

## DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE GESTÃO PARA MANUTENÇÕES EM EQUIPAMENTOS DE MÉDIA E ALTA TENSÃO

### **Gerson Batista Coelho<sup>(1)</sup>**

Oficial de Manutenção Elétrica (SABESP) - graduado em Eng. Elétrica e Eletrônica pela Universidade de Taubaté (UNITAU).

### **Lincoln Luan Souza Teles<sup>(2)</sup>**

Enc. De Manutenção Eletromecânica (SABESP), graduado em Eng. Mecânica pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL), pós-graduado em Gestão de Manutenção na Indústria 4.0 (SENAI).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Newton de Almeida Castro, 94 – Jardim Nathalie – Mogi das Cruzes – São Paulo - CEP: 08725-735 - Brasil - Tel: +55 (11) 97097-8661 - e-mail: [gccoelho@sabesp.com.br](mailto:gccoelho@sabesp.com.br).

### **RESUMO**

A universalização do saneamento é algo que se destaca para preservação do meio ambiente, evitando a contaminação de córregos e rios de forma sustentável, assim, devolvendo a vida para estes, beneficiando toda a sociedade. Para tanto, a garantia da operacionalidade das unidades envolvidas no processo de saneamento é fundamental. O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é responsável pelo fornecimento de energia elétrica das unidades operacionais, possibilitando o funcionamento dos equipamentos. A gestão de ativos dos equipamentos de alta e média tensão, proporciona maior confiabilidade e operacionalidade contínua dos processos. Através de boas práticas de manutenção, é possível mitigar falhas funcionais dos equipamentos, suprimindo a descontinuidade dos processos. A elaboração de procedimento composto por metodologias fundamentadas em boas práticas, formulários padronizados e critérios de avaliação asseguram a confiabilidade operacional dos ativos. Com a implementação do procedimento para execução das manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos de alta e média tensão, possíveis falhas são diagnosticadas com maior precisão, direcionando as ações de manutenção, a fim de eliminar a extensão de danos aos ativos, maximizando sua confiabilidade no ciclo de vida, garantido o cumprimento ao critério 6.3 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), agregando valor para unidades operacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** SEP, Gestão de Ativos, Procedimento.

### **1 – INTRODUÇÃO**

A conjuntura global referente a universalização do saneamento, apresenta grande relevância às concessionárias de serviços de saneamento, a fim de atender os requisitos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6.3, que tem como objetivo "até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo pela metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente" (ONU, 2015).

A Companhia de Saneamento, atende a diversos municípios da região metropolitana, com vazão de tratamento, somada em suas unidades, de aproximadamente 20m<sup>3</sup>/s.

O Sistema Suzano de Tratamento, possui 1 Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) principal e 8 ETE's Isoladas, com vazões somadas de aproximadamente 1.000l/s. Também possui 5 Estações Elevatórias de Esgotos (EEE's), que são responsáveis por elevar os esgotos até as cotas das ETE's.

A gestão da manutenção de equipamentos de alta tensão desempenha um papel determinante na garantia operacional das unidades. Com a definição de procedimentos de ensaios, inspeções periódicas e critérios de avaliações das manutenções preventivas e corretivas, proporcionarão confiabilidade e maior disponibilidade operacional do SEP.

A partir destas premissas, a manutenção preventiva está ligada à gestão de ativos, uma vez que a preservação e o bom funcionamento dos equipamentos influenciam diretamente a vida útil dos ativos de uma organização garantido a geração de valor. A implementação de procedimentos de manutenções preventivas e corretivas em equipamentos de alta e média tensão é fundamental para garantir a confiabilidade do sistema elétrico de potência, minimizando o risco de falhas operacionais e reduzindo custos com reparos emergenciais.

## **2 – OBJETIVO**

Estabelecer metodologia eficiente para a gestão de equipamentos de média e alta tensão, visando garantir a segurança e confiabilidade operacional, a fim de possibilitar a continuidade dos serviços de saneamento.

## **3 – METODOLOGIA**

Na execução das rotas de inspeção de manutenção nas plantas de tratamento de esgoto pertencentes ao Sistema Suzano, foram identificadas condições de conservação desfavoráveis para operacionalidade dos equipamentos de média e alta tensão, aumentando a suscetibilidade de falha funcional.

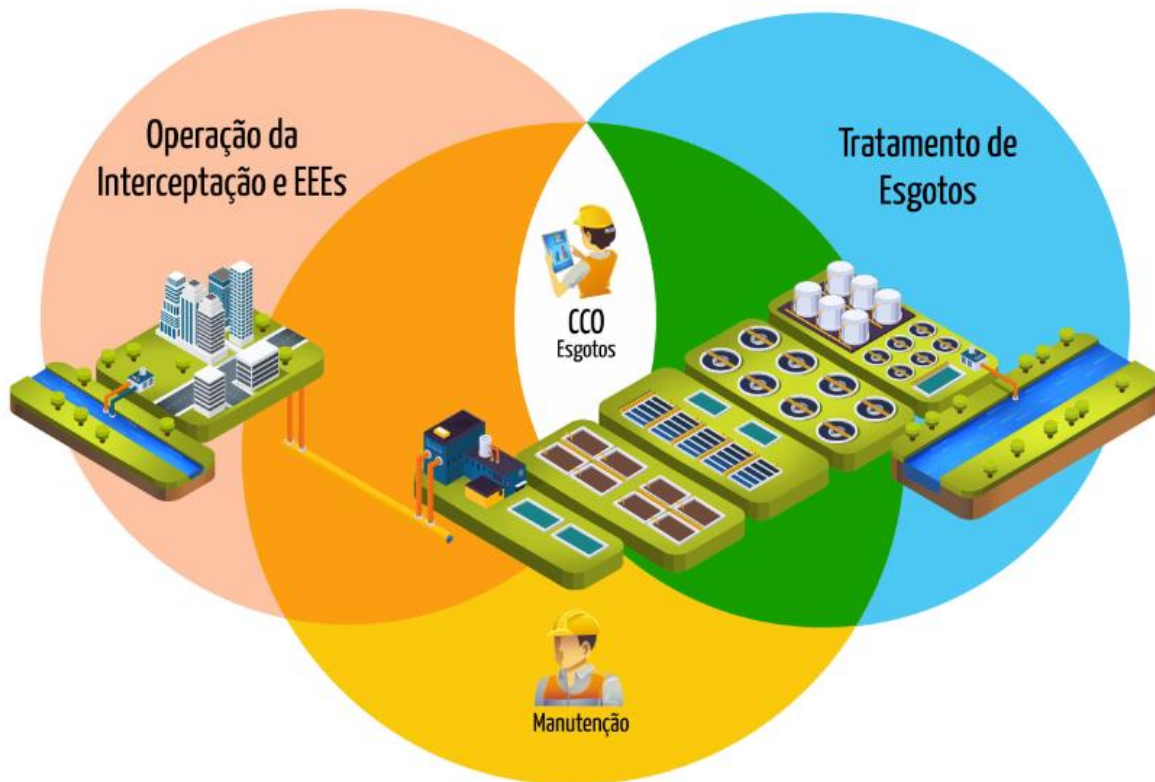
Com a redução no quadro operacional das unidades de manutenção estratégica, o efetivo para realização das manutenções em equipamentos de média e alta tensão, passou a ser insuficiente, necessitando realizar a contratação de parte dos serviços. Inicialmente foram contratadas manutenções preditivas (termografia e análise de óleo), o que possibilitou acompanhamento de parte dos equipamentos de média e alta tensão. No entanto, insuficiente para garantir confiabilidade operacional do SEP.

Portanto, fez-se necessário o desenvolvimento de metodologia de gestão para manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos de média e alta tensão.

## **4 – CONTEXTUALIZAÇÃO**

O Sistema Suzano de esgotamento sanitário, é composto por afastamento, tratamento de esgotos e disposição final, conforme apresentado na figura 1:

### **Figura 1 – SISTEMA DE ESGOTAMENTO**



Fonte: <http://portal-intranet.ti.sabesp.com.br/group/mt-unidade-de-negocio-de-tratamento-de-esgotos-da-metropolitana/pesquisa-de-satisfa%C3%A7%C3%A3o>

- Afastamento - São as atividades de acompanhar e controlar o transporte dos efluentes, via sistema de coletor-tronco (acima de 600mm), interceptores e elevatórias, conduzindo os esgotos até as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's), incluindo as atividades de gestão qualitativa e quantitativa.
- Tratamento de Esgotos - São as atividades de condicionamento dos efluentes realizadas pelas cinco ETEs do sistema principal, as quais foram projetadas para remoção de carga orgânica superior a 80%, utilizando processo de tratamento secundário por lodos ativados, constituído das seguintes etapas: preliminar (gradeamento e desarenação), primário (decantação ou peneiramento), secundário (oxidação biológica e decantação), tratamento de lodos (adensamento por gravidade ou flotação), estabilização dos lodos (biológica ou química) e desaguamento por filtro-prensa. Também possui processos de tratamento para sistemas isolados por flotação, lagoa aerada, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), baias de infiltração, valas de oxidação, lagoa anaeróbia entre outros.
- Disposição final - São as atividades relativas a destinação do efluente junto ao corpo receptor ou por meio de água de reuso e do resíduo sólido por meio de encaminhamento aos aterros sanitários.

As unidades que compõem o Sistema Suzano são: 5 Estações Elevatórias de Esgotos (EEE), 9 Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), sendo 8 Isoladas e 1 Principal.

## 5 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A confiabilidade no abastecimento de energia elétrica das unidades de saneamento é fundamental para garantir a operacionalidade contínua dos processos. Gerir sistemicamente o SEP das unidades, possibilita maior controle dos ativos, conhecendo suas peculiaridades e condições reais de funcionamento.

A gestão deste processo é conduzida a partir de procedimentos, metodologias e ensaios, fundamentados em normas técnicas e conhecimentos acadêmicos, tanto práticos quanto teóricos.

## 5.1 – NORMATIZAÇÃO

A NBR 5462 (ABNT, 1994) cita que é fundamental a definição de critérios específicos para realizar as manutenções dos equipamentos, afim de reduzir a probabilidade de falha e degradação de um equipamento.

A NORMA NBR 14039 (ABNT, 2021) orienta que a manutenção corretiva é aquela que é efetuada após a ocorrência de uma falha, destinada a recolocar um equipamento em condições de executar sua função. Também é importante realizar inspeções visuais antes das realizações dos ensaios dos equipamentos.

A NBR 5356 normatiza a tolerância no erro de relação de transformação que não deve exceder a  $\pm 0,5\%$  ou  $1/10$  do valor medido da tensão de curto-circuito em porcentagem, devendo-se considerar o menor dos valores. Para entender os resultados deve-se consultar a NBR 7036. Esta Norma fixa, como temperatura de referência,  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e apresenta as Equações (3) e (4) para a correção e adaptação de resultados.

## 5.2 – ENSAIOS EM EQUIPAMENTOS DE MÉDIA E ALTA TENSÃO

### ➤ Ensaio de resistência de isolamento

Consiste em analisar, detectar e prevenir possíveis falhas na isolação, a partir da análise das condições da isolação do equipamento por meio do estudo das características do meio isolante, com tensão DC, conforme lei de Ohm da equação (1). Para este ensaio utiliza-se o instrumento megômetro (*megger*).

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{equação (1)}$$

A fonte de corrente contínua deve ser extremamente estável. Referindo-se à equação (2) de tensão dc de um transformador.

$$V = I * R + \left( L \frac{di}{dt} \right) \quad \text{equação (2)}$$

Onde,

Vdc = Tensão de um Enrolamento do Transformador.

I = Corrente DC por Enrolamento do Transformador.

R = Resistência do Enrolamento do Transformador.

L = Indutância do Enrolamento do Transformador.

di/dt = Valor Variável da Corrente (Corrente de Ondulação).

Assumimos que o testador tem uma fonte muito estável (ou seja, sem ondulação), então di/dt é zero e o termo L di/dt torna-se zero.

### ✓ Análise dos Resultados

A NBR 7036 fixa para a correção e adaptação como temperatura de referência,  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , têm-se as equações (3) e (4)

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = \frac{R_T}{2^A} \quad \text{equação (3)}$$

Onde,

$$A = \frac{75 - T}{10} \quad \text{equação (4)}$$

RT - Resistência de Isolamento na Temperatura T °C.

T - Temperatura Medida no Ensaio.

R75 °C - Resistência de Isolamento na Temperatura 75 °C.

Outros indicadores importantes que podem ser retirados a partir do ensaio de isolamento DC são os Índices de Absorção Dielétrica e de Polarização, que indicam o grau de degradação da isolação por umidade ou contaminação absorvida pela isolação. Os índices de Absorção dielétrica e polarização podem ser calculados através das equações (5) e (6) respectivamente.

$$I_{ad} = \frac{R_{\text{isolamento a 1 minuto}}}{R_{\text{isolamento a 30 segundos}}} \quad \text{equação (5)}$$

$$I_p = \frac{R_{\text{isolamento a 10 minutos}}}{R_{\text{isolamento a 1 minuto}}} \quad \text{equação (6)}$$

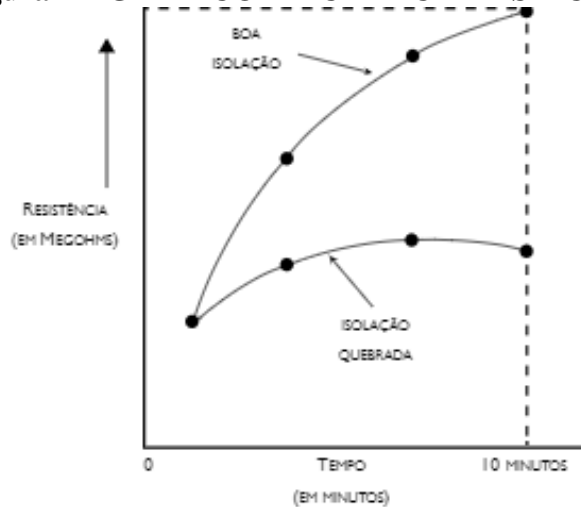
Onde,

I<sub>ad</sub> = Índice absorção dielétrica.

I<sub>p</sub> = Índice de polarização.

Com os resultados obtidos nas medições, e com as devidas correções aplicadas as mesmas, pode-se correlacionar com o gráfico da figura 2, que mostra as características da resistência de isolamento em função do tempo.

**Figura 2 – GRÁFICO DE CARACTERÍSTICAS DE ISOLAÇÃO**



Fonte: CIGRE BRASIL, GT A2.05, 2013

O gráfico da figura 2 mostra um crescimento contínuo que indica boa isolamento e uma curva decrescente que indica isolamento degradada (PAULINO, 2014). Portanto, a resistência deve aumentar com o tempo à medida que as correntes capacitivas e polarizadoras começam a diminuir.

➤ Ensaio de resistência dos enrolamentos

Tem como objetivo se obter o valor da resistência ôhmica dos enrolamentos do transformador, podendo detectar curto-circuito nas espiras e envelhecimento das bobinas. O ensaio consiste em medir com auxílio de uma Ponte Kelvin (ou microhmímetro), as resistências ôhmicas dos enrolamentos primários e secundário do transformador, verificando-se também a sua continuidade. A resistência ôhmica dos enrolamentos do transformador é medida colocando o comutador na posição da maior derivação.

A tensão através de um indutor é proporcional à taxa de mudança de tempo da corrente através dele, conforme a equação (7).

$$V=L \frac{di}{dt} \quad \text{equação (7)}$$

$$V=I \cdot R + \left( L \frac{di}{dt} \right) \quad \text{equação (8)}$$

Onde,

V<sub>dc</sub> = Tensão de um Enrolamento do Transformador.

I = Corrente DC do Enrolamento do Transformador.

R = Resistência do Enrolamento do Transformador.

L = Indutância do Enrolamento do Transformador.

di/dt = Valor Variável da Corrente (Corrente de Ondulação).

A fonte de corrente contínua deve ser extremamente estável. Referindo-se à equação (8) de tensão dc de um transformador.

Para análise dos resultados, deve-se comparar os valores medidos com os especificados no catálogo do fabricante. Para qualquer diferença acima de 2% do valor médio deve ser pesquisada a existência de anormalidades tais como: espiras em curto, número incorreto de espiras, dimensões incorretas do condutor e outros. Também é importante que seja analisado o histórico do equipamento, para se verificar se já houve reparos nos terminais dos enrolamentos ou em chaves comutadoras.

➤ Ensaio de relação de transformação

Consiste na determinação da proporção existente entre as tensões do enrolamento primário e secundário. O objetivo é determinar a relação a partir da relação de tensão. Para realizar este ensaio utiliza-se o instrumento *TTR – Transformer Turns Ratio*.

Determina-se o valor da relação de transformação teórica  $K_T$  utilizando a equação (9), com um pequeno erro, já que  $E_1$  e  $E_2$  são inacessíveis a uma medição, (ALMEIDA; COGO; ABREU, [198-]b).

$$K_T = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{V_1}{V_2} \quad \text{equação (9)}$$

Transformadores com baixos valores de perdas, adotam-se, na prática, as relações mostradas na equação (10), sendo  $K$  definida como a relação de transformação. (ALMEIDA; COGO; ABREU, [198-]b). (1.4). Desta maneira, os transformadores podem ser classificados de acordo com o valor de  $K$ : a) Para  $K > 1$  – Transformador abaixador; b) Para  $K < 1$  – Transformador elevador

$$K = K_T = \frac{E_1}{E_2} \cong K_R = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{equação (10)}$$

A relação de transformação de transformadores trifásicos com ligações  $\Delta$ - Y e Y- $\Delta$  são dadas pelas equações (11) e (12) respectivamente.

$$K_{\Delta-Y} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{V_1}{V_2/\sqrt{3}} = \sqrt{3} \frac{V_1}{V_2} \quad \text{equação (11)}$$

$$K_{Y-\Delta} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} \cong \frac{V_1/\sqrt{3}}{V_2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_1}{V_2} \quad \text{equação (12)}$$

Portanto, pode-se calcular o erro entre os valores de relação nominal medida, através da equação (13).

$$\text{Erro}(\%) = \frac{V_n - V_m}{V_n} * 100(\%) \quad \text{equação (13)}$$

Onde:

$V_n$  - Valor Calculado da Tensão.

$V_m$  - Valor Medido da Tensão.

O erro calculado entre a relação do valor da relação de tensão calculado e valor de tensão medida deve ter variação de no máximo de  $\pm 0,5\%$ .

➤ Ensaio fator de potência

Consiste em determinar as condições de isolamento do equipamento através da verificação da variação das características do material isolante, com aplicação de tensão AC. Esta variação está relacionada com o efeito dos agentes agressivos do meio isolante, principalmente, água (umidade), calor, ionização (corona), impurezas etc., que reduz a sua rigidez dielétrica e aumenta suas perdas dielétricas. O fator de potência do isolamento de um equipamento sob ensaio, é obtido através das equações (14) e (15) de acordo com o instrumento utilizado, pelo método volt-ampère e perdas em watt da isolamento, utilizando-se equipamento em campo para ensaio.

$$\cos\phi(\%) = \frac{mW}{mVA} * 100 \quad \text{equação (14)}$$

$$\cos\phi(\%) = \frac{W}{mA} * 10 \quad \text{equação (15)}$$

Conforme a NBR 5356-1 (2007) os valores de tensão de ensaio devem estar compreendidos entre 2,5 e 10 kV para enrolamentos com tensão nominal superior a 1,2 kV. Considera-se um bom isolamento do valor do fator de potência quando apresentarem valores mais baixos possíveis. A NBR 5356-1 (2007) determina valores máximos admissíveis para transformadores novos em 0,5% (para transformadores imersos em óleo com tensão nominal  $\geq 72,5$  kV) e 0,7% (para transformadores com tensão nominal  $< 72,5$  kV). A norma IEEE 62-1995 indica que para transformadores envelhecidos por uso, são aceitáveis valores de FP de até 1%, enquanto que valores acima deste limite devem ser investigados. Devido à variação das características elétricas dos materiais isolantes com a temperatura, os valores de FP tendem a aumentar com o aumento da temperatura. (GCOI, 1992; GAMBOA, 2003).

Com isso, para se obter um quadro comparativo de ensaios realizados em diferentes épocas, considerando-se o mesmo equipamento, é importante fazer a correção dos valores obtidos no ensaio para a temperatura de referência de 20°, conforme descrito na ANSI 57.12.90, através dos fatores de correção (K), conforme Tabela 1.

**Tabela 1 – Temperaturas de referência para correção do FP**

Temperatura de °C	Fator de correção K
10	0,8
15	0,9
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: NBR 5356-1, 2007

O fator de potência (FP) corrigido para 20° é dado através da equação (16).

$$FP_{20^\circ} = \frac{FP_T}{K} \quad \text{equação (16)}$$

Onde,

FP<sub>20°</sub> = Fator de potência corrigido para 20°C.

- Ensaio de resistência de contato

Consiste em verificar a qualidade da conexão elétrica em um ponto de contato. A ligação entre os dois conceitos está no fato de que a segunda lei de ohm, equação (17), pode ser aplicada para analisar as características de



resistência em um ponto de contato, contribuindo para a avaliação da eficiência e confiabilidade desse ponto na condução de corrente elétrica. A segunda lei de ohm estabelece que a corrente que passa por um condutor é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência do condutor.

2ª Lei de Ohm

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{equação (17)}$$

Onde,

R = Resistência Elétrica ( $\Omega$ ).

V = Tensão Elétrica (V).

I = Corrente Elétrica (A).

P = Resistividade do Material ( $\Omega.m$ ).

A = Área da Seção Transversal ( $mm^2$ ).

L = Comprimento do Condutor (m).

O objetivo do ensaio de resistência ôhmica dos contatos é determinar, a resistência que existe entre os contatos superiores e inferiores de cada polo do disjuntor, quando este estiver na posição fechado, normalmente dada em micro ou miliohms. Em posse desses resultados, é possível determinar a condição de preservação dos contatos de potência, responsáveis pela condução ou interrupção de grandes valores de corrente, uma vez que a condição de operação sob carga e a força mecânica de operação exercida, exprimem nos contatos um grande desgaste. Para o ensaio de resistência ôhmica de contatos é utilizado o microhmímetro, equipamento mais recomendado para medições de resistências de micro e miliohms.

Este ensaio é realizado com a injeção de corrente e medição de tensão em regime contínuo, pois se deseja medir apenas o valor da resistência. A realização do ensaio com grandezas em regime alternado provocaria a medição de impedâncias, o que não é objetivo do ensaio. Uma vez que a resistência a ser medida é de baixo valor ôhmico, é necessário a injeção de um valor de corrente inversamente proporcional ao valor de resistência que se deseja medir. Desta forma, utilizando o princípio da lei de ohm, o equipamento irá calcular a resistência.

Algumas normas padronizam o nível de corrente que deve ser utilizado nos ensaios de resistência de contato. De acordo com a norma IEC, a resistência de contato deve ser medida com uma corrente de teste mínima de 50 A. A norma ANSI determina que a corrente de ensaio deve ser de no mínimo 100 A.

## 6 – ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO

As unidades de saneamento que compõem o sistema Suzano, são alimentadas a partir do fornecimento de energia elétrica das concessionárias de energia. São fornecidas alimentações em baixa, média e alta tensão.

Na tabela 2, estão detalhadas as características de fornecimentos das unidades que são alimentadas em média e alta tensão.

**Tabela 2 – Relação de unidades com alimentação em média ou alta tensão**

<b>SEP Sistema Suzano</b>		
<b>Instalações</b>	<b>Tipo de Instalação</b>	<b>Tensão de Operação</b>
ETE Suzano	Estação Transformadora Consumidor	88/13,8kV
ETE Aruja	Cabine Primária	13,8/0,44kV
ETE Biritiba Mirim	Cabine Primária	13,8/0,44kV
ETE Guatambu	Cabine Primária	13,8/0,44kV
ETE Mandi	Cabine Primária	13,8/0,44kV
EEE Itaim	Cabine Primária	13,8/0,38kV
EEE Guaio	Cabine Primária	13,8/0,44kV
EEE Taiaçupeba	Cabine Primária	13,8/0,38kV
EEE Una	Cabine Primária	13,8/0,44kV
EEE Varzea das Fontes	Cabine Primária	13,8/0,38kV

Fonte: elaboração própria a partir de dados das unidades. (AUTOR, 2023).

## 6.1 – PERIODICIDADE

Foi definida a periodicidade de cada manutenção a ser executada nos equipamentos que possui maior relevância para o sistema elétrico de potência.

**Tabela 3 – Equipamento x Periodicidade**

<b>Equipamentos</b>	<b>Periodicidade da Manutenção</b>				
	<b>Insp. Visual</b>	<b>Preditiva</b>	<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 3</b>
Trafo de Potência - 2, 3, 5 Enrolamentos (138/88/13,8 kV)	1	12	24	-	48
Trafo de Potência - 2 Enrolamentos (13,8 kV)	1	12	-	36	-
Trafo Auxiliar - 2 Enrolamentos (13,8 kV)	1	-	-	-	36
Trafo de Potencial - TP (88 kV)	1	6	-	-	48
Trafo de Corrente - TC (88 kV)	1	6	-	-	48
Trafo de Potencial - TC (13,8 kV)	1	-	-	36	-
Trafo de Corrente - TC (13,8 kV)	1	-	-	36	-
Disjuntor (88 kV)	1	6	24	-	48
Disjuntor (13,8 kV)	1	-	24	-	48
Para-raios (88 kV)	1	6	24	-	48
Seccionadora (88 kV)	1	6	24	-	-
Seccionadora (13,8 kV)	1	-	-	36	-
Secc./Fusível (13,8 kV)	1	-	-	36	-
Banco de Capacitores (13,8 kV)	1	-	24	-	-
Barramentos	1	6	-	-	48
Banco de Baterias (125 Vcc)	1	-	1	-	-
Retificador (125 Vcc)	1	-	1	-	-

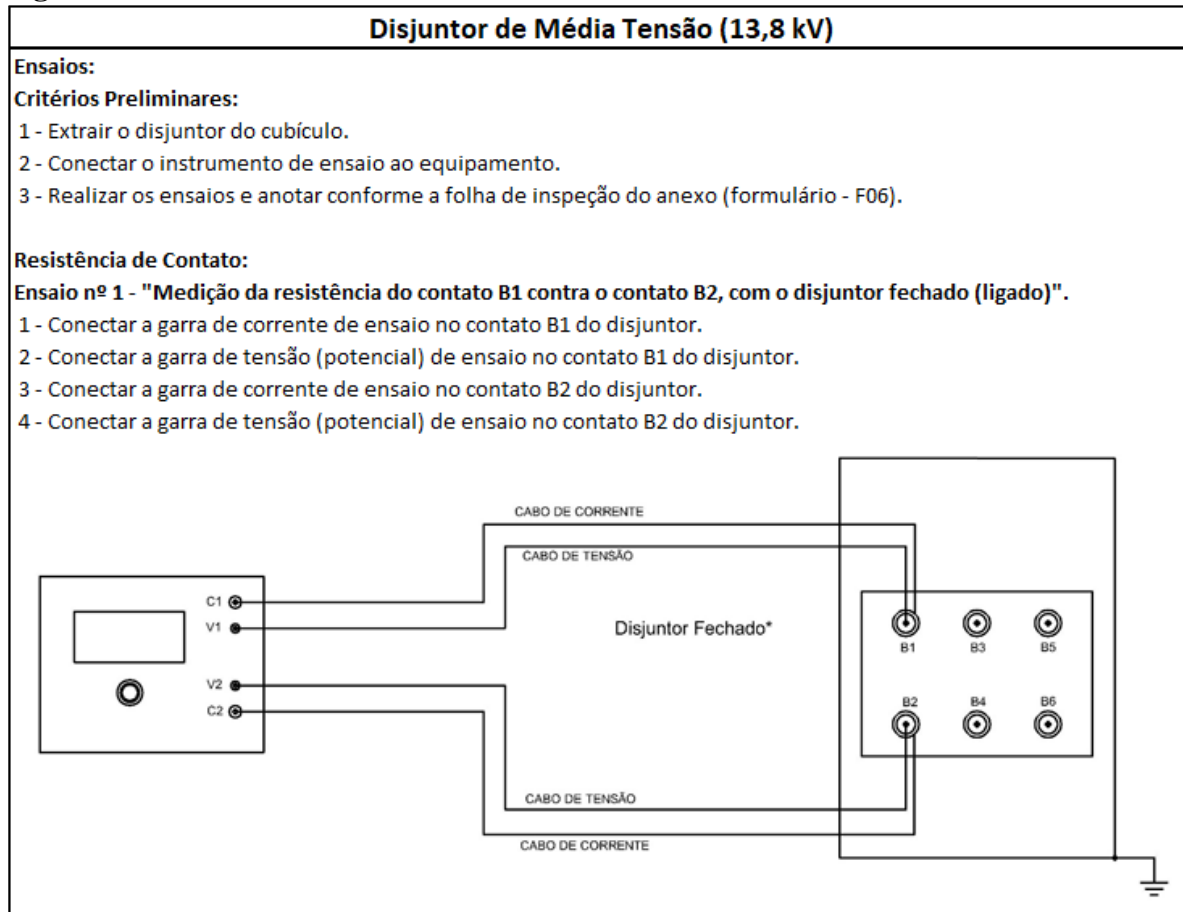
Fonte: elaboração própria. (AUTOR, 2023).

## 6.2 – EXECUÇÃO DO ENSAIO

Foram elaboradas metodologias de como deverão ser executados os ensaios para cada equipamento definidos como prioritários para garantir o funcionamento do SEP, ilustrando e apresentando diretrizes de como deverão ser executados os ensaios.

A Figura 2 representa um trecho retirado do procedimento elaborado. Esta faz referência ao ensaio de resistência de contato em disjuntores de média tensão.

**Figura 2 –Ensaio de resistência de contato.**



Fonte: Procedimento de Manutenção de Equipamentos de Média e Alta Tensão (SABESP, 2023).

## 6.3 – FORMULÁRIOS

Foram elaborados formulários para todos os ensaios que deverão ser executados, devendo ser preenchidos com as medições coletadas em campo. A Figura 3, demonstra como exemplo o formulário de ensaios de resistência de contato.

**Figura 3 – Ensaio de resistência de contato.**

sabesp		Disjuntor / Cabine / Conjunto Blindado				Setor	OEML	
Estação		Referência		BP		Data ___/___/___		
Fabricante		Nº de Série		Tipo		DATA		
Tipo do Mecan.		Tensão Nominal		Corrente Nominal		Tipo Cabina		
Capac. Inter.		<input type="checkbox"/> Conjunto Blindado <input type="checkbox"/> Cabina		KV		A		
Instalação		Barra		Fabricante		Identif. Da barra		
<input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Dupla <input type="checkbox"/> Simples		<input type="checkbox"/> Conjunto Blindado <input type="checkbox"/> Cabina		Nº da Cabine		Série Cabine		
Manutenção		<input type="checkbox"/> MPP <input type="checkbox"/> MPEP <input type="checkbox"/> MPA <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> Comissionamento		Fabricante		DATA CABINE		
<b>Resistência de contato</b>								
Instrumento (Fabricante/ Placa/ Série)								
Conexões	Disjuntor		Valores Recomendado (mΩ)	Temperatura Ambiente (°C)		Umidade Relativa (%)		Contador de operações
	Antes (mΩ)	Depois (mΩ)		Antes	Depois	Antes	Depois	
B1-B2								Antes
B3-B4								Depois
B5-B6								

Fonte: Procedimento de Manutenção de Equipamentos de Média e Alta Tensão (SABESP, 2023).

#### 6.4 – ANÁLISE DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE CONTATO

As normas de referência que tratam sobre disjuntores de alta tensão não estabelecem valores mínimos ou de referências de resistência de contato, uma vez que o perfil mecânico do contato varia. Desta forma, os critérios disponíveis para ser aplicados são:

Teste de aceitação de fábrica (TAF) – Relatório emitido pelo fabricante do equipamento para aprovação de conformidade;

Relatórios de manutenções anteriores – Como alternativa ao TAF, pode-se utilizar dos históricos de ensaios no equipamento como forma de avaliar a evolução das características elétricas.

Comparação direta – Em situações onde se dispõem de mais de um equipamento para ensaio, comparar os resultados obtidos entre polos e entre equipamentos é uma ótima referência para avaliação individual de cada equipamento, uma vez que estes devem evoluir igualmente em suas características elétricas quando submetidos a mesmas condições de operação.

#### 6.5 – CONSIDERAÇÕES

O procedimento contempla todos os equipamentos que possui maior relevância para o sistema elétrico de potência, definindo os ensaios citados no item 5 deste trabalho, que garantirão a maior confiabilidade operacional do SEP, visando gerar valor ao processo de saneamento.

Na figura 4, está representando os equipamentos de média e alta tensão e seus respectivos ensaios.

**Tabela 4 –Equipamentos x Ensaio**

Equipamentos	Ensaio, Verificações e Testes								
	Resistência de Isolamento			Resistência Ôhmica			Relação de Transformação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Trafo de Potência - 2, 3, 5 Enrol. (138/88/13,8 kV)	24	-	48	-	-	48	-	-	48
Trafo de Potência - 2 Enrolamentos (13,8 kV)	-	36	-	-	36	-	-	36	-
Trafo Auxiliar - 2 Enrolamentos (13,8 kV)	-	36	-	-	-	-	-	-	-
Trafo de Potencial - TP (88 kV)	-	-	48	-	-	48	-	-	48
Trafo de Corrente - TC (88 kV)	-	-	48	-	-	48	-	-	48
Trafo de Potencial - TC (13,8 kV)	-	36	-	-	36	-	-	-	-
Trafo de Corrente - TC (13,8 kV)	-	36	-	-	36	-	-	-	-
Disjuntor (88 kV)	24	-	48	24	-	48	-	-	-
Disjuntor (13,8 kV)	24	-	48	-	-	-	-	-	-
Para-raios (88 kV)	-	-	48	-	-	-	-	-	-
Seccionadora (88 kV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seccionadora (13,8 kV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Secc./Fusível (13,8 kV)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Banco de Capacitores (13,8 kV)	24	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria. (AUTOR, 2023).

## 7 – CONCLUSÃO

No âmbito industrial, os equipamentos de média e alta tensão têm a função de manter o fornecimento de energia elétrica para as unidades operacionais. Com o destaque a universalização do saneamento, o funcionamento ininterrupto dos processos é imprescindível, e a implantação do procedimento às atividades de manutenção no SEP, possibilitará melhoria na gestão dos ativos, contribuindo significativamente para a preservação dos ativos, maximizando seu valor ao longo do tempo, garantindo maior confiabilidade e disponibilidade do sistema. Ao estabelecer uma metodologia eficiente para a gestão de equipamentos de média e alta tensão, a fim de garantir a segurança e confiabilidade operacional, estaremos não apenas cumprindo os requisitos do ODS 6.3, mas também agregando valor ao nosso compromisso com o desenvolvimento sustentável.

## 8-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5356:2007 – Transformadores de potência – Parte 1: Generalidades. Rio de Janeiro, 2007.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR: 5462:1994 – Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR: 14039:2021 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro, 2021.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 55000:2014 – Gestão de Ativos – Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
5. BONANI, A. L. Apostila de Manutenção de Transformadores de Potência – Ensaio. São Paulo, EDP BANDEIRANTE, SENAI “Jorge Mahfuz”/ SP, 2004.

6. LUGO. Medição da resistência do enrolamento do transformador. Disponível em: <<https://amperis.com/pt/recursos/articulos/medida-resistencia-bobinados-transformadores/>> Acesso em: 23/04/2024.
7. SÃO PAULO. Tratamento de esgotos. Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=49>>. Acesso em: 02/04/2024.
8. SÃO PAULO. Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana; ETE Suzano. Disponível em: <<http://portal-intranet.ti.sabesp.com.br/group/mt-unidade-de-negocio-de-tratamento-de-esgotos-da-metropolitana/ete-suzano>> Acesso em: 03/04/2024.
9. SÃO PAULO. Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos da Metropolitana; O Que Fazemos. Disponível em: <<http://portal-intranet.ti.sabesp.com.br/group/mt-unidade-de-negocio-de-tratamento-de-esgotos-da-metropolitana/o-que-fazemos>> Acesso em 02/04/2024.
10. SOUSA, I. e SANTOS, R.P. Diagnóstico em transformadores de potência através de ensaios de campo. Palhoça, 2012. Trabalho de conclusão de curso de graduação- Universidade do Sul de Santa Catarina, 2012.