainda não for fornecido tais inspeções será elaborado um procedimento específico para realizar as inspeções ao equipamento.

Fase 2: Consulta técnica aos fabricantes dos equipamentos para obter os a listagem de inspeções e seus procedimentos dos equipamentos.

Fase 3: Consulta com o pessoal técnico da empresa como os eletricitas, técnicos e engenheiros da Manutenção. O objetivo é coletar mais informações dos tipos de defeitos já ocorridos ou mesmo vivenciados por eles em outras empresas para agregar a listagem das inspeções de cada equipamento. Se a empresa já

possuir um setor de planejamento de manutenção, deve-se enumerar todos os tipos de defeitos ocorridos em cada equipamento para compor um procedimento de inspeção temporária de forma a evitar os defeitos e quebras inesperadas do equipamento durante a operação.

Fase 4: De posse de todas as informações coletadas nas fases 1, 2 e 3 foi desenvolvido um *hall* de inspeções preventiva e preditiva para cada equipamento.

Fase 5: Com a relação de equipamentos foi possível dividir os equipamentos em famílias com suas respectivas classes de tensão para reduzir o número de inspeções a serem descritas, por exemplo, as inspeções de um motor de indução são as mesmas para qualquer motor deste tipo. Estas inspeções são chamadas de “inspeções padrão”.

Fase 6: As inspeções serão descritas neste trabalho compondo os seguintes campos:

- a) Área ou local da empresa;
- b) Data e hora de início e fim da inspeção;
- c) Nome do equipamento;
- d) Detalhamento do equipamento;
- e) Número do equipamento: pode ser o número de patrimônio da empresa ou o número que a manutenção identifica o mesmo. Também é chamado de TAG (etiqueta de identificação do equipamento). Taguear um equipamento significa numerá-lo de forma a identificá-lo;
- f) Nome da inspeção;
- g) Tipo de inspeção;
- h) Descrição de como realizar a manutenção;
- i) Periodicidade;
- j) Classificação dos níveis de urgência da inspeção em: A) Parada total do empreendimento; B) Para parte do empreendimento e C) Não para o empreendimento;
- k) Segurança: descrever sucintamente os EPI's necessários;
- l) Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários;
- m) Campo para notas gerais de observação do inspetor de manutenção;

n) Tipo de profissional necessário para realização do serviço e quantidade.

A sequência das inspeções segue o fluxo normal do diagrama unifilar a partir do ponto de conexão da concessionária.

Portanto, as inspeções serão feitas em campo de forma a minimizar falhas, quebras ou quaisquer outras eventualidades que venham a prejudicar o bom funcionamento da instalação. Em função deste fato, para se elaborar tais inspeções, é primordial levarmos em consideração alguns fatores como: nome do equipamento, detalhamento do equipamento, nome da inspeção, tipo de inspeção, periodicidade, descrição de como realizar a inspeção, classificação dos níveis de urgência da inspeção, equipamentos de segurança necessários, ferramental necessário, pessoal necessário para execução do serviço, se atentar a questões ambientais, entre outras notas. A estimativa do tempo executivo é dada de acordo com o tempo em que o equipamento já está em operação, e também, de acordo com o que é dialogado com funcionários técnicos e outras pessoas que convivem diariamente.

### **4.3 DESCRIÇÃO DAS INSPEÇÕES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO**

Para as inspeções realizadas anualmente, a cada três anos, semestralmente ou que exigem a parada programada ou emergencial, é necessário que ocorra o desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desligamento do circuito conforme NR10, a qual diz que só serão consideradas desenergizadas as instalações mediante procedimento apropriado, seguindo a sequência abaixo:

- a) Desligar: significa abrir efetivamente o circuito;
- b) Bloquear: significa travar por meios mecânicos (cadeado), um dispositivo de manobra fixo em determinada posição, de forma a impedir uma operação não autorizada;
- c) Testar: significa testar a ausência de tensão em cada uma das fases por meio de instrumento apropriado;
- d) Aterrar: significa executar através de dispositivos apropriados, uma ligação elétrica intencional dos condutores de fase a um potencial de terra, que deve ser mantida durante toda a intervenção;

- e) Proteger: significa verificar se existem circuitos energizados nas proximidades da intervenção, e se for o caso, instalar uma proteção isolante;
- f) Sinalizar: significa isolar a área corretamente através de fitas de segurança e cones;
- g) Identificar: significa utilizar etiquetas e avisos de segurança.

#### 4.3.1 SISTEMA DE ENTRADA DE ENERGIA

Como já foi descrito anteriormente, a energia desta empresa é fornecida pela concessionária e possui derivação em um poste que se encontra dentro da instalação. Sendo assim, temos os seguintes componentes à serem inspecionados: Poste, isoladores, chaves fusíveis, muflas, cruzeta, para-raios, eletroduto de descida e fiação.

Inspeção 01: Inspeção visual no Poste

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Poste em concreto armado de seção circular	
<b>Número do equipamento:</b> 01	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Poste, tipo M4, conforme Anexo V da Nota Técnica nº 304/2010-SRE/ANEEL, de 24/09/2010, e que sustenta materiais como: isoladores de disco de vidro, isoladores de pino, chaves fusíveis, muflas, cruzeta, para-raios, eletroduto de descida, ferragens de fixação e cabos de cobre nus da rede aérea da concessionária.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 01: Inspeção visual no Poste da concessionária	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar do local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
- quanto à erosão do terreno, verificar se águas servidas ou de chuva estejam solapando perigosamente a base do poste;	
- verificar se o poste se encontra fora de alinhamento, inclinado ou fletido. O poste que estiver fora do alinhamento, sem motivo justificável, deverá ser corrigido;	
- verificar o aspecto externo do poste, se há rachaduras e/ou trincas no concreto, se há ferragem exposta.	

Caso haja anomalias nas verificações, contatar a concessionária de energia responsável e solicitar ordem de serviço imediatamente para reparo ou substituição do poste.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Botina de segurança
- Luvas de borracha
- Óculos de proteção
- Capacete

O inspetor não deverá em hipótese alguma subir no poste ou realizar quaisquer reparos nele ou nos equipamentos que abrigam.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para se identificar as irregularidades no poste. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Para raio de rede primária - 13,8kV</p> <p><b>Número do equipamento:</b> 02</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Para raio, cujas características específicas são encontradas na norma técnica de distribuição ND53 da CEMIG.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 02/1: Inspeção visual no para raio</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Visual</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano</p> <p><b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar do local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de trincas ao longo da coluna de isoladores e o estado da base isolante;</li> <li>- Se o para raio apresenta sinais de ruptura ou rompimento causados por correntes acima da corrente suportada;</li> <li>- Se o para raio apresenta sinais de folga do cabo em seu terminal;</li> <li>- Conexões do aterramento da linha.</li> </ul> <p>Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para reparo ou substituição do para raio.</p>	
<p><b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b></p> <p>A. Parada total do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/></p>	
<p><b>Segurança:</b></p> <p>EPI's necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Capacete</li> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> </ul> <p>Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.</p>	

<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b> Binóculo
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b> Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.
<b>Notas:</b>

Inspeção 02/2: Inspeção termográfica no para raio

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Para raio de rede primária - 13,8kV	
<b>Número do equipamento:</b> 02	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Para raio de rede primária, cujas características específicas são encontradas na norma técnica de distribuição ND53 da CEMIG.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 02/2: Inspeção termográfica no para raio	
<b>Tipo de inspeção:</b> Termográfica	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar através de um termovisor, os pontos de temperaturas quentes nos terminais de conexão da fase com o para raio e dos resistores internos, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo</li> </ul>	



os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (quando possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em *software*. Após análise em *software*, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas acima do esperado nos terminais de conexão e na resistência interna, pode haver folga na fixação da fase no terminal do para raio e anomalias na resistência, dessa forma o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Termovisor e computador para análise dos termogramas.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente

para a realização da inspeção.

**Notas:**

Inspeção 03/1: Inspeção visual nos isoladores de topo/pino

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Isoladores de topo/pino - 13,8kV	
<b>Número do equipamento:</b> 03	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Isoladores tipo topo/pino para rede primária, dielétrico de cerâmica (porcelana), cujas características específicas são encontradas na Tabela 1 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 03/1: Inspeção visual nos isoladores de topo/pino	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de trincas, rachaduras, lascas, quebrados e chamuscados.</li> <li>- Quanto a instalação, verificar ainda se os isoladores aparentam estar desenroscados, com pinos tortos ou oxidados e com amarrações frouxas.</li> </ul> <p>Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.</p>	
<b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b>	



<p>A. Parada total do empreendimento</p> <p>B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Segurança</b></p> <p>EPI's necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Capacete</li> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> </ul> <p>Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.</p>
<p><b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b></p> <p>Binóculo</p>
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

Inspeção 03/2: Inspeção termográfica nos isoladores de topo/pino

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Isoladores de topo/pino - 13,8kV	

**Número do equipamento:** 03

**Detalhamento do equipamento:** Isoladores tipo topo/pino para rede primária, dielétrico de cerâmica (porcelana), cujas características específicas são encontradas na Tabela 1 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.

**Nome da inspeção:** Inspeção 03/2: Inspeção termográfica nos isoladores de topo/pino

**Tipo de inspeção:** Termográfica

**Periodicidade da inspeção:** Uma vez ao ano

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão do isolador, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (quando possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em *software*. Após análise em *software*, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas acima do esperado nos terminais de conexão (temperatura do conector for superior à temperatura do condutor) o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

A. Parada total do empreendimento

B. Para parte do empreendimento

C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas

- Capacete

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> </ul> <p>Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.</p>
<p><b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b></p> <p>Termovisor e computador para análise dos termogramas.</p>
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

Inspeção 04/1: Inspeção visual nas chaves fusíveis

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Chave Fusível com corpo de porcelana- 13,8kV</p> <p>Número do equipamento: 04</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Chaves fusíveis com corpo de porcelana para rede primária, cujas características específicas são encontradas na Tabela 2 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 04/1: Inspeção visual nas chaves fusíveis</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Visual</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano</p>	

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de trincas, rachaduras, lascas, quebrados e chamuscados, as condições da ferragem de fixação e sustentação (parafusos frouxos, ausência de porcas, oxidação entre outros);
- Verificar ainda se as chaves fusíveis aparentam estar nas posições corretas da cruzeta, verificar se o espaçamento entre as chaves aparenta estar correto;
- Verificar o estado do cartucho porta fusível (se está queimado e se aparenta estar com mau contato).

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**

--

Inspeção 04/2: Inspeção termográfica nas chaves fusíveis

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Chave Fusível com corpo de porcelana- 13,8kV</p> <p><b>Número do equipamento:</b> 04</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Chaves fusíveis com corpo de porcelana para rede primária, cujas características específicas são encontradas na Tabela 2 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 04/2: Inspeção termográfica nas chaves fusíveis</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Termográfica</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano</p> <p><b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão das chaves fusíveis, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (quando possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em <i>software</i>. Após análise em <i>software</i>, tomar nota dos resultados. Se possuir</li> </ul>	

temperaturas acima do esperado nos terminais de conexão (temperatura do conector for superior à temperatura do condutor) o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Termovisor e computador para análise do termograma.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**



Inspeção 05: Inspeção visual na cruzeta

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Cruzeta de madeira - 13,8kV</p> <p><b>Número do equipamento:</b> 05</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Cruzeta de madeira responsável por acomodar todos os materiais e equipamentos de rede primária necessários.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 05: Inspeção visual na cruzeta</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Visual</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano</p> <p><b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se as cruzetas estão inclinadas ou deslocadas de sua situação normal;</li> <li>- Verificar se as cruzetas possuem sinais de queimaduras, rachaduras, surgimento de lascas e podridão.</li> </ul> <p>Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.</p>	
<p><b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b></p> <p>A. Parada total do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/></p>	
<p><b>Segurança:</b></p> <p>EPI's necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Capacete</li> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> </ul> <p>Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.</p>	

<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b> Binóculo
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b> Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.
<b>Notas:</b>

Inspeção 06/1: Inspeção visual nas Muflas

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Mufla terminal contrátil à frio - 13,8kV Número do equipamento: 06	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Mufla terminal contrátil para rede primária.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 06/1: Inspeção visual nas Muflas	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de rachaduras e ressecamento do material;</li> <li>- Verificar se a mufla terminal se encontra bem conectada ao condutor.</li> </ul>	
Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para	

reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**

Inspeção 06/2: Inspeção utilizando ultrassom nas Muflas

**Área / Local da empresa:** Área Externa – Poste Derivação da concessionária

<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Mufla terminal contrátil à frio - 13,8kV</p> <p>Número do equipamento: 06</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Mufla terminal contrátil para rede primária.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 06/2: Inspeção utilizando ultrassom nas Muflas</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Ultrassonografia</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano</p> <p><b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:</p> <p>- Verificar através de um ultrassom, as ondas ultrassônicas provocadas por emissões elétricas (fiscamentos, efeito corona e arco elétrico) nas muflas terminais, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes ultrassônicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no ultrassom; Realizar a inspeção em três pontos diferentes separados por um ângulo de 120 graus (quando possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das três posições de inspeção; Tomar nota dos resultados. Se possuir anomalias acima do esperado o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.</p>	
<p><b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b></p> <p>A. Parada total do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/></p>	
<p><b>Segurança:</b></p> <p>EPI's necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Capacete</li> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> </ul> <p>Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do</p>	

equipamento.
<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b> Ultrassom
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b> Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.
<b>Notas:</b>

Inspeção 07: Inspeção visual do eletroduto de descida e fiação (fases L1, L2, L3 e neutro N)

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Eletroduto de descida Número do equipamento: 07	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Eletroduto de descida de diâmetro nominal de 100mm de aço por imersão a quente, cujas características específicas são encontradas na norma técnica de distribuição ND53 da CEMIG.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 07	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	

- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de oxidações;
- Verificar ainda as condições da vedação presente no orifício de entrada do eletroduto;
- Verificar se o eletroduto está firmemente fixado no poste e se está aterrado;
- Quanto as fiações (fases L1, L2, L3 e neutro N), verificar suas condições de isolamento e se toda a fiação está passando pelo eletroduto.

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**

--

Inspeção 08/1: Inspeção visual dos Isoladores de disco

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Isoladores de disco - 13,8kV	
<b>Número do equipamento:</b> 08	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Isoladores de disco para rede primária, dielétrico de cerâmica (porcelana), cujas características específicas são encontradas na Tabela 3 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 08/1: Inspeção visual dos Isoladores de disco	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de trincas, rachaduras, lascas, quebrados e chamuscados.</li> <li>- Quanto a instalação, verificar ainda se os isoladores aparentam estar desenroscados, com pinos tortos ou oxidados e com amarrações frouxas.</li> </ul> <p>Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e entrar em contato com a concessionária de energia responsável imediatamente e abrir ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.</p>	
<b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b>	
A. Parada total do empreendimento	<input type="checkbox"/>
B. Para parte do empreendimento	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

<b>C. Não para o empreendimento</b>	
<b>Segurança</b>	
EPI's necessários:	
- Luvas	
- Capacete	
- Botina de segurança	
- Óculos de segurança	
Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do equipamento.	
<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b>	
Binóculo	
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b>	
Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.	
<b>Notas:</b>	

Inspeção 08/2: Inspeção termográfica dos Isoladores de disco

<b>Área / Local da empresa:</b> Área Externa – Poste Derivação da concessionária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Isoladores de disco - 13,8kV	
<b>Número do equipamento:</b> 08	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Isoladores de disco para rede primária, dielétrico	



de cerâmica (porcelana), cujas características específicas são encontradas na Tabela 3 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.

**Nome da inspeção:** Inspeção 08/2: Inspeção termográfica dos isoladores de disco

**Tipo de inspeção:** Termográfica

**Periodicidade da inspeção:** Uma vez ao ano

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão do isolador, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma; Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em *software*. Após análise em software, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas acima do esperado nos terminais de conexão (temperatura do conector for superior à temperatura do condutor) o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

Em hipótese alguma o inspetor deverá subir no poste, efetuar o reparo/troca do

equipamento.
<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b> Termovisor e computador para análise dos termogramas.
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b> Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.
<b>Notas:</b>

### 4.3.2 SUBESTAÇÃO CLASSE 15KV - TRAF0 01 E TRAF0 02

#### 4.3.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DA SUBESTAÇÃO PRINCIPAL

Ver Figura 8 na seção 5.1 deste Trabalho.

#### 4.3.2.2 SISTEMA DE FORÇA

Todas as inspeções que serão apresentadas nesta seção, são comuns à ambos transformadores (Trafo 01 e Trafo 02).

Inspeção 09/1: Inspeção visual no transformador quanto a registros operacionais

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de	

500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.

**Nome da inspeção:** Inspeção 09/1: Inspeção visual no transformador quanto a registros operacionais

**Tipo de inspeção:** Visual

**Periodicidade da inspeção:** Diariamente

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos de registros operacionais segundo manual WEG-Rev01-2010:

- indicadores de temperatura (anotar temperatura ambiente);
- indicador de nível de óleo;
- carga e tensão do transformador.

Os registros operacionais devem ser obtidos através das leituras dos instrumentos indicadores, das ocorrências extraordinárias relacionadas com o transformador, assim como todo evento relacionado ou não com a operação do sistema elétrico e que possa afetar o desempenho e/ou características intrínsecas do equipamento.

Se possuir temperaturas excessivas dos conectores, e/ou do óleo, e/ou dos enrolamentos, o inspetor deverá solicitar desligamento imediato do equipamento. Se possuir temperaturas que não oferecem riscos imediatos, estes desligamentos deverão ser efetuados no menor prazo possível dentro das condições operacionais do sistema, isto é, o inspetor deverá abrir ordem de serviço para desligamento programado.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

<p>- Protetor auricular</p> <p>Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.</p> <p>Em hipótese alguma o inspetor deverá efetuar o reparo/troca do equipamento.</p>
<p><b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b></p> <p>Binóculo (se necessário)</p>
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

Inspeção 09/2: Inspeção termográfica no transformador

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V )	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/2: Inspeção termográfica no transformador	
<b>Tipo de inspeção:</b> Termografia	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> A cada três meses	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e	

verificar os seguintes aspectos:

- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão do transformador, no óleo, nos enrolamentos, assim como anotar os valores das correntes elétricas tanto nas fases da parte de alta, quanto nas fases da parte de baixa, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação e de cada fase da parte de baixa tensão, incluindo o neutro, indicadas nos medidores de baixa tensão; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (se possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em *software*. Após análise em software, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas excessivas dos conectores, e/ou do óleo, e/ou dos enrolamentos, o inspetor deverá solicitar desligamento imediato do equipamento. Se possuir temperaturas que não oferecem riscos imediatos, estes desligamentos deverão ser efetuados no menor prazo possível dentro das condições operacionais do sistema, isto é, o inspetor deverá abrir ordem de serviço para desligamento programado.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

Em hipótese alguma o inspetor deverá efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Termovisor e computador para análise dos termogramas.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**

Inspeção 09/3: Inspeção visual geral do transformador - Semestral

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)

**Número do equipamento:** 09

**Detalhamento do equipamento:** Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.

**Nome da inspeção:** Inspeção 09/3: Inspeção visual geral do transformador - Semestral

**Tipo de inspeção:** Visual

**Periodicidade da inspeção:** Semestrais

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos de acordo com o manual do fabricante WEG-Rev01-

2010:

- Buchas: verificar vazamentos, nível do óleo isolante.
- Tanque e radiadores: verificar vazamentos na tampa, nos radiadores, no comutador de derivações, nos registros e bujões de drenagem; estado da pintura; se há oxidação; estado dos indicadores de pressão (para transformadores selados); verificar nivelamento da base e se há trincas; verificar ainda posição das válvulas dos radiadores.
- Conservador: verificar se há vazamentos e nível do óleo isolante.
- Termômetros de óleo e/ou enrolamento: verificar o funcionamento dos indicadores de temperatura; estado da pintura e se há oxidações.
- Sistema de ventilação: verificar se há vedação a intempéries; pás e grades de proteção; situação do acionamento manual; circuitos de alimentação.
- Sistema de circulação de óleo: verificar vazamento na bomba de circulação forçada de óleo; situação dos circuitos de comando, controle e alimentação; indicador de fluxo; pressostatos.
- Secador de ar: verificar o estado de conservação; aspectos de limpeza e nível de óleo da cuba; estado das juntas e vedação; condições da sílica-gel (se estiver contaminada com óleo ela deve ser substituída).
- Relé de gás: verificar se há presença de gás no visor; se há vazamento de óleo; condições das juntas. (se houver)
- Relé de pressão súbita: verificar se há vazamentos; condições das juntas. (se houver)
- Comutadores de derivações: verificar nível de óleo do compartimento do comutador; condições de limpeza, umidade, juntas de vedação, e trincas da caixa do acionamento motorizado; motor e circuito de alimentação; fiação.
- Caixas de terminais da fiação de controle e proteção: verificar aspectos de limpeza, estado da fiação e dos blocos terminais; estado das juntas de vedação, se há trincos; estado do resistor de aquecimento e da iluminação interna; se está bem fixado; se possui corrosão; se possui orifícios para aeração.
- Ligações externas: verificação dos circuitos de alimentação externos.

Caso haja anomalias nas verificações acima, tais como: ruído interno anormal, vazamento significativo de óleo, atuação do relé de gás, entre outros fatores que

coloquem o equipamento e a instalação em risco iminente, tomar nota, e o inspetor deverá exigir o desligamento imediato do equipamento.

Caso haja anomalias nas verificações acima, tais como: vazamento de óleo que não oferece risco imediato de abaixamento perigoso do nível, desnivelamento da base, irregularidades no funcionamento do comutador de derivações em carga, trincas ou quebras do diafragma de válvula de segurança, defeitos nos acessórios de proteção e sinalização, entre outros fatores que não ofereçam riscos imediatos, tomar nota, e o inspetor deverá abrir ordem de serviço para o desligamento programado do equipamento, e serem efetuados reparos e/ou substituições de peças.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

Em hipótese alguma o inspetor deverá efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo (se necessário)

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.



**Notas:**

Inspeção 09/4: Inspeção visual geral do transformador - Trimestral

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/4: Inspeção visual geral do transformador - Trimestral	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Trimestral	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos de acordo com o manual do fabricante WEG-Rev01-2010:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buchas: verificar trincas ou partes quebradas, inclusive no visor do óleo; fixação; condição de alinhamento dos centelhadores; condições dos conectores, cabos e barramentos; verificar aspectos de limpeza das porcelanas.</li> <li>- Tanque e radiadores: verificar todas as conexões de aterramento.</li> <li>- Conservador: verificar se o registro entre conservador e o tanque está totalmente aberto.</li> <li>- Termômetros de óleo e/ou enrolamento: verificar o estado dos tubos capilares dos</li> </ul>	

termômetros; calibração e aferição; nível de óleo na bolsa.

- Dispositivo de alívio de pressão: verificar membrana (se for tipo tubular) ou verificar funcionamento do microrruptor (se for tipo válvula). Para verificação do funcionamento físico da válvula, esta deve ser desmontada e ensaiada em dispositivo apropriado.
- Relé de gás: verificar os aspectos de limpeza do visor; condições da fiação e do sistema de atuação (alarme e desligamento).
- Relé de pressão súbita: verificar a condição dos contatores tipo plugue.
- Comutadores de derivações: verificar estado geral e condições de funcionamento (apenas quando ocorrer parada do equipamento).
- Caixas de terminais da fiação de controle e proteção: verificar aspecto dos contatores, fusíveis, relés e chaves, assim como isolação da fiação; verificar ainda o aterramento do secundário dos TC's; condições das régua de bornes; identificação da fiação e componentes.
- Ligações externas: verificação do aterramento.

Caso haja anomalias nas verificações acima, tais como: ruído interno anormal, vazamento significativo de óleo, atuação do relé de gás, entre outros fatores que coloquem o equipamento e a instalação em risco iminente, tomar nota, e o inspetor deverá exigir o desligamento imediato do equipamento.

Caso haja anomalias nas verificações acima, tais como: vazamento de óleo que não oferece risco imediato de abaixamento perigoso do nível, desnivelamento da base, irregularidades no funcionamento do comutador de derivações em carga, trincas ou quebras do diafragma de válvula de segurança, defeitos nos acessórios de proteção e sinalização, entre outros fatores que não ofereçam riscos imediatos, tomar nota, e o inspetor deverá abrir ordem de serviço para o desligamento programado do equipamento, e serem efetuados reparos e/ou substituições de peças.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

**EPI's necessários:**

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

Em hipótese alguma o inspetor deverá efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo (se necessário)

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização da inspeção.

**Notas:**

Inspeção 09/5: Processo de retirada do óleo do transformador - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Transformador 500kVA – ( 13,8kV - 380V )

**Número do equipamento:** 09

**Detalhamento do equipamento:** Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.

**Nome da inspeção:** Inspeção 09/5: Processo de retirada do óleo do transformador - Anual

**Tipo de inspeção:** Retirada do óleo do transformador

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, apropriar ao local da inspeção e realizar os seguintes procedimentos:

- a) Utilização de luvas pelo inspetor para evitar a contaminação das amostras;
- b) Utilização de materiais absorventes para evitar qualquer contato do óleo com o solo;
- c) Limpeza adequada da válvula com papel absorvente antes de colher as amostras;
- d) Colocar um recipiente de descarte em baixo da válvula onde se retirará a amostra durante todo o processo. Abrir o tampão com ferramenta adequada;
- e) Realizar a conexão de um conector específico na válvula por meio de ferramental correto e fixar a mangueira no mesmo;
- f) Abrir o registro da válvula e drenar uma quantidade razoável do óleo para o recipiente de descarte, evitando dessa forma, a contaminação das amostras a serem recolhidas por umidade do ar ou outras partículas;
- g) Fazer uma pré-lavagem do frasco de amostra com o próprio óleo e posteriormente descartá-lo no recipiente de descarte. Feito isso, encher novamente o frasco até o topo, deixando uma quantidade mínima de espaço para evitar a penetração de umidade;
- h) Conectar a seringa na mangueira através de conectores adequados e repetir a *etapa g*);
- i) Se houver formação de bolhas na amostra, o inspetor deverá colocar a seringa na posição vertical e retirar o excesso dessas bolhas;
- j) Feito isso, fechar a válvula de três vias da seringa, limpá-la com papel absorvente e guardá-la em caixa de papelão. O inspetor deverá se atentar a

não colocar a seringa diretamente no chão para evitar eventuais contaminações;

k) Fechar o tampão da válvula;

l) Etiquetar as amostras conforme Anexo E da norma ABNT NBR 7070/1981;

m) Enviar amostras recolhidas para análise em laboratório.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

A. Parada total do empreendimento

B. Para parte do empreendimento

C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas

- Capacete

- Botina de segurança

- Óculos de segurança

- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Luvas específicas para colher amostras e evitar contaminação, kit específico para retirada de óleo (mangueira, conectores, frascos e seringas), papel absorvente, recipientes de plástico para descarte, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção, um que irá colher as amostras e outro para auxiliar o trabalho.

**Notas:**

Inspeção 09/6: Análise do óleo do transformador - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/6: Análise do óleo do transformador - Anual	
<b>Tipo de inspeção:</b> Análise do óleo do transformador	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, enviar juntamente com as amostras colhidas na Inspeção 09/5, este documento solicitando as análises físico-químicas do óleo isolante de acordo com tabela de valores normalizados para óleo isolante de acordo com a ABNT NBR 10576 - 2006, assim como a tabela de ações a serem tomadas, recomendados pelo manual do fabricante WEG-Rev01-2010 de acordo com a <i>Tabela 4</i> e <i>Tabela 5</i> da seção Anexos ao fim deste trabalho. As análises são:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rigidez dielétrica;</li> <li>- Teor de umidade;</li> </ul>	

- Fator de potência;
- Índice de neutralização;
- Ponto de fulgor;
- Densidade.

Ao se receber os resultados da análise solicitada, caso haja recomendações a serem feitas com o óleo isolante, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Luvas específicas para colher amostras e evitar contaminação, caixa de ferramentas, kit específico para retirada de óleo (mangueira, conectores, frascos e seringas), papel absorvente, recipientes de plástico para descarte, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

--

Inspeção 09/7: Cromatografia do óleo isolante do transformador - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V )	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/7: Cromatografia do óleo isolante do transformador - Anual	
<b>Tipo de inspeção:</b> Cromatografia Gasosa	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, enviar juntamente com as amostras colhidas na Inspeção 09/5, este documento solicitando a análise cromatográfica do óleo isolante de acordo com as normas NBR 7274 - 2012 e NBR 7070 - 1981. A <i>Figura 11</i> em anexo ao fim deste trabalho, retrata os valores normalizados dos principais gases presentes no óleo e os associa à problemas típicos que podem estar ocorrendo ao equipamento. Se os resultados da análise solicitada possuírem perfis semelhantes aos que são mostrados na <i>Figura 11</i> , o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.	
<b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b>	





A. Parada total do empreendimento
B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/>
C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/>
<b>Segurança:</b> EPI's necessários: <ul style="list-style-type: none"><li>- Luvas</li><li>- Capacete</li><li>- Botina de segurança</li><li>- Óculos de segurança</li><li>- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)</li></ul> Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.
<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b> Luvas específicas para colher amostras e evitar contaminação, caixa de ferramentas, kit específico para retirada de óleo (mangueira, conectores, frascos e seringas), papel absorvente, recipientes de plástico para descarte, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b> Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.
<b>Notas:</b>

Inspeção 09/8: Relação do número de espiras do transformador - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/8: Relação do número de espiras do transformador - Anual	
<b>Tipo de inspeção:</b> Relação de transformação	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, realizar a inspeção por meio de um instrumento específico para este fim, o TTR ( <i>Transformer Turns Ratio</i> ) trifásico, de acordo com o manual do TTR320 da Megger (2008):	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desconectar todos os terminais de conexão das buchas do transformador (H1, H2 e H3), assim como as conexões da parte de baixa tensão (X0, X1, X2 e X3);</li> <li>b) Calcular a relação de transformação nominal do equipamento em teste através da fórmula: <math>Rn = \frac{V1}{V2/\sqrt{3}}</math>, onde: Rn é a relação de transformação nominal do transformador, V1 é a tensão primária no enrolamento de alta e V2 é a tensão secundária no enrolamento de baixa;</li> <li>c) Conectar os condutores de excitação X0, X1, X2 e X3 do TTR aos terminais de baixa tensão do transformador. De forma análoga, fazer o mesmo aos condutores de excitação H1, H2 e H3 aos terminais de alta tensão;</li> <li>d) Ligar o TTR;</li> <li>e) Realizar as medições e tomar nota dos valores encontrados.</li> </ul>	
Se os resultados do teste não corresponderem ao valor da relação de transformação nominal do transformador, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a	

solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

TTR (*Transformer Turns Ratio*), cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 09/9: Resistência do isolamento com corrente contínua - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/9: Resistência do isolamento com corrente contínua - Anual	
<b>Tipo de inspeção:</b> Isolamento do transformador com corrente contínua	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, antes de realizar as medições, esperar pelo menos um tempo de três horas à temperatura ambiente para que haja equilíbrio térmico e, dessa forma, a temperatura dos enrolamentos a frio pode ser considerada igual à temperatura média do óleo. Segundo a ABNT NBR 5356-1:2007, para este transformador, a temperatura média do óleo referida pode ser considerada como sendo apenas a temperatura do topo do óleo. Esta inspeção deverá ser realizada por meio de um instrumento específico para este fim, o Megaohmímetro, de acordo com as seguintes etapas:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desconectar todos os terminais de conexão das buchas do transformador (H1, H2 e H3), assim como as conexões da parte de baixa tensão (X0, X1, X2 e X3);</li> <li>b) Colocar os terminais de cada enrolamento (primário e secundário) do transformador sob mesmo potencial (“curto-circuitar”);</li> <li>c) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Enrolamento de alta tensão com enrolamento de baixa tensão (aterrado), Enrolamento de baixa tensão com enrolamento de alta tensão (aterrado), Enrolamentos de alta e baixa tensão com a terra, Enrolamento de alta tensão com a terra (enrolamento de baixa tensão ligado à blindagem), Enrolamento de baixa</li> </ul>	

<p>tensão com a terra (enrolamento de alta tensão ligado à blindagem);</p> <p>d) Para cada uma das ligações descritas no item c), ligar o Megaohmímetro de 1000 V por um tempo de um minuto e aguardar o término das medições;</p> <p>e) Tomar nota dos valores lidos no Megaohmímetro, do valor de tensão aplicado e também dos valores de temperatura do enrolamento sobre ensaio.</p> <p>Se os resultados do teste não corresponderem aos valores de resistência mínima, estabelecidas pelo manual do instrumento, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.</p>
<p><b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b></p> <p>A. Parada total do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Segurança:</b></p> <p>EPI's necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Capacete</li> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> <li>- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)</li> </ul> <p>Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.</p>
<p><b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b></p> <p>Megaohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.</p>
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

--

Inspeção 09/10: Resistência ôhmica dos enrolamentos do transformador - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/10: Resistência ôhmica dos enrolamentos do transformador - Anual	
<b>Tipo de inspeção:</b> Teste da resistência dos enrolamentos	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, antes de realizar as medições, esperar pelo menos um tempo de três horas à temperatura ambiente para que haja equilíbrio térmico e, dessa forma, a temperatura dos enrolamentos a frio pode ser considerada igual à temperatura média do óleo. Segundo a ABNT NBR 5356-1:2007, para este transformador, a temperatura média do óleo referida pode ser considerada como sendo apenas a temperatura do topo do óleo. Para se realizar esta medição, o inspetor deverá efetua-la com corrente contínua pelo método da queda de tensão estabelecida pela ABNT NBR 5356-1:2007 de acordo com as seguintes etapas:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desconectar todas as conexões de barramento das buchas do transformador, assim como os cabos dos terminais de baixa tensão;</li> </ul>	

- b) Realizar as conexões entre o instrumento e os seguintes terminais: H1-H2, H1-H3, H2-H3, X0-X1, X0-X2 e X0-X3. Para cada uma dessas conexões, realizar as etapas c), d), e), f) e g) abaixo;
- c) Aplicar com uma fonte de corrente contínua uma corrente de no máximo 15% da corrente nominal suportada pelo enrolamento;
- d) Realizar as medições tanto do voltímetro quanto do amperímetro ao mesmo tempo;
- e) O inspetor deverá calcular a resistência conforme a Lei de Ohm:

$$R = \frac{V}{I - \left(\frac{V}{Rv}\right)}$$

,onde  $R$  é a resistência do enrolamento a ser calculada,  $V$  é a tensão medida pelo voltímetro,  $I$  é a corrente medida pelo amperímetro e  $Rv$  é o valor da resistência interna do voltímetro;

- f) Efetuar as medições pelo menos cinco vezes com valores de corrente elétrica diferentes. Feito isso, fazer a média aritmética dos valores obtidos e desprezar os valores com diferenças maiores que 1% do valor medido;
- g) Os valores de resistência medidos à temperatura ambiente, devem ser comparados à valores normativos conforme *Tabela 6* nos Anexos ao fim deste trabalho e conforme método descrito no Anexo D da ABNT NBR 5356-1:2007.

Se os resultados do teste não corresponderem ao que foi descrito no item g), acima, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança

- Óculos de segurança  
 - Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)  
 Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Fonte externa de corrente contínua, cabos para conexão, voltímetro e amperímetro, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 09/11: Medição do fator de potência do isolamento - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Transformador 500kVA – (13,8kV - 380V)	
<b>Número do equipamento:</b> 09	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador à óleo com potência nominal de 500kVA; delta-estrela (aterrado); tensão de entrada de 13,8kV e tensão de saída de 380V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 09/11: Medição do fator de potência do isolamento -	



Anual

**Tipo de inspeção:** Fator de potência do Isolamento do transformador

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, antes de realizar as medições, esperar pelo menos um tempo de três horas à temperatura ambiente para que haja equilíbrio térmico e, dessa forma, a temperatura dos enrolamentos a frio pode ser considerada igual à temperatura média do óleo. Segundo a ABNT NBR 5356-1:2007, para este transformador, a temperatura média do óleo referida pode ser considerada como sendo apenas a temperatura do topo do óleo. Para se realizar esta medição, o inspetor deverá efetua-la com frequência de 60Hz utilizando o método do voltímetro e do amperímetro, seguindo as seguintes etapas:

- a) Desconectar todas as conexões de barramento das buchas do transformador, assim como os cabos dos terminais de baixa tensão;
- b) Curto circuitar todos os enrolamentos;
- c) Aterrar o instrumento;
- d) Selecionar o tipo de medição do instrumento;
- e) Verificar se a temperatura do óleo e dos enrolamentos se encontram a uma temperatura tão próxima quanto possível de 20°C;
- f) Verificar se todas as ligações foram feitas de acordo com o item j) abaixo;
- g) Ligar o instrumento de medição;
- h) Aplicar tensão entre 2,5 kV e 5 kV para enrolamentos de tensão máxima do equipamento igual à 1,2 kV, e tensão entre 2,5 kV e 10 kV para enrolamentos de tensão máxima do equipamento superior à 1,2 kV;
- i) Realizar e tomar nota das leituras de potência ativa e reativa indicadas. De forma análoga, inverter a polaridade e realizar novamente as leituras de potência ativa e reativa;
- j) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Enrolamento de alta tensão com enrolamento de baixa tensão (aterrado), Enrolamento de baixa tensão com enrolamento de alta tensão (aterrado), Enrolamentos de alta e baixa tensão com a terra, Enrolamento de alta tensão com a terra (enrolamento de baixa tensão ligado à blindagem), Enrolamento de baixa

tensão com a terra (enrolamento de alta tensão ligado à blindagem);

- k) Devem ser considerados os fatores de correção do fator de potência medido, pois em função da temperatura, eles dependem dos materiais isolantes de sua estrutura. Sendo assim, o fator de potência corrigido é a razão entre o fator de potência medido e o fator de correção  $K$ , normatizado conforme *Tabela 7* na seção Anexos ao fim deste trabalho.

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores normalizados, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Instrumento para medição do fator de potência do isolamento, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

--

### 4.3.2.3 SISTEMA DE MUFLAS

Inspeção 10/1: Inspeção visual nas muflas de porcelana

Área / Local da empresa: Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Mufla de Porcelana - 13,8kV	
<b>Número do equipamento:</b> 10	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Mufla para rede primária, classe de tensão 15 kV, localizada no cubículo de entrada da subestação, dielétrico de cerâmica (porcelana), cujas características específicas são encontradas na Tabela 3 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 10/1: Inspeção visual nas muflas de porcelana	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de trincas, rachaduras, lascas, quebrados e chamuscados.</li> <li>- Quanto a instalação, verificar ainda se as muflas aparentam estar desenroscadas, com pinos tortos ou oxidados, com amarrações frouxas e com necessidades de reapertos.</li> </ul>	
Caso haja anomalias nas verificações, o inspetor deverá tomar nota e abrir ordem de serviço para reparo, substituição, limpeza e reapertos do equipamento.	
<b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b>	
A. Parada total do empreendimento	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>



**Detalhamento do equipamento:** Mufla para rede primária, classe de tensão 15 kV, localizada no cubículo de entrada da subestação, dielétrico de cerâmica (porcelana), cujas características específicas são encontradas na Tabela 3 da seção Anexos, ao fim deste trabalho.

**Nome da inspeção:** Inspeção 10/2: Inspeção termográfica nas muflas da subestação

**Tipo de inspeção:** Termográfica

**Periodicidade da inspeção:** Uma vez ao ano

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão da mufla, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (quando possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em *software*. Após análise em *software*, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas acima do esperado nos terminais de conexão (temperatura do conector for superior à temperatura do condutor), o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Óculos de segurança</li> <li>- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)</li> </ul> <p>O inspetor não deverá ultrapassar a grade de proteção do cubículo para este tipo de inspeção, tampouco manobrar qualquer dispositivo presente no recinto.</p>
<p><b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b></p> <p>Termovisor e computador para análise dos termogramas.</p>
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

#### 4.3.2.4 SISTEMA DE MEDIÇÃO - ENERGIA ATIVA E REATIVA

Inspeção 11/1: Inspeção visual dos quadros de medição da subestação

Área / Local da empresa: Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Quadro de Medição de energia CM-4</p> <p><b>Número do equipamento:</b> 11</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Caixa para medidores polifásicos e chave de aferição usada para medições indiretas, feitas de chapa de aço com espessura mínima de 1,2 mm. Possuem em sua tampa, visor de policarbonato com espessura mínima de 2 mm. Todas as especificações técnicas referentes a este e outros quadros/caixas de medição ou proteção, são encontradas no documento <i>Especificação Técnica de Caixas para Medição, Proteção e Derivação N°02.118</i></p>	

CM/MD 001B – CEMIG.

**Nome da inspeção:** Inspeção 11/1: Inspeção visual dos quadros de medição da subestação

**Tipo de inspeção:** Visual

**Periodicidade da inspeção:** Uma vez ao ano

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, características e acabamento dos componentes e acessórios;
- Verificar ainda se há existência de oxidações nas caixas e suas condições de pintura.
- Verificar se há vedação contra humidade em volta do visor;
- Verificar se os eletrodutos estão fixados firmemente à caixa de medição.

Caso haja anomalias nas verificações, o inspetor deverá tomar nota e abrir ordem de serviço para reparo e/ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| A. Parada total do empreendimento | <input type="checkbox"/> |
| B. Para parte do empreendimento   | <input type="checkbox"/> |
| C. Não para o empreendimento      | <input type="checkbox"/> |

### **Segurança**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

O inspetor não deverá ultrapassar a grade de proteção do cubículo para este tipo de inspeção, tampouco manobrar qualquer dispositivo presente no recinto.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo (se necessário)

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os

critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 12/1: Relação do número de espiras do transformador de potencial (TP) - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Transformador de Potencial (TP) – Classe 15 kV

**Número do equipamento:** 12

**Detalhamento do equipamento:** Transformador de Potencial Classe 15 kV com relação de transformação 120:1, isolamento epóxi e destinados para conexão fase-terra em sistemas aterrados.

**Nome da inspeção:** Inspeção 12/1: Relação do número de espiras do transformador de potencial (TP) - Anual

**Tipo de inspeção:** Relação de transformação

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, realizar a inspeção por meio de um instrumento específico para este fim, o TTR (*Transformer Turns Ratio*) trifásico, de acordo com o manual do TTR320 da Megger (2008):

- a) Desconectar todos os terminais de conexão dos TP's;
- b) Calcular a relação de transformação nominal do equipamento em teste



através da fórmula:  $R_n = V_1/V_2$ , onde:  $R_n$  é a relação de transformação nominal do transformador,  $V_1$  é a tensão primária e  $V_2$  é a tensão secundária;

- c) Conectar os condutores de teste (H e X) do TTR aos respectivos terminais do TP. O inspetor deverá efetuar as conexões de acordo com as recomendações do manual do instrumento TTR;
- d) Ligar o TTR;
- e) Realizar as medições e tomar nota dos valores encontrados.

Se os resultados do teste não corresponderem ao valor da relação de transformação nominal do transformador, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

TTR (*Transformer Turns Ratio*), cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 12/2: Resistência do isolamento com corrente contínua dos TP's - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Transformador de Potencial (TP) – Classe 15 kV</p> <p><b>Número do equipamento:</b> 12</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Transformador de Potencial Classe 15 kV com relação de transformação 120:1, isolamento epóxi e destinados para conexão fase-terra em sistemas aterrados.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 12/2: Resistência do isolamento com corrente contínua dos TP's - Anual</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Isolamento do transformador com corrente contínua</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual</p> <p><b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Esta inspeção deverá ser realizada por meio de um instrumento específico para este fim, o Megaohmímetro, de acordo com as seguintes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Desconectar todos os terminais de conexão do TP;</li> <li>b) Colocar os contatos (primário e secundário) do TP sob mesmo potencial</li> </ol>	

("curto-circuitar");

- c) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Contato de alta tensão com contato de baixa tensão (aterrado), Contato de baixa tensão com contato de alta tensão (aterrado), Contatos de alta e baixa tensão com a terra, Contato de alta tensão com a terra (contato de baixa tensão ligado à blindagem), Contato de baixa tensão com a terra (contato de alta tensão ligado à blindagem);
- d) Para cada uma das ligações descritas no item c), ligar o Megaohmímetro por um tempo de um minuto e aguardar o término das medições;
- e) Tomar nota dos valores lidos no Megaohmímetro, do valor de tensão aplicado e também dos valores de temperatura do enrolamento sobre ensaio.

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores de resistência mínima, estabelecidas pelo manual do instrumento, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Megaohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 13/1: Relação do número de espiras do transformador de corrente (TC) - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Transformador de Corrente (TC) – Classe 15 kV

**Número do equipamento:** 13

**Detalhamento do equipamento:** Transformador de Corrente Classe 15 kV, classe de exatidão 2,5-C-12,5, isolamento epoxi e relação de transformação 10:1.

**Nome da inspeção:** Inspeção 13/1: Relação do número de espiras do transformador de corrente (TC) - Anual

**Tipo de inspeção:** Relação de transformação

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, realizar a inspeção por meio de um instrumento específico para este fim, o TTR (*Transformer Turns Ratio*) trifásico, de acordo com o manual do TTR320 da Megger (2008):

- a) Desconectar todos os terminais de conexão dos TC's;

- b) Calcular a relação de transformação nominal do equipamento em teste através da fórmula:  $R_n = I_1/I_2$ , onde:  $R_n$  é a relação de transformação nominal do TC,  $I_1$  é a corrente primária e  $I_2$  é a corrente secundária;
- c) Conectar os condutores de teste (H e X) do TTR aos respectivos terminais do TC. O inspetor deverá efetuar as conexões de acordo com as recomendações do manual do instrumento TTR;
- d) Ligar o TTR;
- e) Realizar as medições e tomar nota dos valores encontrados.

Se os resultados do teste não corresponderem ao valor da relação de transformação nominal do transformador, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

TTR (*Transformer Turns Ratio*), cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 13/2: Resistência do isolamento com corrente contínua dos TC's - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Transformador de Corrente (TC) – Classe 15 kV

**Número do equipamento:** 13

**Detalhamento do equipamento:** Transformador de Corrente Classe 15 kV, classe de exatidão 2,5-C-12,5, isolamento epoxi e relação de transformação 10:1.

**Nome da inspeção:** Inspeção 13/2: Resistência do isolamento com corrente contínua dos TC's - Anual

**Tipo de inspeção:** Isolamento do transformador com corrente contínua

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Esta inspeção deverá ser realizada por meio de um instrumento específico para este fim, o Megaohmímetro, de acordo com as seguintes etapas:

- a) Desconectar todos os terminais de conexão do TC;
- b) Colocar os contatos (primário e secundário) do TC sob mesmo potencial

("curto-circuitar");

- c) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Contato de alta tensão com contato de baixa tensão (aterrado), Contato de baixa tensão com contato de alta tensão (aterrado), Contatos de alta e baixa tensão com a terra, Contato de alta tensão com a terra (contato de baixa tensão ligado à blindagem), Contato de baixa tensão com a terra (contato de alta tensão ligado à blindagem);
- d) Para cada uma das ligações descritas no item c), ligar o Megaohmímetro por um tempo de um minuto e aguardar o término das medições;
- e) Tomar nota dos valores lidos no Megaohmímetro, do valor de tensão aplicado e também dos valores de temperatura do enrolamento sobre ensaio.

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores de resistência mínima, estabelecidas pelo manual do instrumento, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Megaohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:****4.3.2.5 SISTEMA DE PROTEÇÃO**

Todas as inspeções realizadas no disjuntor (14/1 à 14/6) se aplicam aos relés de proteção.

Inspeção 14/1: Teste da resistência de contato do circuito principal do disjuntor - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Disjuntor – Classe 15 kV

**Número do equipamento:** 14

**Detalhamento do equipamento:** Disjuntor à vácuo Classe 15 kV do fabricante Weg cujas especificações técnicas são encontradas no Manual do Usuário.

**Nome da inspeção:** Inspeção 14/1: Teste da resistência de contato do disjuntor - Anual

**Tipo de inspeção:** Resistencia de Contato

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, realizar a inspeção por meio de um instrumento específico para este fim, o Microohmímetro, de acordo com



as seguintes etapas:

- a) Desconectar todos os terminais de conexão do disjuntor;
- b) Verificar se ambos lados do disjuntor se encontram desenergizados;
- c) Aterrar um lado do disjuntor e certificar de que ele esteja fechado;
- d) Aterrar o Microohmímetro;
- e) Conectar os cabos de corrente e os *sensing cables*, com a mesma polaridade, dos dois lados do disjuntor. O inspetor deverá efetuar as conexões de acordo com as recomendações do manual do instrumento;
- f) Ligar o Microohmímetro;
- g) Selecionar a escala desejada;
- h) Aumentar o valor da corrente até o valor desejado (15% da corrente nominal do disjuntor);
- i) Realizar as medições e tomar nota dos valores encontrados. A variação de resistência entre fases deve ser menor que 25%.

Se os resultados do teste não corresponderem ao valor de resistência obtido no ensaio feito pelo fabricante do disjuntor, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| A. Parada total do empreendimento | <input type="checkbox"/> |
| B. Para parte do empreendimento   | <input type="checkbox"/> |
| C. Não para o empreendimento      | <input type="checkbox"/> |

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Microohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca,

chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 14/2: Resistência do isolamento do circuito principal do disjuntor com corrente contínua - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Disjuntor – Classe 15 kV

**Número do equipamento:** 14

**Detalhamento do equipamento:** Disjuntor à vácuo Classe 15 kV do fabricante Weg cujas especificações técnicas são encontradas no Manual do Usuário.

**Nome da inspeção:** Inspeção 14/2: Resistência do isolamento do circuito principal do disjuntor com corrente contínua - Anual

**Tipo de inspeção:** Isolamento do disjuntor com corrente contínua

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Esta inspeção deverá ser realizada por meio de um instrumento específico para este fim, o Megaohmímetro, de acordo

com as seguintes etapas:

- a) Desconectar todos os terminais de conexão do disjuntor;
- b) Verificar se ambos lados do disjuntor se encontram desenergizados;
- c) Aterrar um lado do disjuntor e certificar de que ele esteja fechado;
- d) Aterrar o Megaohmímetro;
- e) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Contato superior com contato inferior (aterrado), Contato inferior com contato superior (aterrado). Fazer isso para todas as fases;
- f) Para cada uma das ligações descritas no item e), ligar o Megaohmímetro por um tempo de um minuto, aplicar uma tensão de até 1000 V e aguardar o término das medições;
- g) Tomar nota dos valores lidos no Megaohmímetro, do valor de tensão aplicado e também dos valores de temperatura do contato sobre ensaio.

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores de resistência mínima, estabelecidas pelo manual do instrumento e pelos resultados dos ensaios do fabricante, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| A. Parada total do empreendimento | <input type="checkbox"/> |
| B. Para parte do empreendimento   | <input type="checkbox"/> |
| C. Não para o empreendimento      | <input type="checkbox"/> |

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Megaohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca,

chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 14/3: Resistência do isolamento do circuito auxiliar do disjuntor com corrente contínua - Anual

**Área / Local da empresa:** Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Disjuntor – Classe 15 kV

**Número do equipamento:** 14

**Detalhamento do equipamento:** Disjuntor à vácuo Classe 15 kV do fabricante Weg cujas especificações técnicas são encontradas no Manual do Usuário.

**Nome da inspeção:** Inspeção 14/3: Resistência do isolamento do circuito auxiliar disjuntor com corrente contínua - Anual

**Tipo de inspeção:** Isolamento do disjuntor com corrente contínua

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Esta inspeção deverá ser realizada por meio de um instrumento específico para este fim, o Megaohmímetro, de acordo

com as seguintes etapas:

- a) Desconectar todos os terminais de conexão do disjuntor;
- b) Verificar se ambos lados do disjuntor se encontram desenergizados;
- c) Aterrar um lado do disjuntor e certificar de que ele esteja fechado;
- d) Aterrar o Megaohmímetro;
- e) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Contato superior com contato inferior (aterrado), Contato inferior com contato superior (aterrado). Fazer isso para todas as fases;
- f) Para cada uma das ligações descritas no item e), ligar o Megaohmímetro por um tempo de um minuto, aplicar uma tensão de até 500 V e aguardar o término das medições;
- g) Tomar nota dos valores lidos no Megaohmímetro, do valor de tensão aplicado e também dos valores de temperatura do contato sobre ensaio.

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores de resistência mínima, estabelecidas pelo manual do instrumento e pelos resultados dos ensaios do fabricante, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| A. Parada total do empreendimento | <input type="checkbox"/> |
| B. Para parte do empreendimento   | <input type="checkbox"/> |
| C. Não para o empreendimento      | <input type="checkbox"/> |

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Megaohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca,

chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 14/4: Inspeção visual e manual do disjuntor

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Disjuntor – Classe 15 kV	
<b>Número do equipamento:</b> 14	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Disjuntor à vácuo Classe 15 kV do fabricante Weg cujas especificações técnicas são encontradas no Manual do Usuário.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 14/4: Inspeção visual e manual do disjuntor	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual e Manual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Esta inspeção deverá ser realizada de acordo com as seguintes etapas:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desconectar todos os terminais de conexão do disjuntor;</li> <li>b) Verificar se ambos lados do disjuntor se encontram desenergizados;</li> </ul>	

c) Aterrar um lado do disjuntor e certificar de que ele esteja fechado;

d) Abrir a tampa frontal do disjuntor;

Verificar operação normal do *switching* indicador, verificar aspectos de ruído e cheiro anormal;

e) Quanto às operações e peças do equipamento, verificar se há peças com montagem anormal, se há partes a serem lubrificadas, se há poeira ou material estranho e se há peças amassadas ou em falta;

f) Verificar se há má conexão e/ou fiações soltas tanto no circuito principal quanto no auxiliar;

g) Verificar se há descoloração da bobina, se há corrosão/oxidação nos terminais dos circuitos principal e auxiliar e se há vestígios (fuligem) causadas por arco elétrico;

h) Quando aos testes mecânicos, verificar a abertura e fechamento do disjuntor (verificar mola de contato);

Caso haja algum tipo de anomalia nas verificações citadas acima, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

A. Parada total do empreendimento

B. Para parte do empreendimento

C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas

- Capacete

- Botina de segurança

- Óculos de segurança

- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo ou microscópio (caso necessários), caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra

classe 15 kV.
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

Inspeção 14/5: Medição do fator de potência do isolamento - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Disjuntor – Classe 15 kV	
<b>Número do equipamento:</b> 14	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Disjuntor à vácuo Classe 15 kV do fabricante Weg cujas especificações técnicas são encontradas no Manual do Usuário.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 14/5: Medição do fator de potência do isolamento - Anual	
<b>Tipo de inspeção:</b> Fator de potência do Isolamento do disjuntor	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, para se realizar esta medição, o inspetor deverá efetua-la com frequência de 60Hz utilizando o medidor de fator de potência de isolamento, seguindo as seguintes etapas:	
a) Desconectar todas as conexões de barramento do disjuntor;	



- b) Aterrar o instrumento;
- c) Selecionar o tipo de medição do instrumento;
- d) Verificar se todas as ligações foram feitas de acordo com o item *h*) abaixo;
- e) Ligar o instrumento de medição;
- f) Aplicar tensão de 2,5 kV à 5 kV;
- g) Realizar e tomar nota das leituras de potência ativa e reativa indicadas. De forma análoga, inverter a polaridade e realizar novamente as leituras de potência ativa e reativa;
- h) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Contato superior com contato inferior (aterrado), Contato inferior com contato superior (aterrado). Fazer isso para todas as fases;

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores normalizados e pelos resultados dos ensaios do fabricante, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Instrumento para medição do fator de potência do isolamento, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de

pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 14/6: Inspeção termográfica no disjuntor

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Disjuntor – Classe 15 kV	
<b>Número do equipamento:</b> 14	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Disjuntor à vácuo Classe 15 kV do fabricante Weg cujas especificações técnicas são encontradas no Manual do Usuário.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 14/6: Inspeção termográfica no disjuntor	
<b>Tipo de inspeção:</b> Termografia	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> A cada três meses	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão do disjuntor, assim como anotar os valores da corrente elétrica tanto nas fases antes e depois do equipamento, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação e de cada fase; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir</li> </ul>	

fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (se possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em *software*. Após análise em *software*, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas excessivas dos conectores, e/ou peças internas de acordo com a Tabela 03 do Anexo B da Norma NBR ABNT 7118/1994, o inspetor deverá solicitar desligamento imediato do equipamento. Se possuir temperaturas que não oferecem riscos imediatos, estes desligamentos deverão ser efetuados no menor prazo possível dentro das condições operacionais do sistema, isto é, o inspetor deverá abrir ordem de serviço para desligamento programado.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas ( jaleco com mangas longas e calça )

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

Em hipótese alguma o inspetor deverá efetuar o reparo/troca do equipamento.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Termovisor e computador para análise dos termogramas.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 15/1: Inspeção visual nas chaves seccionadoras com suporte para fusível

Área / Local da empresa: Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Chave Seccionadora com Suporte para Fusível e corpo de porcelana- 13,8kV

**Número do equipamento:** 15

**Detalhamento do equipamento:** Chave seccionadora tripolar com base para fusível HH com corpo de porcelana para rede primária.

**Nome da inspeção:** Inspeção 15/1: Inspeção visual nas chaves seccionadoras com suporte para fusível

**Tipo de inspeção:** Visual

**Periodicidade da inspeção:** Uma vez ao ano

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar aspecto externo do dispositivo, suas condições de limpeza, a existência de trincas, rachaduras, lascas, quebrados e chamuscados, as condições da ferragem de fixação e sustentação (parafusos frouxos, ausência de porcas, oxidação entre outros);
- Verificar ainda se as chaves seccionadoras e as bases para fusíveis aparentam estar nas posições corretas do cubículo, verificar se o espaçamento entre as chaves aparenta estar correto;
- Verificar o estado do cartucho porta fusível (se está queimado e se aparenta estar

com mau contato).

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

A. Parada total do empreendimento

B. Para parte do empreendimento

C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Área / Local da empresa: Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<p><b>Nome do equipamento:</b> Chave Seccionadora com Suporte para Fusível e corpo de porcelana- 13,8kV</p> <p><b>Número do equipamento:</b> 15</p> <p><b>Detalhamento do equipamento:</b> Chave seccionadora tripolar com base para fusível HH com corpo de porcelana para rede primária.</p>	
<p><b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 15/2: Inspeção termográfica nas chaves seccionadoras com base para fusível</p> <p><b>Tipo de inspeção:</b> Termográfica</p> <p><b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano</p> <p><b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:</p> <p>- Verificar através de um termovisor, as temperaturas nos terminais de conexão das chaves seccionadoras e nas bases dos fusíveis, assim como anotar os valores da corrente elétrica nas fases da rede naquele instante, seguindo os seguintes procedimentos: Tomar nota dos valores das correntes elétricas de cada fase da rede indicadas nos medidores da subestação; Restringir o foco ao equipamento alvo de forma a reduzir fontes térmicas indesejáveis; Se atentar aos ajustes de nível, ganho e foco no termovisor; Realizar inspeção em seis posições diferentes separadas por um ângulo de 60 graus cada uma (quando possível); Se atentar para manter a mesma distância em cada uma das seis posições de inspeção; Registrar umidade relativa do ar e temperatura ambiente locais no instante da inspeção; Realizar análise dos termogramas em <i>software</i>. Após análise em software, tomar nota dos resultados. Se possuir temperaturas acima do esperado nos terminais de conexão (temperatura do conector for superior à temperatura do condutor) o inspetor deverá abrir ordem de serviço juntamente com a concessionária de energia para reparo do equipamento.</p>	
<p><b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b></p> <p>A. Parada total do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>B. Para parte do empreendimento <input type="checkbox"/></p> <p>C. Não para o empreendimento <input type="checkbox"/></p>	
<b>Segurança:</b>	

<p>EPI's necessários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luvas</li> <li>- Capacete</li> <li>- Botina de segurança</li> <li>- Óculos de segurança</li> </ul>
<p><b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b></p> <p>Termovisor e computador para análise do termograma.</p>
<p><b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b></p> <p>Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.</p>
<p><b>Notas:</b></p>

Inspeção 15/3: Resistência do isolamento das chaves seccionadoras com suporte para fusível - Anual

<b>Área / Local da empresa:</b> Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Chave Seccionadora com Suporte para Fusível e corpo de porcelana- 13,8kV	
<b>Número do equipamento:</b> 15	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Chave seccionadora tripolar com base para fusível HH com corpo de porcelana para rede primária.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 15/3: Resistência do isolamento das chaves seccionadoras com suporte para fusível - Anual	

**Tipo de inspeção:** Isolamento das chaves seccionadoras com suporte para fusível com corrente contínua

**Periodicidade da inspeção:** Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total do equipamento, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Esta inspeção deverá ser realizada por meio de um instrumento específico para este fim, o Megaohmímetro, de acordo com as seguintes etapas:

- a) Desconectar todos os terminais de conexão da chave seccionadora;
- b) Verificar se ambos lados da chave seccionadora se encontram desenergizados;
- c) Aterrar um lado da seccionadora e certificar de que ela esteja fechada;
- d) Aterrar o Megaohmímetro;
- e) Realizar todas as medições conforme as seguintes ligações: Contato superior com contato inferior (aterrado), Contato inferior com contato superior (aterrado). Fazer isso para todas as fases;
- f) Para cada uma das ligações descritas no item e), ligar o Megaohmímetro por um tempo de um minuto, aplicar uma tensão de até 1000 V e aguardar o término das medições;
- g) Tomar nota dos valores lidos no Megaohmímetro, do valor de tensão aplicado e também dos valores de temperatura dos contatos sobre ensaio.

Se os resultados do teste não corresponderem aos valores de resistência mínima, estabelecidas pelo manual do instrumento e pelos resultados dos ensaios do fabricante, o inspetor deverá abrir nova ordem de serviço para a solução do problema.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| A. Parada total do empreendimento | <input type="checkbox"/> |
| B. Para parte do empreendimento   | <input type="checkbox"/> |
| C. Não para o empreendimento      | <input type="checkbox"/> |

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete



- Botina de segurança  
 - Óculos de segurança  
 - Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Megaohmímetro, cabos para conexão, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Dois profissionais são suficientes para a realização desta inspeção.

**Notas:**

**4.3.2.6 GRUPO DE GERADORES - ENERGIA "STAND-BY"**

Inspeção 16/1: Inspeção visual e manual do Grupo Motor Gerador (GMG)

Área / Local da empresa: Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Grupo de Motores Geradores

**Número do equipamento:** 16

**Detalhamento do equipamento:** Grupo Motor Gerador do fabricante STEMAC, funcionamento à combustível Diesel e capaz de gerar energia elétrica de 13,8 kV.

Demais especificações técnicas podem ser encontradas no manual do equipamento.

**Nome da inspeção:** Inspeção 16/1: Inspeção visual e manual do Grupo Motor Gerador (GMG)

**Tipo de inspeção:** Visual e Manual

**Periodicidade da inspeção:** Diária

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Quando ao Sistema de Lubrificação, verificar se há algum tipo de vazamento, verificar o nível de óleo lubrificante;
- Quanto ao Sistema de Combustível, também verificar vazamentos, se há algum tipo de trinca na tubulação de combustível e drenar a água ou sedimentos do tanque e filtros de combustível;
- Quanto ao Sistema de Arrefecimento, verificar nível do fluido refrigerante;
- Quanto ao Sistema de Admissão de Ar, verificar e limpar o filtro de ar, limpar o pó da cuba do filtro, verificar o indicador de restrição se houver, verificar as conexões de ar nos coletores de admissão e drenar a água dos tanques de ar;
- Verificar ainda se há presença de articulações externas de comando, observar se há ruídos estranhos no motor, verificar quanto aos aspectos de sinalização e a presença de alarme sonoro e examinar as condições de funcionamento do sistema de pré-aquecimento.

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança

- Protetor auricular tipo concha
<b>Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:</b> Binóculo e Microscópio (caso necessários), pano/estopa limpos e secos, caixa de ferramentas, luvas de silicone para limpeza.
<b>Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:</b> Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.
<b>Notas:</b>

Inspeção 16/2: Troca de óleos e peças do Grupo Motor Gerador (GMG)

Área / Local da empresa: Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Grupo de Motores Geradores	
<b>Número do equipamento:</b> 16	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Grupo Motor Gerador do fabricante STEMAC, funcionamento à combustível Diesel e capaz de gerar energia elétrica de 13,8 kV. Demais especificações técnicas podem ser encontradas no manual do equipamento.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 16/2: Troca de óleos e peças do Grupo Motor Gerador (GMG)	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual e Manual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> 250h ou 6 meses	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e efetuar os seguintes procedimentos:	

- a) Quando ao Sistema de Lubrificação, trocar óleo lubrificante do motor, trocar o elemento do filtro de óleo, trocar o elemento do filtro de óleo lubrificante, trocar By-Pass, verificar o nível de óleo do regulador hidráulico e anotar os valores de pressão do lubrificante;
- b) Quanto ao Sistema de Combustível, trocar elemento do filtro de combustível;
- c) Quanto ao Sistema de Arrefecimento, trocar elemento do filtro anticorrosivo;
- d) Limpar ou substituir elemento do respiro do cárter;
- e) Verificar tensão das correias, verificar conexões elétricas do sistema, e verificar e testar sensores do grupo gerador.

Os procedimentos descritos nos itens *a)*, *b)*, *c)* e *d)* acima deverão ser feitos obedecendo os critérios de desenergização do circuito conforme NR 10 (ver Seção 5.3 deste trabalho). Já os procedimentos descritos no item *e)*, deverão ser realizados com o sistema em operação.

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular tipo concha

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo e Microscópio (caso necessários), pano/estopa limpos e secos, caixa de

ferramentas, luvas de silicone para limpeza, recipientes adequados para descarte dos óleos, multímetro para medições e testes.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 16/3: Troca de peças do Grupo Motor Gerador, limpezas e inspeções visuais (GMG)

Área / Local da empresa: Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Grupo de Motores Geradores

**Número do equipamento:** 16

**Detalhamento do equipamento:** Grupo Motor Gerador do fabricante STEMAC, funcionamento à combustível Diesel e capaz de gerar energia elétrica de 13,8 kV. Demais especificações técnicas podem ser encontradas no manual do equipamento.

**Nome da inspeção:** Inspeção 16/3: Troca de peças do Grupo Motor Gerador, limpezas e inspeções visuais (GMG)

**Tipo de inspeção:** Visual e Manual

**Periodicidade da inspeção:** 1500h ou 18 meses

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e efetuar os seguintes procedimentos:

- a) Quanto ao Sistema de Combustível, verificar a pressão da bomba de

combustível;

- b) Quanto ao Sistema de Arrefecimento, limpar o radiador externamente;
- c) Quanto ao Sistema de Admissão de Ar, examinar a tubulação de ar, trocar o elemento do filtro de ar, examinar a folga axial do tubo compressor e limpar a turbina e o difusor do compressor;
- d) Ajustar injetores e válvulas, inspecionar a polia tensora da bomba d'água e verificar se há folga axial do virabrequim;
- e) Examinar a parte elétrica (se há folgas nas conexões).

Os procedimentos descritos nos itens *a)*, *b)*, *c)*, *d)* e *e)* acima deverão ser feitos obedecendo os critérios de desenergização do circuito conforme NR 10 (ver Seção 5.3 deste trabalho).

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular tipo concha

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo e Microscópio (caso necessários), pano/estopa limpos e secos, caixa de ferramentas, luvas de silicone para limpeza, multímetro para medições e testes.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

Inspeção 16/4: Reapertos, limpezas e Troca de peças do Grupo Motor Gerador (GMG)

Área / Local da empresa: Subestação Principal

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

**Nome do equipamento:** Grupo de Motores Geradores

**Número do equipamento:** 16

**Detalhamento do equipamento:** Grupo Motor Gerador do fabricante STEMAC, funcionamento à combustível Diesel e capaz de gerar energia elétrica de 13,8 kV. Demais especificações técnicas podem ser encontradas no manual do equipamento.

**Nome da inspeção:** Inspeção 16/4: Reapertos, limpezas e Troca de peças do Grupo Motor Gerador (GMG)

**Tipo de inspeção:** Visual e Manual

**Periodicidade da inspeção:** 4500h

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e efetuar os seguintes procedimentos:

- a) Quanto ao Sistema de Admissão de Ar, reapertar os coletores de admissão;
- b) Limpar e calibrar os injetores e a bomba de combustível, recondicionar e/ou substituir: o turbo compressor, os amortecedores de vibrações, o compressor de ar, a bomba d'água, o cubo do ventilador e a polia tensora.

Os procedimentos descritos nos itens *a)* e *b)* acima deverão ser feitos obedecendo os critérios de desenergização do circuito conforme NR 10 (ver Seção 5.3 deste trabalho).

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular tipo concha

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Binóculo e Microscópio (caso necessários), pano/estopa limpos e secos, caixa de ferramentas, luvas de silicone para limpeza, multímetro para medições e testes.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**





#### 4.3.2.7 EDIFICAÇÃO DA SUBESTAÇÃO

A inspeção 17/1 descrita abaixo é válida também para a Subestação 02.

Inspeção 17/1: Limpezas e inspeção do sistema de incêndio da Edificação da Subestação

Área / Local da empresa: Subestação Principal	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Edificação da Subestação	
<b>Número do equipamento:</b> 17	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Subestação construída de alvenaria, com piso assentado de borracha, e é composta de quatro cubículos cujos acessos são protegidos por uma malha de aço com porta aterrados.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 17/1: Limpezas e inspeção do sistema de incêndio da Edificação da Subestação	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual e Manual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Anual	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao desligamento total dos equipamentos da subestação, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, executar os seguintes procedimentos:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Limpar todos os cubículos existentes na subestação, assim como a parte exterior aos cubículos onde se encontram os medidores de energia e os dispositivos de incêndio;</li> <li>b) Verificar aspectos de sinalização (placas de alerta, pintura do espaço onde se encontram os extintores de incêndio e placas de sinalização de incêndio);</li> <li>c) Verificar se os extintores de incêndio se encontram dentro do período de validade e se há carga nos mesmos. Os extintores devem ser portáteis e sobre rodas contendo pó químico conforme Capítulo 6 da norma ABNT NBR</li> </ul>	

13859/1997;

d) Verificar as condições da iluminação de emergência;

e) Verificar se há qualquer tipo de material obstruindo o meio de acesso aos cubículos e/ou os sistemas de emergência presentes na instalação.

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

A. Parada total do empreendimento

B. Para parte do empreendimento

C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas

- Capacete

- Botina de segurança

- Óculos de segurança

- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)

- Protetor auricular tipo concha

- Máscara descartável classe PFF1 retentoras de partículas (poeira) suspensas no ar

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Pano/estopa limpos e secos, vassoura, aspirador de pó, caixa de ferramentas, luvas de silicone para limpeza.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**



### 4.3.3 CANALETAS E FIAÇÕES SUBTERRÂNEAS

Nesta seção, deverão ser efetuadas inspeções quanto a resistência de isolamento e fator de potência do isolamento das canaletas e fiações subterrâneas as quais alimentam as subestações. Sendo assim, o inspetor deverá realizar os procedimentos semelhantes aos descritos nas Inspeções 14/2 e 14/5 deste Trabalho, porém agora, obedecendo os critérios e valores de tensão e corrente nominais suportadas pelas fiações e canaletas, fornecidos pelo fabricante.

### 4.3.4 SISTEMA DE ATERRAMENTO - INTEMPERIES E DE PROTEÇÃO

Inspeção 18/1: Inspeção do sistema de aterramento utilizando terrômetro de três pontas

<b>Área / Local da empresa:</b> Exterior – Imediações da edificação da subestação	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Malha de aterramento	
<b>Número do equipamento:</b> 18	
<b>Detalhamento do equipamento:</b>	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 18/1: Inspeção do sistema de aterramento utilizando terrômetro de três pontas	
<b>Tipo de inspeção:</b> Medição da resistência de aterramento	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Uma vez ao ano	
<b>Como realizar a inspeção:</b> Antes de se iniciar a inspeção, o inspetor deverá antes de tudo obedecer aos critérios de desenergização do sistema conforme NR 10. Feito isso, o neutro do transformador assim como os cabos de descida dos para-raios	

deverão ser desacoplados. Em seguida, o inspetor deverá se apropriar ao local da inspeção e verificar os seguintes aspectos:

- Verificar influências externas (armação de fundações de edificações, tubulações e condutores metálicos enterrados, entre outros) no terreno onde serão colocados os eletrodos a fim de se minimizar as falhas de medição;

- O inspetor deverá desconectar o neutro do transformador, assim como os cabos de descida dos para raios antes de se inicializar o processo de medição;

- Através de um Terrômetro de três pontas, medir o valor da resistência ôhmica de aterramento obedecendo os seguintes procedimentos: conexão da malha de aterramento a ser medida ao instrumento; conexão do eletrodo auxiliar de tensão ao instrumento; conexão do eletrodo auxiliar de corrente ao instrumento; A distância da periferia da malha de aterramento até o eletrodo de corrente deve ser três vezes a maior dimensão da malha; O eletrodo auxiliar de potencial deve ser deslocado linearmente entre a malha de aterramento e o eletrodo de corrente a partir da periferia do sistema de aterramento sob inspeção em intervalos regulares de medição iguais a 5% da distância do eletrodo de corrente tanto para a direita (S1) quanto para a esquerda (S2) do ponto inicial (S), podendo assim ser traçada uma curva “*resistência vs distância*”. Se este ponto inicial não estiver na área de sobreposição das áreas de influência e a porcentagem entre a diferença dos valores medidos com o eletrodo de potencial em S1 e S2 e o valor medido em S não ultrapassar 10%, podemos tomar o valor de resistência medido em S como a resistência de aterramento da malha; Deverá ser feita análise dos resultados obtidos em laudo específico. Caso haja sobreposição das zonas de influencias exercidas entre a malha de terra e o eletrodo de corrente, a resistência medida não será confiável, devendo o inspetor, afastar ainda mais o eletrodo de corrente da situação inicial e repetir o procedimento;

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e abrir ordem de serviço para reparo.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

**EPI's necessários:**

- Luvas (de acordo com o nível máximo de tensão sujeito ao sistema em medição)
- Capacete
- Botina de segurança (de acordo com o nível máximo de tensão sujeito ao sistema em medição)
- Vestimenta retardante a chama (de acordo com o nível máximo de tensão sujeita a ocorrer no sistema em medição)
- Óculos de segurança

Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

Em hipótese alguma o inspetor deverá efetuar o reparo/troca do equipamento inspecionado.

Não realizar a inspeção quando as condições climáticas forem adversas, pois há a possibilidade de ocorrência de descargas atmosféricas.

Impedir que pessoas terceiras ou animais se aproximem dos eletrodos utilizados na medição.

Utilizar instrumentos compatíveis aos especificados no Anexo C da ABNT NBR 15749 de forma a garantir a segurança dos operadores.

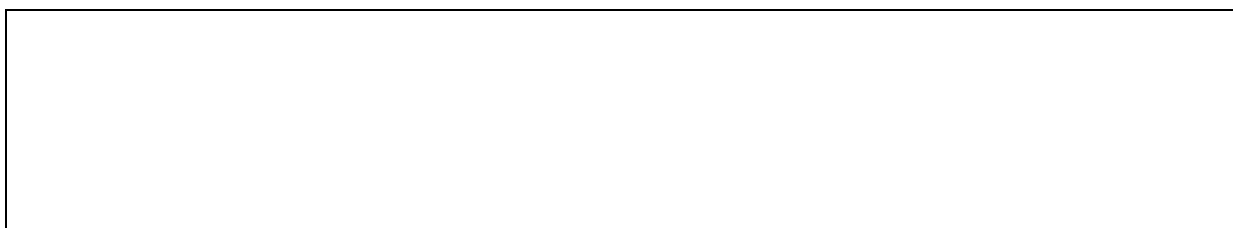
**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Terrômetro, marreta para fixação dos eletrodos auxiliares, eletrodos auxiliares, caixa de ferramentas (com chave de boca, chave sextavada, alicate, alicate de pressão, entre outros), vara de manobra classe 15 kV.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**



### 4.3.5 SISTEMA DE BAIXA TENSÃO

#### 4.3.5.1 SISTEMA DE PROTEÇÃO

O sistema de proteção da baixa tensão da empresa é constituído basicamente por disjuntores e protetores contra surtos (DPS). Em virtude deste fato, para os disjuntores, deverão ser efetuadas inspeções nos componentes mecânicos (câmaras de arco, mecanismos de operação, dispositivos de inserção/extração e contatos de isolamento), conexão dos barramentos e componentes elétricos (bobina de disparo magnético, bobina de abertura, bobina de fechamento, entre outros). Dessa forma, o inspetor deverá realizar os procedimentos semelhantes aos descritos nas Inspeções 14/1 à 14/6 deste Trabalho, porém agora, obedecendo os critérios e valores de tensão e corrente nominais suportadas pelos disjuntores, fornecidos pelo fabricante. Para os protetores contra surtos, o inspetor deverá realizar testes com o multímetro a fim de verificar a integridade do dispositivo e solicitar ordem de serviço caso haja necessidades de ações corretivas.

#### 4.3.5.2 BANCO DE CAPACITORES

Inspeção 19/1: Limpezas e inspeção dos bancos de capacitores dos Cubículos BT

<b>Area / Local da empresa:</b> Subestação Principal e Secundária	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
Nome do equipamento: Banco de Capacitores	
<b>Número do equipamento:</b> 19	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Banco automático de capacitores com potência de 145 KVAR e tensão de 380 V.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 19/1: Limpezas e inspeção dos bancos de capacitores dos Cubículos BT	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual e Manual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Semestral	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente se atentar ao	

desligamento total dos equipamentos da subestação, obedecendo os procedimentos de segurança para desenergização do circuito conforme NR10. Feito isso, executar os seguintes procedimentos:

- a) Verificar o aperto de todos os terminais de conexão do disjuntor de comando, dos contadores e das células capacitivas;
- b) Verificar a integridade dos disjuntores, contadores e fusíveis;
- c) Verificar se não há sinais de fuligem provocados por sobretensão/sobre corrente em torno dos dispositivos;
- d) Quanto ao aspecto de ventilação, verificar seu funcionamento e remover qualquer tipo de poeira ou elemento que possa obstruir a grade de ventilação;
- e) Através de um capacímetro, medir a capacitância das células capacitivas e comparar com o valor nominal estabelecido pelo fabricante;
- f) Realizar ainda teste de isolamento CC por meio de um megaohmímetro conforme descrito na Inspeção 12/2 deste Trabalho, porém com as conexões do megaohmímetro ligadas entre os terminais da célula capacitiva e a carcaça da mesma;

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
  - Capacete
  - Botina de segurança
  - Óculos de segurança
  - Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
  - Protetor auricular tipo concha
  - Máscara descartável classe PFF1 retentoras de partículas (poeira) suspensas no ar
- Obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

Esperar um tempo de cinco minutos após a desenergização do banco.  
Após cada teste de isolamento, deve-se descarregar a unidade testada.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Pano/estopa limpos e secos, capacímetro, megaohmímetro, caixa de ferramentas, luvas de silicone para limpeza.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

#### 4.3.5.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO - INDUSTRIAL/PREDIAL

As descrições que serão abordadas na inspeção abaixo, se aplicam a todos sistemas de iluminação do empreendimento, diferenciando apenas na potência das lâmpadas.

Inspeção 20/1: Limpezas e inspeção das lâmpadas LED dos galpões

Área / Local da empresa: Galpão 01

**Data e hora de início:**

**Data e hora de término:**

Nome do equipamento: Lâmpada

**Número do equipamento:** 20

**Detalhamento do equipamento:** Lâmpada LED de alta potência (50 W), bivolt, com corpo de policarbonato e dissipador interno de alumínio. Possui temperatura de cor de 6500 K.



**Nome da inspeção:** Inspeção 20/1: Limpezas e inspeção das lâmpadas LED dos galpões

**Tipo de inspeção:** Visual e Manual

**Periodicidade da inspeção:** Mensal / A cada 2 anos

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente observar atentamente ao equipamento a ser inspecionado e verificar os seguintes aspectos:

- a) Se há sinais de fuligem provocados por sobretensão e/ou sobrecorrente em torno das lâmpadas;
- b) Verificar se a lâmpada e as luminárias (se houver) encontram-se em bom estado de limpeza;
- c) Verificar se há sinais de oxidação nos soquetes e nas luminárias (se houver) das lâmpadas;
- d) Verificar ainda se há oscilações, falhas, perda de luminosidade perceptíveis a olho nú e se existem lâmpadas queimadas.

As inspeções a cada dois anos correspondem aos itens *a)*, *b)* e *c)*, e a mensal ao item *d)*.

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular tipo concha
- Máscara descartável classe PFF1 retentoras de partículas (poeira) suspensas no ar
- Escada de material isolante
- Cinturão Paraquedista

- Talabarte de segurança antiqueda
- Cinturão abdominal
- Cinto porta objetos
- Dispositivo trava queda
- Sistema de ancoragem

Caso haja necessidade de limpeza, testes, reparos, trocas ou manutenção, o trabalhador deverá obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

O trabalhador deverá atender aos requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura estabelecidos pela NR 35.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Pano/estopa limpos e secos, chave de fenda, chave Philips, alicate, fita isolante, luvas de silicone para limpeza, escada, binóculo.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

#### 4.3.5.4 SISTEMA DE COMPRESSORES

Inspeção 21/1: Inspeção quanto a aspectos gerais dos compressores

Área / Local da empresa: Oficina 02	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
Nome do equipamento: Compressor	

**Número do equipamento:** 21

**Detalhamento do equipamento:** Compressor tipo pistão com acionamento por correia, tensão de 220/380 V trifásico e potência nominal de 5,6 kW. Modelo CSL 30 BR/250 do fabricante SCHULZ.

**Nome da inspeção:** Inspeção 21/1: Inspeção quanto a aspectos gerais dos compressores

**Tipo de inspeção:** Visual e Manual

**Periodicidade da inspeção:** Diária/Semanal/Mensal/Trimestral/9 meses/Anual

**Como realizar a inspeção:** O inspetor deverá primeiramente observar atentamente ao equipamento a ser inspecionado e verificar os seguintes aspectos:

- a) Verificar o nível de óleo e preencher caso necessário (o nível deverá estar entre as marcações máximas e mínimas da vareta);
- b) Drenar a água no interior do reservatório através do purgador;
- c) Verificar se há ocorrência de ruídos anormais no compressor;
- d) Verificar se há ocorrência de ruídos ou golpes anormais na correia;
- e) Limpar a parte externa do compressor;
- f) Verificar o funcionamento da válvula de segurança;
- g) Remover o filtro de ar e verificar se há algum tipo de obstrução;
- h) Verificar o funcionamento do pressostato e da válvula piloto/descarga;
- i) Trocar o filtro de ar;
- j) Promover o reaperto dos parafusos do bloco compressor por meio de torquímetro de acordo com valores da Tabela 8 da seção Anexos deste Trabalho. Porcas e conexões, apertar com ferramental adequado;
- k) Verificar a tensão da correia e o alinhamento da polia;
- l) Remover a tampa da vareta de nível de óleo e limpar o orifício de respiro por meio de um jato de ar comprimido;
- m) Limpar as placas de válvulas que se encontram entre a parte superior do cilindro e a tampa do mesmo;
- n) Realizar a calibração do pressostato, da válvula piloto, do manômetro e da válvula de segurança em um órgão credenciado pelo INMETRO.

As inspeções diárias correspondem aos itens *a)*, *b)* e *c)*. As semanais aos itens *d)*, *e)*, *f)* e *g)*. As mensais ao item *h)*. As trimestrais aos itens *i)*, *j)*, *k)* e *l)*. A cada 9 meses ao item *m)*. Por fim, a anual ao item *n)*. A primeira troca de óleo deverá ser

feita após as 20 primeiras horas de uso, a segunda após 40 horas e as demais após 200 horas ou 2 meses (o que acontecer primeiro).

Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.

**Classificação dos níveis de urgência da inspeção:**

- A. Parada total do empreendimento
- B. Para parte do empreendimento
- C. Não para o empreendimento

**Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta retardante a chamas (jaleco com mangas longas e calça)
- Protetor auricular tipo concha

Caso haja necessidade de reparos, trocas ou manutenção, o trabalhador deverá obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Pano/estopa limpos e secos, recipiente para drenar a água, torquímetro, caixa de ferramentas.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

--

#### 4.3.5.5 SISTEMA DE CARGA DE BATERIAS

Inspeção 22/1: Inspeção quanto a aspectos gerais dos carregadores de bateria

<b>Área / Local da empresa:</b> Oficina Carregamento Baterias	
<b>Data e hora de início:</b>	<b>Data e hora de término:</b>
<b>Nome do equipamento:</b> Carregador de Bateria	
<b>Número do equipamento:</b> 22	
<b>Detalhamento do equipamento:</b> Carregador para baterias de chumbo de 24 V e 90 A, tensão de entrada 380 V trifásico. Modelo SLT100 do fabricante JUNGHEINRICH.	
<b>Nome da inspeção:</b> Inspeção 22/1: Inspeção quanto a aspectos gerais dos carregadores de bateria	
<b>Tipo de inspeção:</b> Visual e Manual	
<b>Periodicidade da inspeção:</b> Semestral	
<b>Como realizar a inspeção:</b> O inspetor deverá primeiramente observar atentamente ao equipamento a ser inspecionado e verificar os seguintes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Verificar se o equipamento encontra-se seco e em bom estado de limpeza;</li> <li>b) Verificar se há sinais de oxidação nos conectores e cabos do equipamento;</li> <li>c) Verificar ainda aspectos de limpeza do filtro de sucção de coloração azul no interior do equipamento, se apresentar grande quantidade de sujeira, ele deverá ser trocado.</li> <li>d) Verificar o nível de eletrólito da bateria por meio de um densímetro de vidro com chupeta de borracha para sucção. Olhar as recomendações do fabricante e completar se necessário (utilizar apenas água destilada);</li> <li>e) Realizar medição da tensão da bateria por meio de um multímetro.</li> </ul> Caso haja anomalias nas verificações, tomar nota, e o inspetor deverá solicitar imediatamente ordem de serviço para reparo ou substituição do equipamento.	
<b>Classificação dos níveis de urgência da inspeção:</b>	
A. Parada total do empreendimento	<input type="checkbox"/>
B. Para parte do empreendimento	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

**C. Não para o empreendimento****Segurança:**

EPI's necessários:

- Luvas de borracha ou PVC
- Capacete
- Botina de segurança
- Óculos de segurança
- Vestimenta resistente à ácidos
- Protetor auricular tipo concha
- Máscara descartável classe PFF1 retentoras de partículas (poeira) suspensas no ar

Caso haja necessidade de limpeza, testes, reparos, trocas ou manutenção, o trabalhador deverá obedecer às exigências de desenergização do sistema conforme NR 10 citadas na seção 5.3 deste trabalho.

As baterias a serem carregadas dever ser colocadas em uma superfície firme e de material não inflamável.

As baterias contem ácido diluído, o qual é tóxico e corrosivo. Caso entre em contato com a pele e/ou com os olhos, lavar com agua corrente e consultar um médico.

No processo de carregamento das baterias, são liberados gases explosivos, dessa forma o ambiente deve ser bem ventilado e estar equipado com extintores contendo dióxido de carbono.

**Equipamentos, instrumentos e ferramental necessários:**

Pano/estopa limpos e secos, caixa de ferramentas, densímetro de vidro, multímetro.

**Tipo de profissional necessário e quantidade de pessoal:**

Eletricista ou técnico eletricista de manutenção que esteja familiarizado com os critérios e padrões para de identificar as irregularidades. Um profissional é suficiente para a realização desta inspeção.

**Notas:**

## 5 RESULTADOS

A partir do que foi desenvolvido, levando em consideração as ações corretivas, preventivas e preditivas, espera-se que haja redução das falhas potenciais dos ativos da empresa e também minimização dos custos em manutenção, buscando cada vez mais atingir o objetivo de “defeito zero”.

É importante que o engenheiro de manutenção elabore um planejamento e controle de manutenção eficiente e confiável para não gerar desperdícios (almojarifado, materiais de modo geral, entre outros).

Os resultados deste trabalho são compostos por todas as inspeções descritas anteriormente com número de referência de 01 à 50 e as Inspeções de manutenção e periodicidade conforme Tabela 9 na seção Anexos deste Trabalho.

## 6 CONCLUSÃO

Para empresas do tipo atacadista onde as maiores cargas se resumem em sistemas de iluminação e centrais de carregamento de baterias e ar comprimido, os modelos de inspeções desenvolvidos neste trabalho, são adequadamente aplicados como um programa de manutenção preventivo e preditivo.

Este programa de inspeção foi desenvolvido buscando as melhores práticas de manutenção utilizadas atualmente, utilizando uma engenharia competente na busca da redução dos custos de manutenção. Isso assegura a qualidade do sistema elétrico como resultado de maior índice de disponibilidade operacional do sistema.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10576. Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos: Diretrizes para supervisão e manutenção. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006. 29 p.

ABNT NBR 13859. Proteção contra incêndio em subestações elétricas de distribuição. Rio de Janeiro: [s.n.], 1997. 5 p.

ABNT NBR 14039. Instalações Elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003. 65 p.

ABNT NBR 15749. Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2009. 49 p.

ABNT NBR 5032. Isoladores de Porcelana ou Vidro, Para Linhas Aéreas e Subestações de Alta Tensão. Rio de Janeiro: [s.n.], 1984. 27 p.

ABNT NBR 5356-1. Transformadores de potência Parte 1: Generalidades. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007. 95 p.

ABNT NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: [s.n.], 1994. 37 p.

ABNT NBR 7070. Guia Para Amostragem de Gases e Óleo em Transformadores e Análise dos Gases Livres e Dissolvidos. Rio de Janeiro: [s.n.], 1981. 29 p.

ABNT NBR 7274. Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. 18 p.

ABNT NBR 7282:2011. Dispositivos fusíveis de alta tensão — Dispositivos tipo expulsão: Requisitos e métodos de ensaio. 2011. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011. 87 p.

ABNT NBR 8451. Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação. 2011. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1998. 13 p.

ÁLVARES, RICARDO COSTA, Diagnóstico de Falhas em Pára-raios Utilizando Termografia. 2008. 119f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ANEXO V NOTA TÉCNICA ANEEL. Submódulos Construtivos para Redes e Linhas de Distribuição: Catálogo Referencial de Módulos Padrões de Construção de Subestações, Linhas e Redes de Distribuição de Energia Elétrica. [s.l.: s.n.], 2010. 667 p.

CEMIG ND 53. Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão: Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea. Belo Horizonte: [s.n.], 2005. 108 p.

CEMIG N°02.118 CM/MD 001B. Especificação Técnica de Caixas para Medição, Proteção e Derivação. [S.l.: s.n.], 1993. 31 p.

CPFL Energia. Isolador de Disco. 2.3. 2017. Disponível em: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-1000.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.



JHON D. CAMPBELL; ANDREW K. S. JARDINE, 2001, p. 8, Marcel Dekker, Inc. New York. Basel

JUNGHEINRICH. Manual de Utilização: Carregador de baterias. Hamburg: [s.n.], 2015. 18 p.

MEGGER. Instruction Manual for Three-Phase TTR Transformer Turn Ratio Test Set: TTR 320 series. Rev A. ed. Norristown: [s.n.], 2008. 60 p.

MINIPA. Manual de Instruções: Alicata Terrômetro. Rev 2. ed. São Paulo: [s.n.], 2012. 28 p.

NR 10. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. [S.l.: s.n.], 1978. 14p. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

NR 35. Trabalho em Altura. [S.l.: s.n.], 2012. 12 p. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

PEREIRA, MARIO JORGE. Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011. 228 p.

SCHULZ. Manual de Instruções: Compressor de pistão acionamento por correia. Rev 11. ed. [S.l.: s.n.], 2011. 4 p.

STEMAC. MANUAL de Instalação, Operação e Manutenção. Porto Alegre: [s.n.], 2013. 59 p.

WEG. Disjuntores a Vácuo: Manual de Instalação, Operação e Manutenção. [S.l.: s.n.], 1993. 31 p.

WEG. Manual: Transformador a Óleo até 4000kVA. Rev 01. ed. São Paulo: [s.n.], 2010. 50 p.

## 8 ANEXOS

Tabela 1 - Tabela com as características técnicas referente ao isolador de topo classe 15 kV

Material do dielétrico		Porcelana ou vidro recozido		
Tensão de operação (kV)		15	24,2	24,2
Modelo		1	1	2
Dimensões (mm)	A	120 +/- 6	152 +/- 6	146 +/- 6
	B	100 +/- 5	130 +/- 5	190 +/- 5

	C	80+/-4	100+/-5	113+/-5
	D	60+/-3	80+/-4	89+/-4
	E	90+/-5	105+/-5	-
	F	45+/-3	55+/-3	-
Diâmetro da rosca (mm)		25	35	35
Distância de escoamento (mm)		230	318	330
Ruptura à flexão "F" (daN)		1000	1360	1100
Características elétricas	Tensão suportável nominal de frequência industrial sob chuva durante 1 minuto (kV)	34	50	50
	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico a seco (kV)	95	125	125
	Tensão de perfuração em óleo (kV)	95	115	130

Fonte: <http://sites.cpf.com.br/documentos-tecnicos/GED-1001.pdf>

Tabela 2 - Níveis de isolamento nominais da porcelana da chave fusível

Tensão máxima de operação (kV eficaz)	Corrente nominal da base (A)	Tensão suportável nominal (kV)				Porta fusível
		Frequência industrial (1)		Impulso atmosférico (2)		Capacidade de interrupção (A)
		à terra e entre pólos	entre contatos abertos	à terra e entre pólos	entre contatos abertos	simétrica
15	300	34	38	110	125	7100
15	300	34	38	110	125	10600
24,2	300	50	55	125	140	4500
24,2	300	50	55	125	140	8000

Fonte: Tabela 5 – ABNT 7282:2011

(1) Valor eficaz a seco, para 1 minuto      (2) valor de crista

Tabela 3 - Características técnicas do isolador de disco e muflas

Material do dielétrico		Porcelana ou vidro temperado
Dimensões	L (mm)	140
	D máximo (mm)	165
Distância de escoamento mínima (mm)		180
Ruptura mecânica ou eletromecânica (daN)		4500

Impacto (daN.cm)		50
Características elétricas	Tensão suportável nominal de frequência industrial sob chuva durante 1 minuto (kV)	25
	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico a seco (kV)	70
	Tensão de perfuração em óleo (kV)	80
	Tensão de descarga a seco 60Hz (kV)	70

Fonte: <http://sites.cpf.com.br/documentos-tecnicos/GED-1000.pdf>

Tabela 4 - Tabela de Valores Normalizados para Óleo Isolante

Ensaio	Resultados Típicos		Valores limites								Método ensaia do	
	Óleo novo	Óleo usado	Óleo novo	Óleo usado						Após tratamento		
				Satisfatório		A recondicionar		A regenerar	Até 230 kV	Acima		
				Ate 230kV	Acima	Ate 230 kV	Acima					
Rigidez dielétrica	50 65 - 70	> 40 > 70 - > 58	30 - - -	> 30 > 60 > 24 > 48	> 35 > 70 > 27 > 54	25 - 30 50 - 60 20 - 24 40 - 40	25 - 35 50 - 70 20 - 27 40 - 54	-	>3 3 >6 6 >2 5 >5 0	>38 >76 >30 >60	ASTM D877 (NBR 6869) ASTM D1816 ASTM D1816	
Conteúdo de água (ppm)	10	15	< 35	< 25	< 15	25 - 40	15 - 40	> 40	<2 0	<15	Método Karl Fischer ASTM D1533 MB-818	

Acidez (mgKOH/ g) óleo	0,03	0,1 - 0,2	< 0,0 4	< 0,3	< 0,1	-	> 0,4	< 0,1	ASTM D974 MB- 101 ASTM D664 MB- 494
Tensão interfacial N/m	0,04 5	0,02 - 0,03	> 0,0 4	> 0,025		0,02 - 0,025	< 0,020	> 0,03	ASTM D971 NBR 6234 ASTM D2285
Cor	0,5	1 - 1,5	< 1,0	< 3		03/abr	> 4	< 2	ASTM D1500 MB- 351
Fator de potência (%)	0,01 - 0,07 0,1	0,1 - 0,3 - - -	< 0,0 5 < 0,0 5 < 0,3 -	0,5 - - -		0,5 - 1,5 - - -	> 1,5 - - -	< 0,1 - - -	20°C 25°C ASTM D 100 °C 924 90°C VDE 370

Fonte: Manual de Transformadores a óleo até 4000 kVA, WEG-Rev01-2010

Tabela 5 - Tabela com as recomendações do que fazer com o óleo mineral após análise em laboratório

Tg a 90°C(%) ou FP a 100°C (%) (Fator de perdas dielétricas a 90°C ou a 100°C)	Rigidez	Teor de água	Acidez	TIF > 20 mN/m a 25 °C	Recomendações
A	A	A	A	A	Nenhuma
				N	Regeneração ou troca do óleo
			N	-	Regeneração ou troca do óleo e limpeza da PA
	N	A	A	A	Filtragem do óleo
				N	Regeneração ou troca de óleo

			A	-	Regeneração ou troca de óleo
			A	A	Secagem da PA e do óleo
		N		N	Secagem da PA e regeneração ou troca do óleo
				N	-
N	-	-	-	-	Regeneração ou troca do óleo

Notas: PA = parte ativa; A = atende; N = não atende

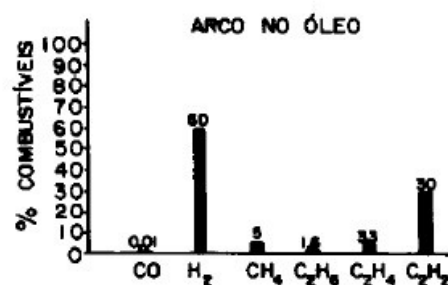
Regeneração = tratamento com terra Fuller = tratamento químico com meio básico (por exemplo, metassilicatos) e/ou tratamento com meio absorvente sólido (por exemplo, argilas, bauxita ou carvão ativado). O óleo assim tratado deve ser aditivado com 0,3% em massa de DBPC (dibutil terciário paracresol).

Fonte: Manual de Transformadores a óleo até 4000 kVA, WEG-Rev01-2010

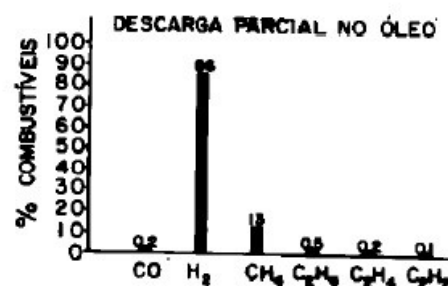
Figura 11 - Perfis típicos de composição do óleo isolante na análise cromatográfica

**ARCO**

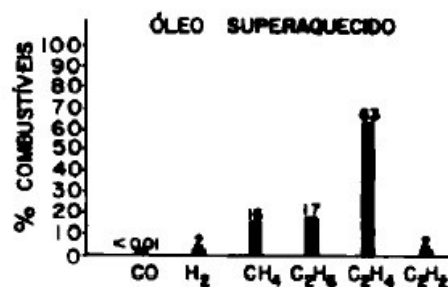
Grandes quantidades de hidrogênio e acetileno são produzidas, com pequenas quantidades de metano e etileno. Dióxido e monóxido de carbono também podem ser formados caso a falha envolva a celulose. O óleo poderá ser carbonizado. Gás-chave - Acetileno

**DESCARGAS PARCIAIS**

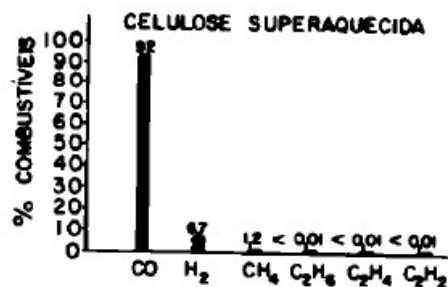
Descargas elétricas de baixa energia produzem hidrogênio e metano, com pequenas quantidades de etano e etileno. Quantidades comparáveis de monóxido e dióxido de carbono podem resultar de descargas em celulose. Gás-chave - Hidrogênio

**ÓLEO SUPERAQUECIDO**

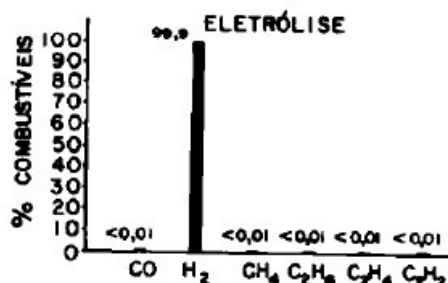
Os produtos de decomposição incluem etileno e metano, juntamente com quantidades menores de hidrogênio e etano. Traços de acetileno podem ser formados se a falha é severa ou se envolver contatos elétricos. Gás-chave - Etileno

**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. Gás-chave - Monóxido de carbono.

**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. Gás-chave - Hidrogênio.



Fonte: Figura retirada da Norma ABNT NBR 7274:1982

Tabela 6 – Temperaturas de Referência para os Enrolamentos do Transformador

Limites de elevação de temperatura dos enrolamentos Método de variação da resistência °C	Temperatura de referência °C
55	75
65	85
95	115

Fonte: Tabela retirada da Norma ABNT NBR 5356-1:2007

Tabela 7 - Fator de correção para o fator de potência da isolação dos enrolamentos de um transformador

Temperatura de ensaio °C	Fator de correção k
10	0,80
15	0,90
20	1,00
25	1,12
30	1,25
35	1,40
40	1,55
45	1,75
50	1,95
55	2,18
60	2,42
65	2,70
70	3,00

Fonte: Tabela retirada da Norma ABNT NBR 5356-1:2007

Tabela 8 - Torque orientativo para fixação dos parafusos no bloco compressor

Local	Volante no virabrequim				Cilindro no Cârtter				Tampa do Cilindro			
Modelo	CSI 3/4BR CSL 6BR	CSL 10BR CSL 15BR CSL 18BR	CSL 20BR CSL 30BR CSL 40BR	CSLV 60BR CSLV 70BR CSLV 80BR	CSI 3/4BR	CSL 10BR CSL 15BR CSL 18BR	CSL 20BRCSLV 60BR CSL 30BRCSLV 70BR CSL 40BRCSLV 80BR	CSI 3BR CSI 4BR CSL6BR	CSL 10BR CSL 15BR	CSL 18BR	CSL 30BR CSL 20BR	CSLV 60BR CSL 40BR CSLV 70BR CSLV 80BR
Torque (N x m)	8.0	25.0	127.0	137.0	24	25	29	12*	30.0	30.0	55.0	55.0

Local	Tampa cârtter no cârtter		Porca	Flange				Centro tampa do cilindro	
Modelo	CSI 3/4 BR	CLS 6BR	CSLV 60 CSLV 70 CSLV 80	CSL 10 BR CSL 15 BR CSL 18 BR	CSL 20BR	CSL 30BR CSL 40BR	CSLV 60BR CSLV 70BR CSLV 80BR	CSL 20BR	CSL 30BR CSL 40BR CSLV 60BR CSLV 70BR CSLV 80BR
Torque (N x m)	8.0	25.0	6,0*	8.0	15.0	15.0	30.0	12.1	25.0

Fonte: Tabela retirada do manual de instruções do fabricante SHULZ para compressores de pistão da linha BRAVO

Tabela 9 – Inspeções de manutenção e periodicidade

Inspeções de manutenção e Periodicidade													
REFE RÊNCI A	INSPEÇÃO	Nº ATIVO	PERIODICIDADE									STATUS(OK/ NOK)	
			DIÁRIA	SEMANAL	MENSAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	9 MESES	ANUAL	2 ANOS	OUTROS (QUAL?)		
1	Inspeção 01: Inspeção visual no Poste	1									X		
2	Inspeção 02/1: Inspeção visual no para raio	2									X		
3	Inspeção 02/2: Inspeção termográfica no para raio	2									X		
4	Inspeção 03/1: Inspeção visual nos isoladores de topo/pino	3									X		
5	Inspeção 03/2: Inspeção termográfica nos isoladores de topo/pino	3									X		
6	Inspeção 04/1: Inspeção visual nas chaves fusíveis	4									X		
7	Inspeção 04/2: Inspeção termográfica nas chaves fusíveis	4									X		
8	Inspeção 05: Inspeção visual na cruzeta	5									X		
9	Inspeção 06/1: Inspeção visual nas Mufas	6									X		
10	Inspeção 06/2: Inspeção utilizando ultrassom nas Mufas	6									X		
11	Inspeção 07: Inspeção visual do eletroduto de descida e fiação (fases L1, L2, L3 e neutro N)	7									X		
12	Inspeção 08/1: Inspeção visual dos isoladores de disco	8									X		
13	Inspeção 08/2: Inspeção termográfica dos isoladores de disco	8									X		
14	Inspeção 09/1: Inspeção visual no transformador quanto a registros operacionais	9	X										
15	Inspeção 09/2: Inspeção termográfica no transformador	9				X							
16	Inspeção 09/3: Inspeção visual geral do transformador	9						X					
17	Inspeção 09/4: Inspeção visual geral do transformador	9				X							
18	Inspeção 09/5: Processo de retirada do óleo do transformador	9								X			
19	Inspeção 09/6: Análise do óleo do transformador	9								X			
20	Inspeção 09/7: Cromatografia do óleo isolante do transformador	9								X			
21	Inspeção 09/8: Relação do número de espiras do transformador	9								X			
22	Inspeção 09/9: Resistência do isolamento com corrente contínua	9								X			
23	Inspeção 09/10: Resistência ôhmica dos enrolamentos do transformador	9								X			
24	Inspeção 09/11: Medição do fator de potência do isolamento	9								X			
25	Inspeção 10/1: Inspeção visual nas mufas de porcelana	10								X			
26	Inspeção 10/2: Inspeção termográfica nas mufas da subestação	10								X			
27	Inspeção 11/1: Inspeção visual dos quadros de medição da subestação	11								X			
28	Inspeção 12/1: Relação do número de espiras do transformador de potencial (TP)	12								X			
29	Inspeção 12/2: Resistência do isolamento com corrente contínua dos TP's	12								X			



30	Inspeção 13/1: Relação do número de espiras do transformador de corrente (TC)	13							X			
31	Inspeção 13/2: Resistência do isolamento com corrente contínua dos TC's	13							X			
32	Inspeção 14/1: Teste da resistência de contato do circuito principal do disjuntor	14							X			
33	Inspeção 14/2: Resistência do isolamento do circuito principal do disjuntor com corrente contínua	14							X			
34	Inspeção 14/3: Resistência do isolamento do circuito auxiliar do disjuntor com corrente contínua	14							X			
35	Inspeção 14/4: Inspeção visual e manual do disjuntor	14							X			
36	Inspeção 14/5: Medição do fator de potência do isolamento	14							X			
37	Inspeção 14/6: Inspeção termográfica no disjuntor	14				X						
38	Inspeção 15/1: Inspeção visual nas chaves seccionadoras com suporte para fusível	15							X			
39	Inspeção 15/2: Inspeção termográfica nas chaves seccionadoras com base para fusível	15							X			
40	Inspeção 15/3: Resistência do isolamento das chaves seccionadoras com suporte para fusível	15							X			
41	Inspeção 16/1: Inspeção visual e manual do Grupo Motor Gerador (GMG)	16	X									
42	Inspeção 16/2: Troca de óleos e peças do Grupo Motor Gerador (GMG)	16					X					
43	Inspeção 16/3: Troca de peças do Grupo Motor Gerador, limpezas e inspeções visuais (GMG)	16									18 meses	
44	Inspeção 16/4: Reapertos, limpezas e Troca de peças do Grupo Motor Gerador (GMG)	16									4500 horas	
45	Inspeção 17/1: Limpezas e inspeção do sistema de incêndio da Edificação da Subestação	17							X			
46	Inspeção 18/1: Inspeção do sistema de aterramento utilizando terrômetro de três pontas	18							X			
47	Inspeção 19/1: Limpezas e inspeção dos bancos de capacitores dos Cubículos BT	19					X					
48	Inspeção 20/1: Limpezas e inspeção das lâmpadas LED dos galpões	20			X					X		
49	Inspeção 21/1: Inspeção quanto a aspectos gerais dos compressores	21	X	X	X	X		X	X			
50	Inspeção 22/1: Inspeção quanto a aspectos gerais dos carregadores de bateria	22					X					

Fonte: Elaborado pelo autor