

## ANEXO

### 1. Plano Mínimo de Manutenção

1.1 O Plano Mínimo de Manutenção define as atividades mínimas de manutenção preditiva e preventiva e suas periodicidades para transformadores de potência e autotransformadores, reatores, capacitores, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores para instrumentos, para-raios e linhas de transmissão.

1.2 As atividades e periodicidades de manutenção para outros equipamentos, inclusive para os sistemas de proteção e serviços auxiliares, apesar de não constarem no Plano Mínimo de Manutenção, devem estar especificadas nos planos de manutenção das transmissoras.

1.3 As atividades estabelecidas neste documento não constituem o conjunto completo de atividades necessárias à manutenção dos equipamentos e linhas de transmissão, mas o mínimo aceitável do ponto de vista regulatório. Assim, cabe à transmissora estabelecer seu plano de manutenção, com base nas normas técnicas, nos manuais dos fabricantes e nas boas práticas de engenharia, a fim de garantir a prestação do serviço adequado e a conservação das instalações sob sua concessão.

1.4 A partir dos resultados das manutenções preditivas e preventivas a transmissora deve efetuar as correções das anomalias verificadas.

1.5 As manutenções preventivas só poderão ser realizadas em intervalos superiores aos estabelecidos neste plano quando forem adotadas técnicas de manutenção baseadas na condição ou na confiabilidade. Neste caso, deverá ser apresentado laudo técnico que aponte a condição do equipamento que justifica a postergação da manutenção preventiva baseada no tempo.

1.6 A seguir serão apresentadas as atividades mínimas e periodicidades para as manutenções preditivas e preventivas dos equipamentos indicados no item 1.1.

### 2. Manutenção Preditiva

2.1 As atividades mínimas de manutenção preditiva em subestações consistem em:

- a) Inspeções Visuais;
- b) Inspeções Termográficas nos equipamentos e em suas conexões;
- c) Ensaio do Óleo Isolante dos equipamentos.

2.2 As inspeções visuais devem ser realizadas regularmente visando verificar o estado geral de conservação da subestação, incluindo a limpeza dos equipamentos, a qualidade da iluminação do pátio e a adequação dos itens de segurança (por exemplo, extintores e sinalização). Durante as inspeções visuais devem ser verificados, entre outras coisas, a existência de vazamentos de óleo nos equipamentos e de ferrugem e corrosão em equipamentos e estruturas metálicas, a existência de vibração e ruídos anormais, o nível de óleo dos principais equipamentos e o estado de conservação dos armários e canaletas e as condições dos aterramentos.

2.3 As inspeções termográficas em subestações devem ser realizadas, no mínimo, a cada seis meses, devendo ser avaliados não apenas as conexões, mas todos os equipamentos da subestação.

2.4 Para os ensaios do óleo isolante, como envolvem equipamentos específicos, os critérios e periodicidades serão definidos no item referente aos equipamentos.

### **3. Transformadores de Potência e Autotransformadores**

3.1 As atividades mínimas de manutenção em transformadores e autotransformadores consistem em:

- a) Análise dos gases dissolvidos no óleo isolante;
- b) Ensaio físico-químico do óleo isolante;
- c) Manutenção preventiva periódica.

3.2 A análise dos gases dissolvidos e o ensaio físico-químico do óleo isolante devem ser realizados conforme as normas técnicas específicas e com a periodicidade definida na Tabela 1.

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

- Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas;
- Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das vedações;
- Verificação do nível do óleo isolante do tanque principal;
- Verificação do aterramento do tanque principal;
- Verificação do funcionamento do relé de gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal;
- Verificação do estado de saturação do material secante utilizado na preservação do óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das bolsas e membranas do conservador;
- Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura;
- Verificação do funcionamento do sistema de circulação de óleo;
- Verificação do sistema de resfriamento;
- Medição de vibração e ruído de ventiladores e bombas do sistema de resfriamento;
- Verificação do sistema de comutação manual e automática (se existente);
- Verificação do nível do óleo do compartimento do comutador;
- Inspeção da caixa de acionamento motorizado do comutador;
- Inspeção da fiação e das caixas de interligação;
- Ensaios de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva.

3.4 Em função das manutenções preditivas e preventivas realizadas e do número de comutação (em transformadores com comutador em carga) deve ser avaliada a necessidade de realização das seguintes atividades na manutenção preventiva periódica:

- Inspeção interna do comutador;
- Verificação do estado das conexões elétricas do comutador e do sistema de isolamento;
- Verificação do desgaste dos contatos elétricos e troca dos componentes desgastados;
- Ensaio de relação de transformação nos pontos de comutação;
- Verificação do estado do óleo isolante dos comutadores (quando aplicável);

- Verificação do mecanismo de acionamento do comutador;
- Ensaio de fator de potência, de resistência de isolamento e de resistência ôhmica dos enrolamentos.

3.5 A Tabela 1 resume as atividades mínimas e periodicidades para a manutenção de transformadores de potência e autotransformadores.

**Tabela 1**

<b>Atividade</b>	<b>Periodicidade máxima (meses)</b>
Análise de gases dissolvidos no óleo isolante	6
Ensaio físico-químico do óleo isolante	12
Manutenção preventiva periódica	72

#### **4. Reatores**

4.1 As atividades mínimas de manutenção em reatores consistem em:

- a) Análise dos gases dissolvidos no óleo isolante;
- b) Ensaio físico-químico do óleo isolante;
- c) Manutenção preventiva periódica.

4.2 A análise dos gases dissolvidos e o ensaio físico-químico do óleo isolante devem ser realizados conforme as normas técnicas específicas e com a periodicidade definida na Tabela 2.

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

- Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e corrosão nas partes metálicas;
- Verificação da existência de vazamentos de óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das vedações;
- Verificação do nível do óleo isolante do tanque principal;
- Verificação do aterramento do tanque principal;
- Verificação do funcionamento do relé gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal;
- Verificação do estado de saturação do material secante utilizado na preservação do óleo isolante;
- Verificação do estado de conservação das bolsas e membranas do conservador;
- Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura;
- Verificação do funcionamento do sistema de circulação de óleo;
- Verificação do sistema de resfriamento;
- Medição de vibração e ruído de ventiladores e bombas do sistema de resfriamento;
- Inspeção da fiação e das caixas de interligação;
- Ensaio de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva.

4.4 Em função das manutenções preditivas e preventivas realizadas deve ser avaliada a necessidade de realização dos ensaios de fator de potência, de resistência de isolamento e de resistência ôhmica dos enrolamentos.

4.5 A Tabela 2 resume as atividades mínimas e periodicidades para a manutenção de reatores.

**Tabela 2**

<b>Atividade</b>	<b>Periodicidade máxima (meses)</b>
Análise de gases dissolvidos no óleo isolante	6
Ensaio físico-químico do óleo isolante	12
Manutenção preventiva periódica	72

## **5. Capacitores**

5.1 Os capacitores devem ser inspecionados, no mínimo, a cada dois anos, quando devem ser realizadas as seguintes atividades:

- Inspeção do estado geral de conservação: limpeza, pintura e incrustações;
- Inspeção geral das conexões e verificação da existência de vazamentos e deformações;
- Ensaio de medição da capacitância;
- No caso de compensadores paralelos estáticos ou compensadores série variáveis, verificação dos filtros indutivos e/ou módulos de tiristores.
- Medição da corrente de desbalanço e substituição, quando necessário, dos elementos capacitivos internos danificados;
- Reaperto de conexões e substituição de componentes, quando necessário.

## **6. Disjuntor**

6.1 Para a definição da periodicidade da manutenção preventiva, os disjuntores foram divididos de acordo com a concepção do sistema utilizado para extinção do arco elétrico, ou seja, disjuntores a ar comprimido, disjuntores a grande volume de óleo – GVO –, disjuntores a pequeno volume de óleo – PVO e disjuntores a SF6. Em todos os casos, as atividades mínimas de manutenção preventiva consistem em:

- Verificação geral na pintura, estado das porcelanas e corrosão;
- Remoção de indícios de ferrugem e lubrificação;
- Verificações do sistema de acionamento e acessórios;
- Aferição de densímetros, pressostatos e manostatos;
- Verificações do circuito de comando e sinalizações e dos níveis de alarmes;
- Verificação das caixas de interligações;
- Verificação de aperto de parafusos;
- Verificação de vazamento em circuitos hidráulicos e amortecedores;
- Verificação de vazamentos de gás ou óleo;
- Execução de ensaios de resistência de contatos do circuito principal;
- Execução de ensaios de operação mecânica;
- Execução de ensaios dielétricos no circuito principal;
- Execução de ensaios nos circuitos auxiliar e de controle;
- Execução de ensaios nas buchas;
- Execução de ensaios de condutividade;
- Medição dos tempos de operação: fechamento, abertura, abertura fechamento, atuação das bobinas e sistema antibombeamento;

- Teste do comando local e a distância e acionamento do relé de discordância de polos;
- 6.2 No caso de disjuntores a óleo:
- Ensaio de rigidez dielétrica do óleo.
- 6.3 No caso de disjuntores a GVO:
- Ensaio de fator de potência e resistência de isolamento do disjuntor.
- 6.4 No caso de disjuntores a ar comprimido:
- Ensaio nos reservatórios de ar comprimido.
- 6.5 No caso de disjuntores a SF<sub>6</sub>:
- Ensaio de fator de potência e capacitância dos capacitores;
  - Verificação do tanque de ar e do óleo do compressor;
  - Verificação de umidade e reposição de gás SF<sub>6</sub>.
- 6.6 A partir dos resultados das manutenções preditivas, preventivas e do número de operações dos disjuntores, deve ser avaliada a necessidade de abertura da câmara de extinção e da substituição de contatos, vedações, rolamentos, buchas, molas, gatilhos, amortecedores e componentes elétricos do painel.
- 6.7 A Tabela 3 apresenta as periodicidades para a manutenção preventiva de disjuntores:

**Tabela 3**

<b>Disjuntor</b>	<b>Periodicidade Máxima da Manutenção Preventiva (meses)</b>
Ar comprimido	72
GVO	36
PVO	36
SF <sub>6</sub> – acionamento a mola	72
SF <sub>6</sub> – acionamento pneumático	72
SF <sub>6</sub> – acionamento hidráulico	72

## **7. Chaves Seccionadoras, Transformadores para Instrumento e Para-Raios**

7.1 As manutenções preventivas periódicas de chaves seccionadoras, transformadores para instrumento e para-raios devem ser realizadas na periodicidade definida para o equipamento principal da Função Transmissão – FT a qual estes equipamentos estão associados, buscando o aproveitamento dos desligamentos e uma maior disponibilidade da FT.

7.2 Para as chaves seccionadoras, as atividades mínimas de manutenção a serem realizadas nas manutenções preventivas periódicas são:

- Inspeção geral do estado de conservação;
- Verificação da limpeza da parte ativa;
- Limpeza dos contatos e aplicação de lubrificante na superfície do contato;
- Verificação da necessidade de substituição de contatos danificados ou corroídos;
- Verificação dos cabos de baixa tensão e de aterramento;

- Inspeção do armário de comando e seus componentes;
- Verificação do mecanismo de operação;
- Inspeção e limpeza de isoladores, das colunas de suporte e dos flanges dos isoladores;
- Lubrificação dos principais rolamentos e articulações das hastes de acoplamento;
- Verificação do aperto dos parafusos;
- Verificação do funcionamento dos controles locais e da operação manual;
- Verificação dos ajustes dos batentes e das chaves de fim de curso;
- Verificação de ajustes, alinhamento e simultaneidade de operação das fases;
- Medição de resistência de contato;
- Execução de manobras de fechamento e abertura;
- Verificação da operação da resistência de aquecimento, proteção do motor e intertravamento eletromecânico.

7.3 No caso de transformadores para instrumento, as atividades mínimas de manutenção preventiva consistem em verificações do estado geral de conservação, limpeza de isoladores, reposição de óleo e/ou gás SF<sub>6</sub> e verificação do estado do material secante utilizado, além dos ensaios de medição de resistência de isolamento e fator de potência.

7.4 Na manutenção preventiva de para-raios devem ser realizadas verificações gerais do estado de conservação das ferragens e da porcelana, dos invólucros, dos miliamperímetros e dispositivo contador de descargas. A medição da corrente de fuga pela componente resistiva deve ser realizada em locais onde os para-raios estejam expostos a altas atividades atmosféricas ou muita poluição; ou, ainda, antes de uma temporada de descargas e após períodos com condições climáticas adversas.

## **8. Linhas de Transmissão**

8.1 As atividades mínimas de manutenção para as linhas de transmissão são:

- a) Inspeção Terrestre;
- b) Inspeção Aérea.

8.2 A inspeção terrestre e a inspeção aérea devem ser realizadas, no mínimo, a cada doze meses e em períodos não coincidentes, preferencialmente intercaladas a cada seis meses (antes do início do período chuvoso e antes do início do período de queimadas).

8.3 Nas inspeções terrestres deverão ser verificados: o estado geral da linha de transmissão, a estabilidade das bases das estruturas quanto a erosões e desbarrancamentos, a situação dos estais, a situação dos aterramentos (contrapesos), a situação dos acessos até as estruturas, a proximidade da vegetação aos cabos, a possibilidade de queimadas e a possibilidade de invasão da faixa de servidão.

8.4 Nas inspeções aéreas deverão ser verificados: o estado geral da linha de transmissão, a integridade das cadeias de isoladores, a verificação de pontos quentes, a integridade dos cabos para-raios, a estabilidade das estruturas, a aproximação da vegetação aos cabos e a possibilidade de queimadas.

8.5 A partir dos resultados das inspeções terrestres e aéreas regulares deve ser avaliada a necessidade de inspeções terrestres detalhadas com escalada de estruturas, inspeções termográficas, inspeções noturnas para observação de centelhamento em isolamentos ou de inspeções específicas para identificação de defeitos (oxidação de grelhas, estado de parafusos de sustentação de cadeias,

danificação de condutores internos a grampos de suspensão ou espaçadores, danificação de isoladores de pedestal, etc.).

8.6 Devem ser realizadas inspeções adicionais nas áreas com risco potencial de vandalismo (trechos urbanos com alta concentração demográfica), áreas de implantação industrial (com alta concentração de poluentes) e áreas junto ao litoral.

8.7 Nos relatórios de inspeção de linhas de transmissão deve constar registro fotográfico dos pontos relevantes que permita a verificação da limpeza da faixa de servidão e do tipo e altura da vegetação circunvizinha. Devem ser registradas a data e a hora das fotografias e as coordenadas geográficas dos pontos em que elas foram tiradas.

8.8 As concessionárias deverão manter cadastro atualizado das linhas de transmissão, contendo as restrições ambientais, o tipo de arborização existente sob as linhas e as periodicidades de podas e roçadas recomendadas.

## 9. Resumo das Periodicidades de Manutenção

Equipamento	Atividade	Periodicidades máximas (meses)
Equipamentos de Subestações	Inspeções Termográficas	6
Transformadores/Autotransformadores	Análise de gases dissolvidos no óleo isolante	6
	Ensaio físico-químico do óleo isolante	12
	Manutenção preventiva periódica	72
Reatores	Análise de gases dissolvidos no óleo isolante	6
	Ensaio físico-químico do óleo isolante	12
	Manutenção preventiva periódica	72
Capacitores	Inspeção Periódica	24
Disjuntores – GVO/PVO	Manutenção Preventiva Periódica	36
Disjuntores – Ar Comprimido/SF6	Manutenção Preventiva Periódica	72
Linha de Transmissão	Inspeção Terrestre	12
	Inspeção Aérea	12
Chave Seccionadora	Manutenção Preventiva Periódica	*
Transformadores para Instrumento	Manutenção Preventiva Periódica	*
Para-raios	Manutenção Preventiva Periódica	*

\* Periodicidade da manutenção preventiva periódica do equipamento principal da Função Transmissão.