
Implementação de Boas Práticas em Gestão de Ativos na ISA CTEEP

Estratégia de Ciclo de Vida
de Equipamentos Indutivos

Maio 2020

Quadro de Controle de Atualização				
Versão	Data	Elaboração	Revisão	Participação
1	31/05/2020	Carlos G. Gonzales	0	
2	14/07/2020	Carlos G. Gonzales	1	Carlos Ribeiro Leon Martinez

SUMÁRIO

1. OBJETIVOS.....	4
1.1. FINALIDADE	4
1.2. ALCANCE	4
2. DEFINIÇÕES E NOMENCLATURAS	5
3. REFERÊNCIAS.....	7
4. STATUS ATUAL DOS ATIVOS	10
4.1. SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS INDUTIVOS	11
4.2. PERFIL DE CARGA DO TRANSFORMADOR	14
4.3. PRINCIPAIS RISCOS ATUAIS.....	15
5. ESTRATÉGIA DO CICLO VIDA.....	18
5.1. CRIAÇÃO DE ATIVOS.....	18
5.2. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS	19
5.3. OPERAÇÃO DE ATIVOS	19
5.4. MANUTENÇÃO DE ATIVOS	20
5.4.1. PLANEJAR MANUTENÇÃO.....	20
5.4.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA E POR CONDIÇÃO.....	23
5.4.3. ÁREAS A MELHORAR.....	23
5.4.4. GERENCIAMENTO DE FALHAS E DEFEITOS.....	23
5.4.5. PLANOS DE CONTINGÊNCIA	24
5.4.6. REALIZAR MANUTENÇÃO.....	24
5.4.7. AVALIAR MANUTENÇÃO	25
5.4.8. CONDIÇÃO DO ATIVO.....	25
6. MELHORA CONTÍNUA	28
7. OBJETIVOS A ATINGIR.....	28

1. OBJETIVOS

A visão centrada em ativos é um princípio essencial do gerenciamento moderno de ativos, que exige refletir claramente os efeitos das decisões de um processo.

As etapas do ciclo de vida definidas para ISA CTEEP são criar, operar, manter e renovar. Essas etapas são apoiadas por facilitadores como cultura, habilidades, suprimentos, gerenciamento de riscos, entre outros.

O gerenciamento de ativos é realizado por meio da implementação de estratégias para cada estágio do ciclo de vida. Essas estratégias estão resumidas e particularizadas neste documento para equipamentos indutivos.

A empresa administra uma variedade de equipamentos de alta tensão com o objetivo de fornecer serviços de transporte de energia. Os equipamentos indutivos (transformadores e reatores) têm alguns dos custos mais altos e exigem grandes habilidades e conhecimentos para alcançar desempenho e ciclo de vida ideais.

Os transformadores são usados para alterar os níveis de tensão de uma subestação, enquanto os reatores são usados para controlar os níveis de tensão, a fim de atender aos requisitos do sistema e proteger os ativos contra sobretensões.

A estratégia do ciclo de vida procura ter em um documento o gerenciamento detalhado do ciclo de vida do equipamento indutivo usado na rede.

1.1. FINALIDADE

Descrever a estratégia para gerenciar transformadores e reatores durante seu ciclo de vida, ou seja, em seus estágios de aquisição, operação, manutenção, renovação e alienação. Buscar otimizar todos os recursos de suas atividades para maximizar resultados com análises de risco, custo e desempenho, de acordo com o PEGA e o Plano Estratégico da Organização.

1.2. ALCANCE

Aplica-se a transformadores e reatores para transporte de energia próprio da ISA CTEEP, durante todo o seu ciclo de vida.

TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA					
Potência em operação (MVA):	Potência reserva (MVA):	Potência Total (MVA):	Número em operação	Número de reservas	Total
48.225,15	6.967,7	55.193,15	547	70	617

REATORES					
Potência em operação (MVar):	Potência reserva (MVar):	Potência Total (MVar):	Número em operação	Número de reservas	Total

3.891	830,8	4.721,8	80	16	96
-------	-------	---------	----	----	----

TRANSFORMADORES DE ATERRAMENTO					
Potência em operação (MVA):	Potência reserva (MVA):	Potência Total (MVA):	Número em operação	Número de reservas	Total
777,9	0	777,9	70	0	70

TRANSFORMADORES REGULADORES DE TENSÃO					
Potência em operação (MVA):	Potência reserva (MVA):	Potência Total (MVA):	Número em operação	Número de reservas	Total
433,2	21,8	455	28	1	29

Nota: podem ser consideradas algumas divergências devido a falhas na informações registradas no SAP.

2. DEFINIÇÕES E NOMENCLATURAS

ALARP	Reduzir o risco para um nível "Tão baixo quanto razoavelmente possível" (o mais baixo possível) e implica no equilíbrio entre reduzir o risco ao longo do tempo e o custo de fazê-lo.
PEGA	Plano Estratégico de Gerenciamento de Ativos, de acordo com a norma internacional ISO 55001: 2014 - Gerenciamento de Ativos - Sistemas de Gerenciamento - Requisitos.
Inovação	Mudanças que introduzem novidades em processos que buscam gerar valor.
KPI	Key Performance Indicators - Principais indicadores de desempenho.
Melhorabilidade	É uma ferramenta que permite avaliar e definir de forma metódica, sistemática, sistêmica e com uma abordagem de risco, os ativos nos quais uma organização deve focar seus recursos. Isso permite que o melhor uso de seus recursos seja alcançado e a melhor relação custo / benefício na implementação de ações de melhoria e na definição de ações de manutenção dos ativos.
ECR	Eliminação da Causa de Risco: é um método sistemático de gerenciar eventos indesejados, com o objetivo de identificar, documentar e eliminar as suas causas-raiz. É um processo baseado em fatos demonstráveis e auditáveis.
Matriz RACI	Matriz na qual são definidas as funções de responsabilidade, prestação de contas, consulta e participação para o sistema de Projeto de gerenciamento de ativos ISO 55000 - Estratégia de Manutenção Funcional de Gerenciamento de Ativos (Responsável, Consultado, Informado).

RCM+	Manutenção Centralizada em Confiabilidade Plus (Reliability Centered Maintenance Plus). É um processo sistemático que permite preservar as funções dos ativos, identificando os modos de falha com as causas raízes, para estabelecer as ações efetivas e econômicas, que garantem que novas instalações cumpram o plano estratégico de negócios.
REM	Os documentos do REM indicam o que se têm a fazer ao nível de equipamentos comuns. As rotinas padrões de manutenção de REMs, como seu nome indica, são os requisitos mínimos de manutenção a se executar em um equipamento, como por exemplo: linhas, transformadores, disjuntores, controladores, bays, barras, entre outros. Forma parte fundamental do direcionamento corporativo da manutenção e controle do OPEX.
PMO	Plano de Manutenção Otimizado
Análise da Criticidade	A criticidade é um índice da importância de um ativo tendo em conta o seu valor e a probabilidade das consequências de falhas. A Análise da criticidade define a criticidade dos ativos da empresa.
Taxonomia	Classificação ou ordenação em grupos de coisas que tem características comuns.
Servidão	A servidão é a tarifa sobre uma superfície de terreno no local em que a linha e a concessão estão colocadas. Se considera como ativo físico.
Ciclo de Gestão do Conhecimento	O ciclo de gestão do conhecimento é formado pelas diferentes fases por qual os dados e informações tem que passar em um organização antes de se converter em um ativo de valor para esta.
MSDS	Ficha informativa sobre substâncias perigosas (Material Safety Data Sheets).
DST	Ferramenta para a tomada de decisões de ciclo de vida do ativo (Decision Support Tools).
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica tem como finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, de acordo com a legislação e em conformidade com as diretrizes e as políticas do governo federal.
ONS	É o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).
MTBF	métrica que se refere à média de tempo transcorrido entre uma irregularidade e a próxima que virá a acontecer

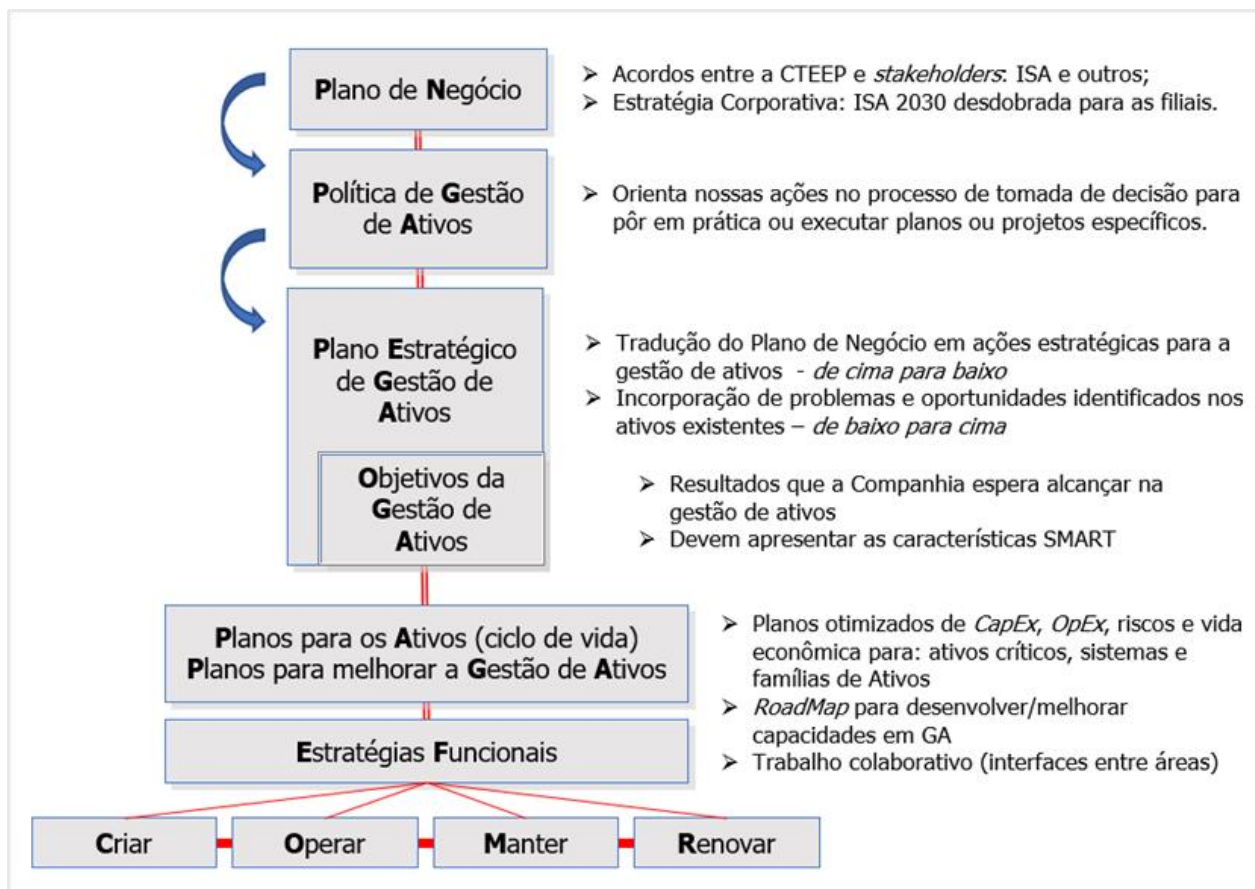


Figura 1: Posicionamento do PEGA entre os demais instrumentos estratégicos

3. REFERÊNCIAS

As seguintes referências são relevantes para este documento de estratégia:

- PAS 55-2: 2008: Diretrizes para a aplicação da PAS 55-1
- ISO 55001: 2014 - Gerenciamento de ativos - Sistemas de gerenciamento - Requisitos.
- Plano estratégico de gerenciamento de ativos (PEGA)
- Estratégias funcionais para criar, operar, manter, fornecer, fim da vida útil.
- ABNT NBR 5356-1 - Transformadores de potência Parte 1 : Generalidades.
- ABNT NBR 5356-2 - Transformadores de potência Parte 2: Aquecimento.
- ABNT NBR 5356-3 - Transformadores de potência Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar.
- ABNT NBR 5356-4 - Transformadores de potência Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores.
- ABNT NBR 5356-5 - Transformadores de potência Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos
- ABNT NBR5356-6 - Transformadores de potência Parte 6: Reatores

- ABNT NBR 5356-7 - Transformadores de potência Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante
- ABNT NBR 5356-8 - Transformadores de potência Parte 8: Guia de aplicação
- ABNT NBR 5356-9 - Transformadores de potência Parte 9: Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores e reatores de potência imersos em líquido isolante.
- ABNT NBR 10576 - Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos - Diretrizes para supervisão e manutenção.
- ABNT NBR 5034 – Buchas para tensões alternadas acima de 1 kV.
- CIGRE Brasil – GTA 02-05 - Guia de Manutenção para Transformadores de Potência.
- Estratégias funcionais de criação de ativos.
- Estratégias funcionais de negociação de ativos.
- Estratégias funcionais para manter ativos.
- Estratégias de fim de vida útil de ativos funcionais.
- Procedimento de fim de vida útil de equipamentos indutivos.
- Procedimento de melhoria contínua.
- Manual unificado de seguro de operação e manutenção.
- Design: O projeto, fabricação e teste dos transformadores devem atender aos requisitos da edição mais recente dos seguintes padrões internacionais:
 - a) Publicação IEC 60044-1: "Transformadores de corrente".
 - b) Publicação IEC 60060: "Técnicas de teste de alta tensão".
 - c) Publicação IEC 60076: "Transformadores de potência", Peças aplicáveis.
 - d) Publicação IEC 60137: "Buchas isolantes para tensões alternadas acima de 1000 V".
 - e) Publicação IEC 60214: "comutadores em carga".
 - f) Publicação IEC 60296: "Fluidos para aplicações eletrotécnicas - Óleos isolantes minerais não utilizados para transformadores e aparelhagem".
 - g) Publicação IEC 60076-7: "Guia de carregamento para transformadores de potência imersos em óleo".
 - h) Publicação IEC 60422: "Óleos minerais isolantes em equipamentos elétricos - Orientação para supervisão e manutenção".
 - i) Publicação IEC 60475: "Método de amostragem de dielétricos líquidos".
Publicação IEC 60214-2: "Guia de aplicação para comutadores em carga".
 - j) NEMA PUB.TR1: "Transformadores, reguladores e reatores".
 - k) Publicação ASTM Designação D3487: "Especificação padrão para óleo isolante mineral usado em aparelhos elétricos".
 - l) Fundições de aço. ASTM A 27: "Especificações para fundições de aço carbono de baixa e média resistência".
 - m) Chapas de aço (para peças de baixo esforço). ASTM A 283: "Especificações para chapas de aço carbono de baixa e intermediária resistência, de qualidade estrutural".
 - n) aço estrutural. ASTM A 36: "Especificações para aço estrutural".
 - o) Placas de aço (para peças importantes de suporte de tensão) ASTM A 285: "Especificações para placas de tanque de pressão de baixa e média resistência".

- p) Aço fabricado em forno elétrico. ASTM A 345: "Especificações para chapas de aço lisas fabricadas em forno elétrico para aplicações magnéticas".
- q) Cobre eletrolítico. ASTM B 5: "Especificações para fios em barras, pastas, chapas, lingotes e barras de cobre eletrolítico".
- r) Tubos (trocadores de calor). ASTM B111: "Especificações para tubos de cobre e ligas de cobre sem costura e seu armazenamento. Liga de cobre n ° 715".
- s) Acessórios para tubos. ASTM B 16.5: "Flanges e acessórios para tubos de aço flangeadas".
- t) Papel isolante. ASTM D 1305: "Papel e papelão para isolamento elétrico".
- u) Para soldagem de peças sob grandes tensões, as qualificações dos processos, equipamentos e operadores de soldagem devem estar de acordo com os padrões equivalentes aos requisitos do "Código ASME para caldeiras e vasos de pressão" ou "Procedimento de qualificação padrão da AWS" , ou outro padrão aprovado à escolha do contratado.

Manutenção e avaliação do transformador de potência.

- a) IEC 61198: 1993. Óleo mineral, métodos para a determinação de 2-furanos e componentes relacionados.
- b) IEC 62697-1: 2012. Método para quantificar e determinar o enxofre corrosivo e os componentes utilizados no isolamento de líquidos (DBDS).
- c) Guia IEEE C57.140: 2006 para avaliação e recondicionamento de líquido imerso em transformadores de potência.
- d) IEEE C57.125: 2005: Guia para pesquisa, documentação e análise de transformadores de potência e reatores paralelos.
- e) IEEE C57.104: 2008 Guia para interpretação de gases gerados no óleo do transformador.
- f) Guia IEEE C57.115: 1991 para carregamento de óleo mineral para transformadores maiores que 100MVA.
- g) IEEE C57.91-2011: Guia para a carga de óleo imerso.
- h) IEEE C57 115-1991. Guia de óleos minerais.
- i) Transformador de potência IEC 60076-7.
- j) Sobrecarga do transformador IEC 600354.
- k) Carregamento de transformadores ABNT NBR 5356-7

4. STATUS ATUAL DOS ATIVOS

Abaixo algumas informações básicas, extraídas do SAP, dos transformadores da ISA CTEEP, que podem auxiliar no entendimento da situação de nosso sistema, pois nos possibilita uma visão geral para justificar os investimentos necessários para renovação dos equipamentos.

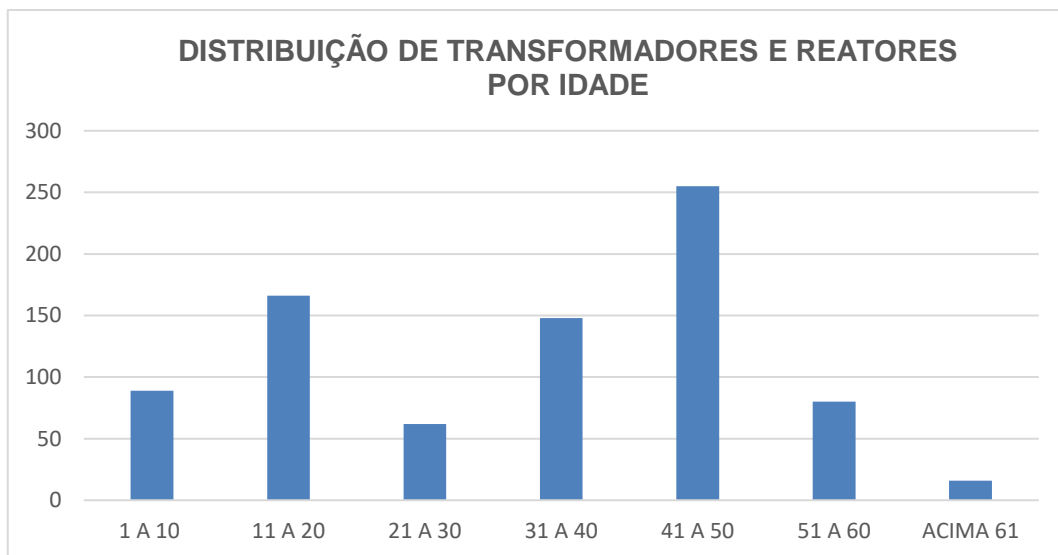


Tabela 1: Distribuição dos transformadores e Reatores por idade, referência 2020.
A idade média dos transformadores e reatores é de 33 anos.

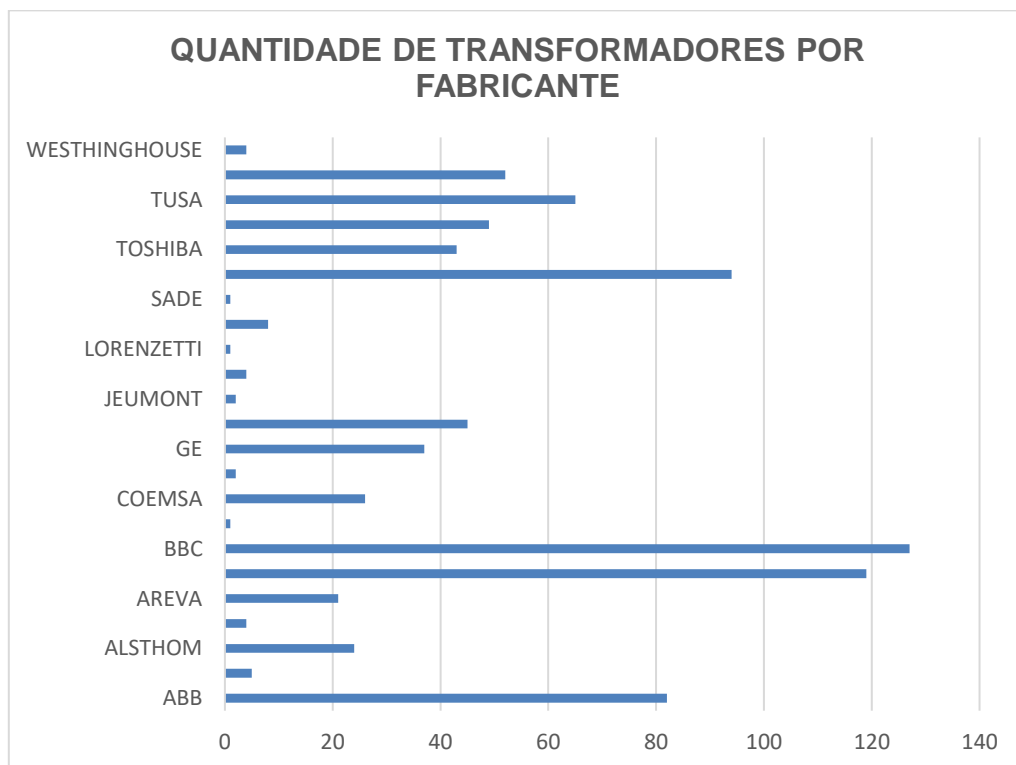


Tabela 2: Distribuição dos Transformadores e Reatores de acordo com o fabricante.

4.1. SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS INDUTIVOS

Até o ano de 2030, está planejado substituir os Transformadores, Reatores, Transformadores de Aterramento e Reguladores de Tensão indicados na tabela 3.

Os critérios utilizados para estimar a substituição e final de vida útil dos equipamentos, está baseada nas melhores práticas de análises de óleo, condição do ativo, obsolescências de componentes importantes, como comutadores de tensão sob carga e de grupos de determinadas famílias que já tem indicativo de problemas irreversíveis de fim de vida.

A precisão do ano de substituição foi estimada usando as ferramentas de gerenciamento de ativos com uma visão de custo, risco e desempenho ao longo de seu ciclo de vida.

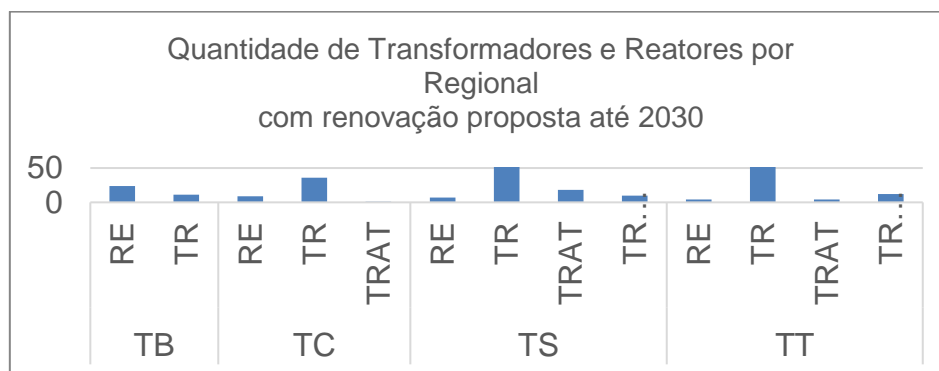


Tabela 3: Número de Transformadores, Reatores, Transformadores de Aterramento e Reguladores de Tensão a serem substituídos até 2030, por Regional

Rótulos de Linha	Contagem de Regional
TB	35
RE	24
TR	11
TC	46
RE	9
TR	36
TRAT	1
TS	120
RE	7
TR	85
TRAT	18
TRRG	10
TT	80
RE	4
TR	60
TRAT	4
TRRG	12
Total Geral	281

Tabela 4: idem a anterior com visão por quantidade e total de substituição planejada até 2030.

Contagem de Regional	Rótulos de Coluna	Equipamentos			
Rótulos de Linha	RE	TR	TRAT	TRRG	Total Geral
TB	24	11			35
1		2			2
6,25		2			2
18,75		2			2
20		1			1
24		2			2
25		2			2
33,3	18				18
66,7	6				6
TC	9	36	1		46
5		2			2
12,5		2			2
18,75		1			1
66,7	9				9
83,3		3			3
100		10			10
133		7			7
250		11			11
NA			1		1
TS	7	85	18	10	120
20	1				1
28,75				10	10
32	6				6
33,3		13			13
50		19			19
83,3		7			7
123		2			2
133		42			42
135		1			1
167		1			1
NA			18		18
TT	4	60	4	12	80
6,25		1			1
18,75		2			2
20		11		3	14
25		2			2
28,75				9	9
30		1			1
50		22			22
60		1			1
66,7	4				4
83,3		4			4
133		6			6
167		4			4
250		6			6
NA			4		4
Total Geral	44	192	23	22	281

Tabela 5: Detalhamento dos equipamentos por potência em cada Regional

Contagem de Regional		Rótulos de Coluna			Total Geral
Rótulos de Linha	RE	TR	TRAT		
TB		17	2		19
TC		8	1		9
TS				2	2
TT		4	9	1	14
Total Geral		29	12	3	44

Tabela 6: Equipamentos a serem substituídos em 1 a 2 anos por regional

Contagem de Regional		Rótulos de Coluna				Total Geral
Rótulos de Linha	RE	TR	TRAT	TRRG		
TB		3	3		6	
TC			11	1	12	
TS		1	24	1	7	33
TT			28	3	12	43
Total Geral		4	66	5	19	94

Tabela 7: Equipamentos a serem substituídos em 3 a 5 anos por regional

Contagem de Regional		Rótulos de Coluna				Total Geral
Rótulos de Linha	RE	TR	TRAT	TRRG		
TB		4	6			10
TC		1	24			25
TS		6	61	15	3	85
TT			23			23
Total Geral		11	114	15	3	143

Tabela 8: Equipamentos a serem substituídos em 5 a 10 anos por regional

O custo estimado dos investimentos necessários para esse planejamento varia de 773,3 a 972,6 milhões de Reais.

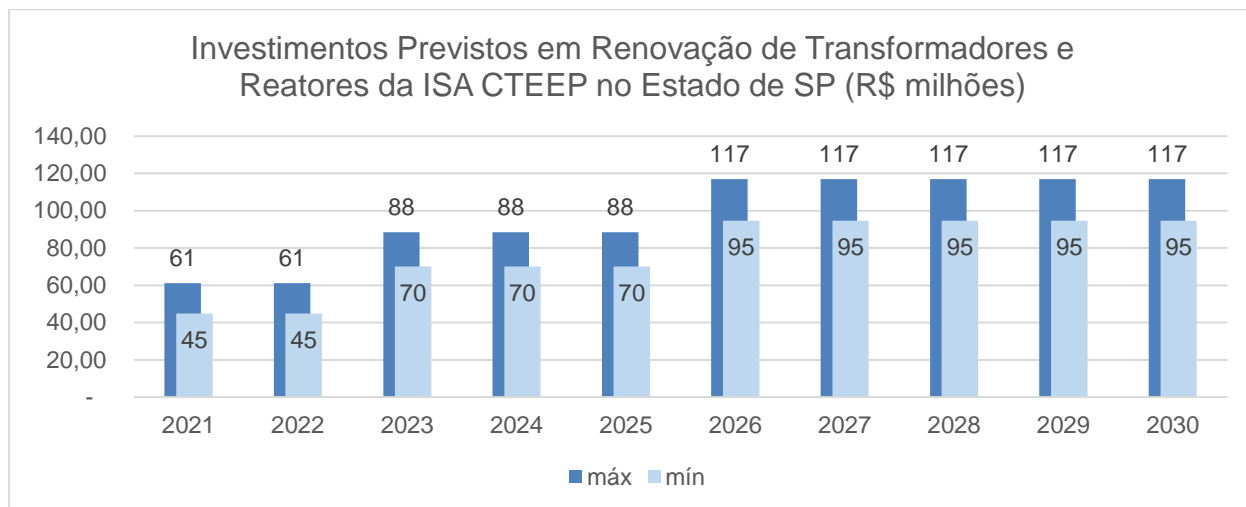


Tabela 9: Investimento para renovação dos ativos - CAPEX

4.2. PERFIL DE CARGA DO TRANSFORMADOR

A ISA CTEEP não sobrecarrega os transformadores de potência, em casos onde isso é necessário é realizado um estudo para cada caso.

O aumento da temperatura dos transformadores ou de suas partes deve ser determinado de acordo com a publicação ABNT NBR 5356-7 – “*Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante*”, a qual descreve os efeitos da operação de carregamento de transformadores de potência imersos em óleo mineral isolante sob várias temperaturas ambientes e condições de carga na vida do transformador.

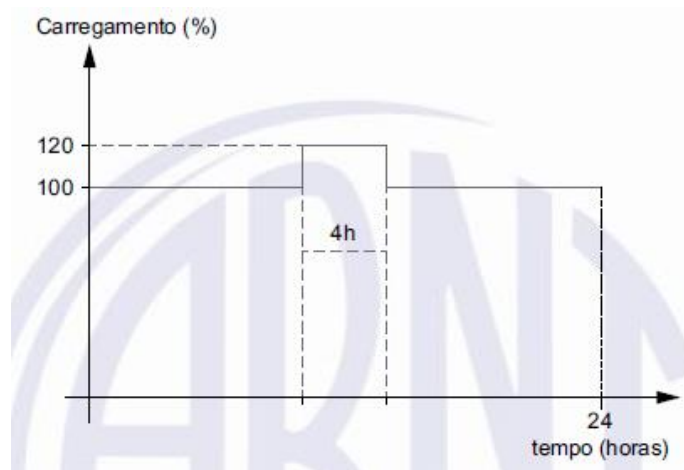


Figura 2: Ciclo de carregamento em condição de emergência de longa duração – Capacidade operativa de longa duração, segundo ABNT NBR 5356-7.

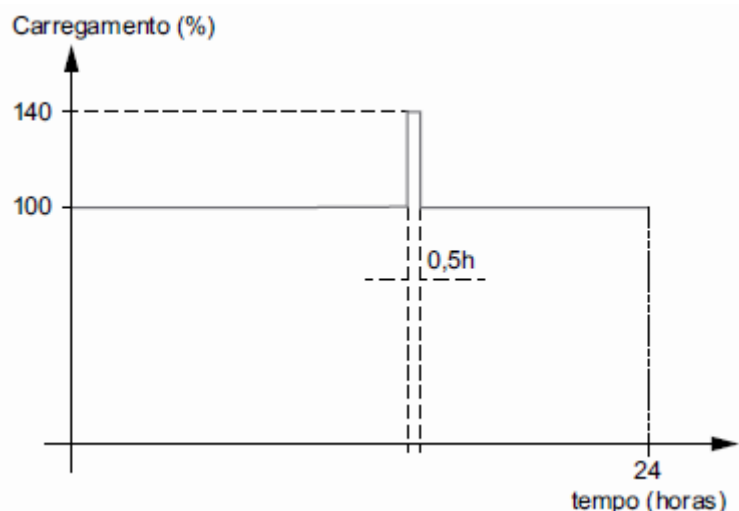


Figura 3: Ciclo de carregamento em condição de emergência de curta duração, segundo a ABNT NBR 5356-7

4.3. PRINCIPAIS RISCOS ATUAIS

Os principais riscos atualmente assumidos:

1. 31 equipamentos possuem contaminação por PCB (ascarel) acima do limite estabelecido por lei, que devem ter destinação final até dez/20.
2. 24 equipamentos possuem óleo com DBDS que foram passivados e estão sendo controlados.
3. 87 transformadores com comutador tiveram o óleo regenerado com terra Fuller reativada e possuem risco de falha devido a geração de enxofre corrosivo para prata nos contatos da chave seletora.
4. Os sistemas de incêndio não são testados sistematicamente e/ou estão inoperantes.
5. Muitas instalações não possuem um sistema de proteção contra incêndio e bacias de contenção de vazamentos de óleo, e estão em grandes centros populacionais e próximos a rios e mananciais.
6. Não temos um mapa de talentos experiente em competências relacionadas a equipamentos indutivos.
7. Está havendo perda de pessoal capacitado devido a saída para outras empresas e aposentadoria.
8. Esquemas de proteção e controle de equipamentos indutivos não atualizados pela entrada do projeto sem a devida revisão e teste.
9. Existe uma quantidade muito grande de relés de proteção eletromecânicos muitos antigos de baixa confiabilidade, e sem comunicação com sistemas digitais.
10. Parque de transformadores/reatores muito antigos com vida útil regulatória superada.
11. A tecnologia de monitoramento de equipamentos não teve muita evolução nos últimos anos.
12. O SAP possui deficiência de informações cadastrais que gera falta de dados seguros para análise das condições dos equipamentos e incertezas na tomada de decisão.

13. Há muita falta de informações com relação aos ensaio das Buchas de transformadores e reatores o que coloca em risco a sua operação segura. Está sendo realizado um trabalho intenso para que todas as buchas sejam ensaiadas em até 3 anos.

No levantamento inicial, foram identificadas 2.241 buchas, sendo que isso deve representar cerca de 70% das que estão instaladas nos transformadores e reatores.

Em 2019 foram substituídas 37 buchas que estavam com risco eminente de falha;

Foram mapeadas 73 buchas para substituição, devido a tipo construtivo, obsoletismos, família problemática (F&G e HSP) e fator de potência acima do limite, todavia esse número deve aumentar em decorrência dos ensaios que estão sendo realizados.

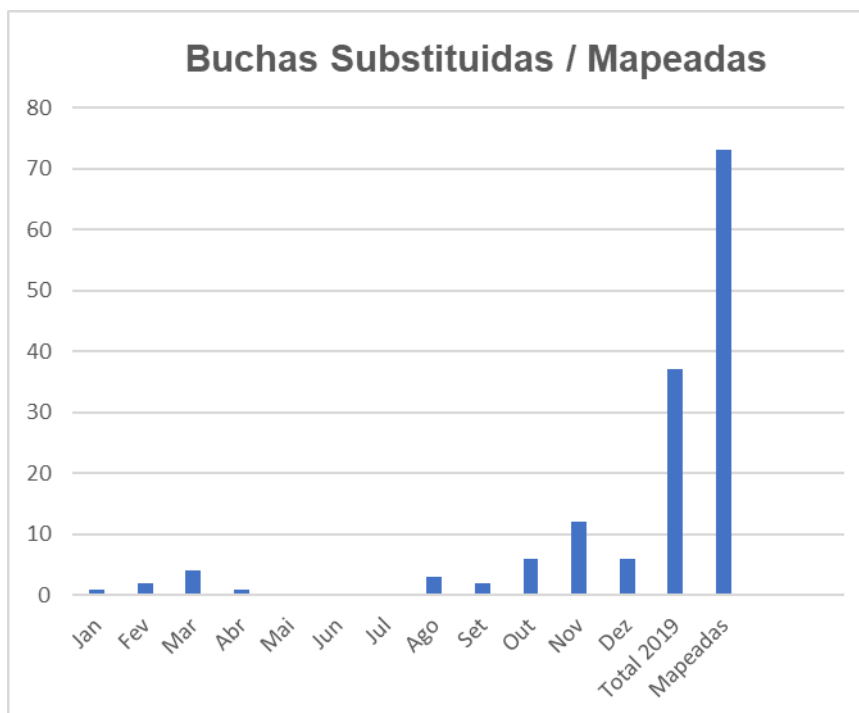


Gráfico 1: Buchas substituídas em 2019, e mapeadas para substituição nos próximos anos.

14. O processo de regeneração de óleo isolante dos transformadores em regime energizado foi interrompido devido ao problema de geração do enxofre corrosivo nos contatos da chave comutadora, todavia há necessidades de retorno a essa atividade, pois existem 13 transformadores que já tiveram o limite de tensão Interfacial superado.

15. Há famílias de transformadores importantes que possuem reservas nas subestações, porem nenhum reserva adicional caso ocorra alguma falha:

- 440/138 - 100 MVA – 115 unidades
- 345/88 - 133 MVA – 102 unidades
- 230/88 - 20/33/50 MVA – 84 unidades

16. Existem algumas famílias de transformadores que não possuem reserva, ou poucas em relação a quantidade instalada:

ANÁLISE DE TRANSFORMADORES RESERVA						
TENSÃO	POT.	EQTO	FASES	EM OPERAÇÃO	OLTC	RESERVAS
230/88	20	TR	1	20	NÃO	0
138/88	40/50/60	TR	3	6	SIM	0
138/88	150	TR	3	2	SIM	0
138/69	20/30/40	TR	3	17	SIM	1
138/13,8	25/33	TR	3	18	SIM	1
138/13,8	15/18,75	TR	3	23	SIM	2
138/13,8	5/6,25	TR	3	13	NÃO	1
138/13,8	10/12,5	TR	3	6	NÃO	0
138/34,5/13,8	15/20	TR	3	4	SIM	0
88/13,8	16	TR AT	3	30	NÃO	0
88/13,8	11,8	TR AT	3	9	NÃO	0
88	4,8	TR AT	3	2	NÃO	0
88	20	TR AT	3	2	NÃO	0
88	40	TR AT	3	1	NÃO	0
88/13,8	2	TR	3	1	NÃO	0
88/13,8	10/12,5	TR	3	4	NÃO	0
69/13,8	5/6,25	TR	3	4	NÃO	0
69/13,8	20	TR	3	1	SIM	0
34,5/13,8	6,25	TR	3	9	NÃO	0
88/27,5	21,8	TR RG	3	24	SIM	1

Tabela 10: Famílias de transformadores que não possuem reserva, ou poucas em relação a quantidade instalada.

17. Relação das últimas falhas de transformadores, que levaram a retirada de operação.

FALHAS TRANSFORMADORES			
DATA	SUBESTAÇÃO	POSIÇÃO	MOTIVO DA FALHA
ago./16	PIR II	TR AT 3	Falha da Bobina
jan./16	ANH	TR AT 1	Falha da Bobina
jan./16	AGV	TR 4 VM	Enxofre Corrosivo Óleo
fev./16	TRI	TR 9 BR	Enxofre Corrosivo Óleo
fev./17	NOD	TR 3 BR	Falha da Bobina
jul./18	INT	TR 1 VM	Falha da Bobina
jan./18	VOT II	TR 2	Falha da Bobina
out/18	CAV	RE 3	Descarga no Núcleo
ago./19	BER II	TR 2	Falha da Bobina
out/19	APA	TR 2 B	Bucha
jan./20	PRI	TR RG 2	Curto Núcleo
jun./20	ANH	TR AT 2	A Investigar

Tabela 11: Relação de falhas de transformadores

5. ESTRATÉGIA DO CICLO VIDA

O ciclo de vida dos transformadores e reatores é baseado na seguinte cadeia:

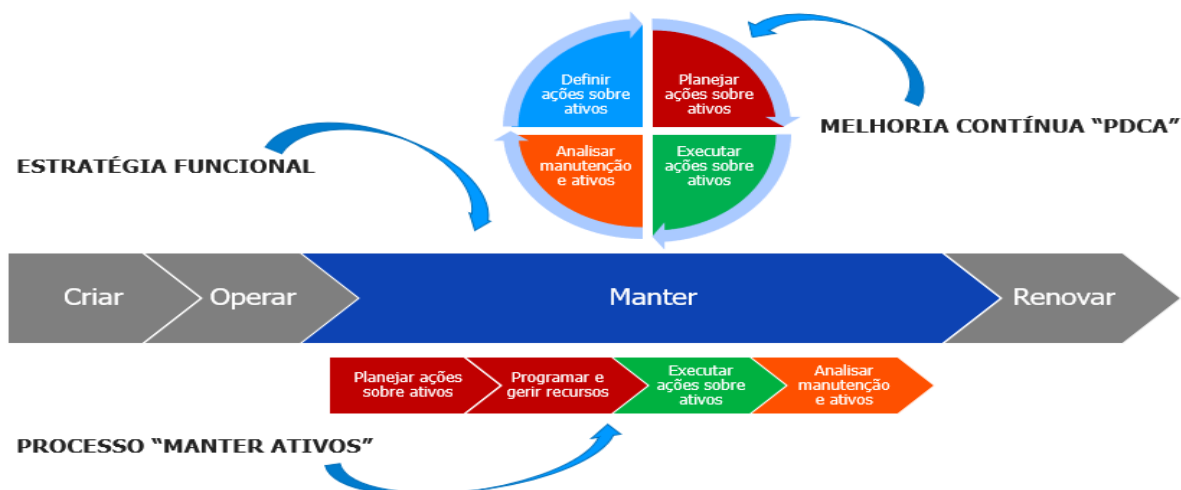


Figura 4: Estratégia do ciclo de vida do ativo

5.1. CRIAÇÃO DE ATIVOS

Foram desenvolvidas, ou estão em desenvolvimento, especificações corporativas de padronização de equipamentos.

A estratégia de criação de ativos marca uma nova tendência para a empresa, porém em tópicos específicos de equipamentos indutivos, é necessário, entre outras ações:

1. Melhorar a participação da operação e manutenção, junto com a engenharia em todas as etapas da criação do ativo, coordenada pelo "proprietário do ativo".
2. Definir atribuição de responsabilidades ao longo do estágio de criação do ativo.
3. A documentação e as especificações padrão ISA, devem ser alinhadas às necessidades da empresa:
 - a) Adaptação a ambientes mais agressivos. Isso requer mais detalhamento nas especificações, levando em consideração a localização do ativo para o projeto.
 - b) Conhecer o escopo estabelecido nos anexos dos contratos de concessão.
 - c) Padronizar o projeto de engenharia de proteção, controle e comunicação de equipamentos.
 - d) A intercambialidade e a conexão rápida das fases reserva devem ser avaliadas a partir da construção.
 - e) As peças sobressalentes disponíveis na reserva em almoxarifados ou nas subestações devem ser consideradas na tomada de decisão sobre equipamentos, utilizando primeiro os mais antigos. Isso poderia reduzir o custo do investimento.

Figura de "dono" do projeto

Esta estratégia implica a figura do proprietário do ativo cujas funções e ações são resumidas em:

- Melhorar o gerenciamento de riscos com uma visão do ciclo de vida.
- Incluir conceitos de desempenho de risco de custo no ciclo de vida.
- Melhorar a interação entre a ISA e CTEEP.
- Garantir a lógica e a implementação do RACI.
- Garantir o controle adequado da troca, com planejamento eficiente.

5.2. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS

4. Utilização de novas tecnologias como por exemplo Óleo Vegetal Isolante (OVI), em localidades como grandes centros populacionais e próximo a rios e mananciais, onde uma falha pode ser prejudicial a imagem da empresa, muito além do custo de recomposição.
5. Aquisição, locação ou contratação de máquina de regeneração de óleo isolante, com tecnologia que não gere subprodutos que possam formar enxofre corrosivo que reage a prata dos contatos do comutador de tensão sob carga (OLTC).
6. Uso de comutadores (OLTC) na tecnologia de vácuo.
7. Uso de dessecadores silicagel livre de manutenção.
8. Selagem de transformadores.
9. Monitoramento de buchas de alta tensão.
10. Buchas com tecnologia RIP (Papel Impregnado com Resina)

5.3. OPERAÇÃO DE ATIVOS

A CTEEP opera seus ativos buscando maximizar sua disponibilidade para cumprir o esquema de qualidade.

É esperada uma vida útil contábil de 35 anos, para a qual as condições de operação e manutenção devem ser atendidas.

Para alinhar o processo de Operação do Sistema de Transmissão de Energia com os requisitos de Gerenciamento de Ativos, é definida a conformidade com as seguintes diretrizes gerais:

1. Operar o equipamento de acordo com as condições de carga, índice de integridade e criticidade.
2. Cumprir os requisitos legais, regulamentares relacionados ao processo, de acordo com as disposições da Política de Gerenciamento de Ativos.
3. Certificar no comissionamento e nas manutenções todas as funcionalidade dos ventiladores e bombas e monitores de temperatura para operar em condições críticas.

5.4. MANUTENÇÃO DE ATIVOS

5.4.1. PLANEJAR MANUTENÇÃO

A estratégia fundamental da Empresa é baseada na Manutenção Preditiva e Por Condição que buscam não gerar interrupções desnecessárias a Operação, por meio do monitoramento contínuo do Sistema e da intervenção planejada do equipamento, quando é realmente necessário.

Nos comutadores são realizadas manutenções periódicas definidas pela condição e aplicação das rotinas de manutenção padrão com critérios de avaliação padronizados e com as informações operacionais (número de manobras, controle das intervenções, tempos entre intervenções, famílias), para que eles tenham disponibilidade operacional, ou mesmo restrições para sua operação segura e com baixo risco para o sistema.

Dependendo dos resultados obtidos na sua manutenção, é avaliada a necessidade de adequação da periodicidade e nível de profundidade das intervenções.

A manutenção do Equipamento é planejada com base no Regulamento Elétrico em vigor no país.

Além disso, é feita referência periódica às principais empresas (nacionais e internacionais) do setor, em metodologias de manutenção, modos de falha e desempenho de equipamentos.

Os critérios para executar planos de manutenção são definidos com base nas seguintes variáveis:

- Idade dos equipamentos.
- Período de garantia da fábrica.
- Local de instalação do equipamento.
- Histórico de falhas.
- Tecnologia empregada.
- Características operativas do equipamento.

Os tempos necessários para as principais atividades de manutenção estão documentados e padronizados, levando em consideração a quantidade de equipamentos, status dos ativos, recursos, entre outros.

Para garantir a eficácia do trabalho de manutenção, as seguintes diretrizes são implementadas:

- Todas as informações documentais e históricas do equipamento a intervir (planos, testes, manuais etc.) são coletadas e analisadas para planejar corretamente as atividades.
- O pessoal qualificado deve realizar previamente uma inspeção no local, com o objetivo de determinar as condições reais do equipamento e seus acessórios, o que inclui o monitoramento dos sistemas de controle, para que haja informações confiáveis para a tomada de decisão, antes de intervenção.

- São analisadas alternativas para realizar inspeções “não invasivas” no equipamento e que não é necessário abrir o equipamento.
- O uso de sistemas de informação para o acesso a informações da qualificação de equipamentos e a obtenção do relatório de defeitos.
- É elaborado um plano de trabalho detalhado que inclui a lista de atividades a serem realizadas, os recursos humanos que participarão e a lista de ferramentas e equipamentos que serão utilizadas para garantir a manutenção correta do Equipamento, sendo aplicadas as seguintes diretrizes:
 - Guindastes e plataformas cumprem os regulamentos legais vigentes, especialmente questões relacionadas à manutenção periódica e atendimento as normas de segurança do trabalho.
 - O operador do guindaste e plataforma deve possuir comprovado treinamento e experiência para trabalhar em subestações.
 - Os instrumentos de medição possuem certificados de calibração que garante a precisão.

A manutenção de transformadores e reatores é baseada no padrão de guias de manutenção e que determinam as rotinas de manutenção padrão a serem executadas, sendo este um documento detalhado que é usado quando são executadas as intervenções nos equipamentos, sendo compostas por técnicos de manutenção, instalação e equipe do Centro de Manutenções Especiais.

As guias de manutenção são desenvolvidas com um procedimento específico e usam informações provenientes da experiência dos especialistas da empresa, recomendações do fabricante e estudos específicos da ECR, MCC, MPC.

O plano de manutenção específico de cada equipamento será composto por Guias de Manutenção, e algumas tarefas específicas não contempladas nas guias, mas exigidas pelas condições, o equipamento ou o ambiente, serão adicionados ao plano de manutenção, mas não modificarão as respectivas Guias de Manutenção.

A manutenção atual é definida basicamente da seguinte forma:

ATIVIDADE	PERÍODO
Inspeção de subestações pertencentes à rede básica;	Semanal
Inspeção de subestações desassistidas pertencentes à rede básica;	Semanal
Inspeção de subestações parcialmente assistidas pertencentes à rede básica;	Quinzenal
Inspeção de subestações assistidas e desassistidas não pertencentes à rede básica.	Quinzenal

Inspeção termográfica na região metropolitana	2 meses
Inspeção termográfica no litoral de novembro a fevereiro	mensal
Inspeção termográfica demais instalações	6 meses
Análise de gases e umidade do óleo	6 meses
Análise física química do óleo	1 ano
Análise do teor de furano em óleo	2 anos, a partir de 20 anos de operação
Manutenção geral nos comutadores de tensão sob carga (OLTC)	MPC – 6 a 18 anos

Tabela 12: Atividades principais de manutenção

Atividades Mínimas de Manutenção de Transformadores e Reatores	Periodicidade
Execução de limpeza e tratamento anti corrosivo;	6 anos
Correção de vazamentos de óleo isolante;	
Verificação do estado de conservação das vedações dos painéis;	
Verificação do aterramento do tanque principal;	
Verificação do funcionamento dos circuitos do relé de gás, do relé de fluxo e da válvula de alívio de pressão do tanque principal;	
Substituição do material secante utilizado na preservação do óleo isolante;	
Verificação do funcionamento das bolsas e membranas do conservador;	
Verificação dos indicadores de nível do óleo isolante e dos indicadores de temperatura;	
Verificação do funcionamento dos ventiladores e bombas do sistema de resfriamento;	
Verificação da comutação sob carga na função manual e automática;	
Verificação do nível do óleo do compartimento do comutador;	
Inspeção da caixa de acionamento motorizado do comutador;	
Ensaio de fator de potência e de capacitância das buchas com derivação capacitiva;	
Verificações em buchas: nível de óleo, condições das porcelanas e do tap capacitivo	
Armário de transferência – Verificar tomadas, régua de borne, circuito de iluminação e tomada e vedação do painel;	
Condição Radiadores	

Verificações nos comutadores de tensão sob carga: componentes elétricos e mecânicos, nível de óleo do conservador, operação elétrica e manual do acionamento motorizado, operação do contador de operações	
Verificação do filtro de óleo – Substituição dos filtros (quando aplicável), Partida manual, Pressão de trabalho e atuação da proteção por sobre pressão;	

Tabela 13: detalhamento das atividades Mínimas de Manutenção de Transformadores e Reatores

5.4.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA E POR CONDIÇÃO

- Pintura.
- Regeneração de óleo isolante.
- Tratamento de óleo devido a alto teor de água, ou fator de potência.
- Troca buchas.
- Correção de vazamentos de óleo.
- Troca de acessórios defeituosos.
- Correção de pontos quentes nos conectores.
- Substituição silicagel.
- Sistema de refrigeração – moto-ventilador e bombas

5.4.3. ÁREAS A MELHORAR

1. Geração da simulação do plano de contingência de cada subestação.
2. Aprimoramento do sistema de qualificação da condição dos equipamentos, para gerar diagnóstico confiável.
3. Qualificação das equipes de equipamentos indutivos.
4. Padronização dos modos de falha e grau de criticidade operativa para serem lançados corretamente nas notas do SAP.

5.4.4. GERENCIAMENTO DE FALHAS E DEFEITOS

As falhas funcionais (que levam a desligamento) e defeitos (não-conformidades encontradas durante a operação e manutenção) serão corrigidas com segurança e dentro do prazo. Estes devem ser registrados no SAP e as ações corretivas ou preventivas serão identificadas e relatadas de acordo com o procedimento de melhoria contínua.

A disseminação de modos de falha ou defeitos para os envolvidos nos estágios do ciclo de vida do ativo deve ser considerada.

5.4.5. PLANOS DE CONTINGÊNCIA

Os planos de contingência para a falha de transformadores, na rede de 230, 345, 440 e 500 kV, que normalmente são monofásicos, há uma fase reserva em cada subestação, já na rede de 138 kV, que normalmente são trifásicos, existem transformadores que operam em paralelo, que podem reduzir o impacto da falha, dependendo da sua capacidade, há para esses casos duas Subestações Moveis, também em situações em que a capacidade de reserva instalada é muito baixa para caga total da instalação, sendo que nesses casos são propostos projetos de expansão ao regulador.

As peças/equipamentos de reserva necessárias para emergências devem ser avaliadas periodicamente quanto ao desempenho e mantidas de maneira adequada.

Hoje existem planos de continuidade de negócios que buscam:

- Nos exercícios desenvolvidos pela Business Continuity Management, existe a prática de incorporar nos exercícios os equipamentos indutivos com maior risco para o sistema.
- Essas práticas devem permitir antecipar eventos indesejados e ter uma resposta mais rápida e segura.
- Sustentabilidade do negócio a longo prazo.
- Alta capacidade de reagir e se recuperar de desastres.
- Minimizar as perdas da organização como resultado da interrupção de suas atividades.

5.4.6. REALIZAR MANUTENÇÃO

Para garantir a eficácia do trabalho de manutenção e a disponibilidade do equipamento, as seguintes diretrizes são postas em prática:

- Procedimentos padrão são seguidos para controlar todas as atividades que são realizadas.
- São executados controles para os riscos de Saúde, Segurança e Gerenciamento Ambiental definidos nas matrizes correspondentes.
- As diretrizes de manutenção dos fabricantes de equipamentos são levadas em consideração, bem como experiências de especialistas.
- O pessoal qualificado para executar a manutenção passa por treinamento e através das seguintes ações:
 - ✓ Participação nas sessões de treinamento e/ou treinamento realizado pelos fabricantes dos equipamentos durante sua montagem.
 - ✓ Cursos para obter e manter sua qualificação para trabalhar em altitudes, e exposição a eletricidade, de acordo com as normas de segurança do trabalho.
 - ✓ Estudo da documentação associada à execução de tarefas de manutenção.
 - ✓ Conhecimento detalhado das informações técnicas do equipamento, seus acessórios e histórico de desempenho.

- ✓ Participação em treinamentos sobre temas especializados em Segurança e Saúde Ocupacional e Gestão Ambiental.
- Após a conclusão da manutenção, os resultados e as lições aprendidas devem ser documentadas nos pontos de medição para a qualificação do SAP, e a avaliação da necessidade de modificar os procedimentos deve ser avaliada.

5.4.7. AVALIAR MANUTENÇÃO

- Como um dos principais objetivos da Manutenção é que nenhum equipamento seja “questionado” para continuar operando de acordo com sua criticidade ao sistema, são realizados testes e verificações nos equipamentos, tomando como base os procedimentos homologados, o cumprimento das listas de verificação, o uso correto dos recursos, a utilização de equipamentos, instrumentos e ferramentas calibrados, entre outros.
- Como medida de acompanhamento, os Indicadores de Gerenciamento foram implementados para validar a conformidade com os Planos de Manutenção.
- Se alguma atividade definida no Plano não for realizada, ela deverá ser reagendada para outra intervenção planejada, dependendo de sua criticidade e os avisos da referida atividade que ficou pendente serão criados no SAP para fins de acompanhamento.
- Quando as intervenções não documentadas nos Planos de Manutenção serão realizadas, elas serão baseadas em análises operacionais e de condição.
- A qualificação de cada equipamento é realizada, que auxilia na definição da necessidade de manutenção corretiva pela condição. A atualização dessa qualificação é feita automaticamente sempre que tiver novas informações para diagnosticar a condição.
- Quando uma falha de alto impacto ocorre, a análise de Eliminação de Causa de Risco - ECR - é realizada para avaliar a causa e evitar possíveis falhas em outro Equipamento. Além disso, um plano de ação é estruturado com seu respectivo monitoramento de implementação.

5.4.8. CONDIÇÃO DO ATIVO

Existe um processo em análise que, por meio de planos e inspeções de monitoramento de condições, permite a avaliação da integridade dos ativos, sendo esta uma importante entrada para definir planos de manutenção e renovação do equipamento, que pode ser resumida como:

A operabilidade funcional de um transformador deve ser determinada pela capacidade de manter os seguintes recursos fundamentais:

1. Capacidade eletromagnética.
2. Capacidade para conduzir a corrente de carga
3. Capacidade de suportar tensões dielétricas
4. Capacidade de suportar tensões mecânicas.

Para a avaliação do papel, são conhecidos os 3 tipos de degradação:

1. Degradação térmica ou pirólise.
2. Degradação por hidrólise
3. Degradação oxidativa.

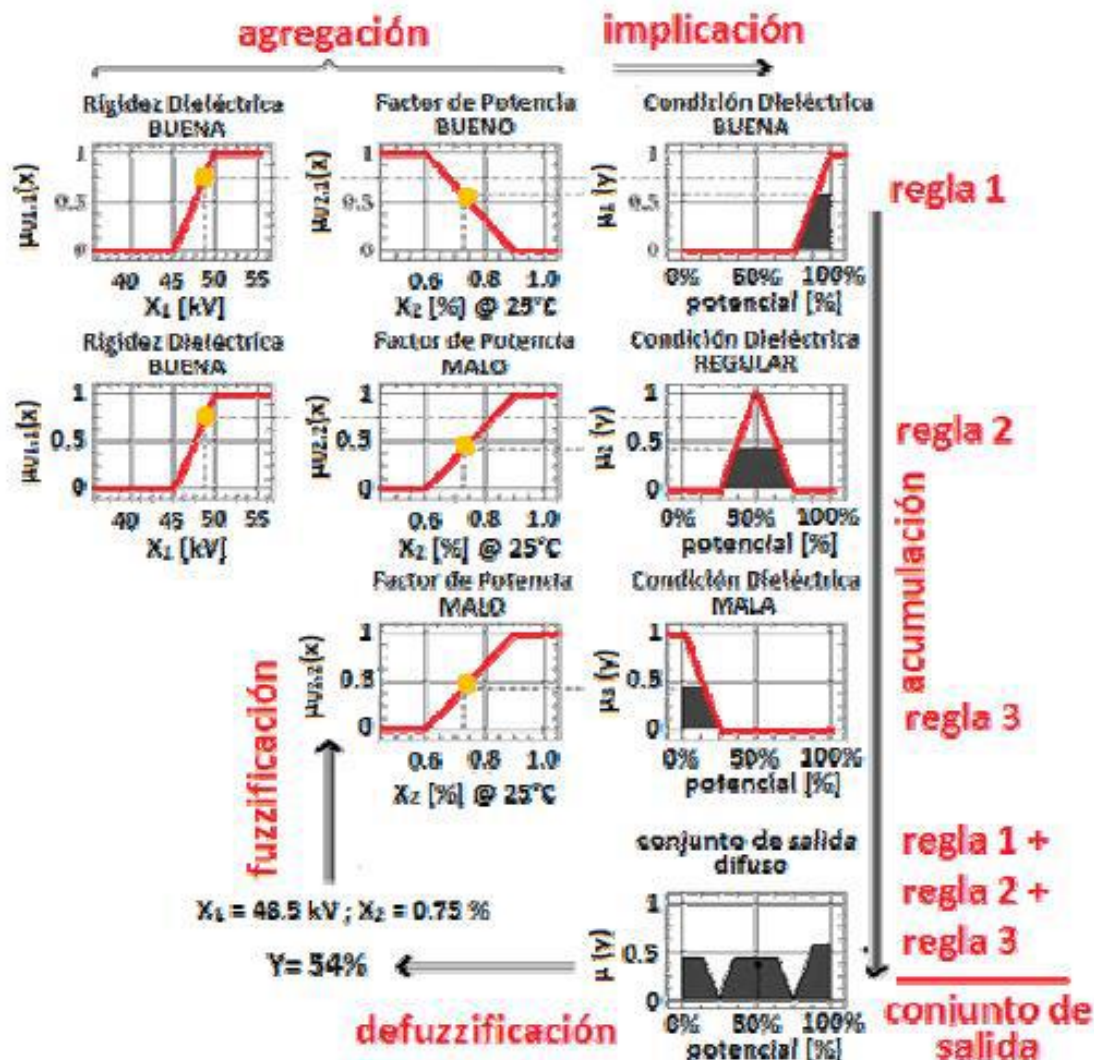


Figura 5: Processo lógico difuso baseado em regras de diagnóstico aplicadas a equipamentos indutivos

Abaixo está o esquema geral do sistema de diagnóstico integral da condição do transformador que foi desenvolvido e implementado, onde todas as sub-rotinas e rotinas criadas para diagnosticar os possíveis modos de falha que podem afetar os recursos de um transformador ou reator e possíveis perdas de suas funções de acordo com os ensaios:

ALGORITMO ÍNDICE CRITICIDAD	PRUEBA PREDICTIVA	VARIABLES CLAVES
Falla Térmica Papel	DGA	Monóxido (CO), Dióxido (CO ₂)
Falla Térmica Aceite	DGA	Etileno (C ₂ H ₄), Etano (C ₂ H ₆)
Falla Sistema Enfriamiento	Monitoreo	Tempe Aceite-Devanados Nivel de Cargabilidad
Falla Descargas Parciales	DGA	Hidrógeno (H ₂), Metano (CH ₄)
Falla Arco Eléctrico	DGA	Acetileno (C ₂ H ₂), Hidrógeno (H ₂)
Falla Deformación Axial Devanados	SFRA , Impedancia	Índice Correlación (Banda kHz)
Falla Deformación Radial Devanados	SFRA , Impedancia	Índice Correlación (Banda kHz)
Falla Perdida Capacidad Mecánica Papel	Cromatografía Líquida	2FAL, Total Furanos, Monóxido (CO), Dióxido (CO ₂)
Falla Degradación Aceite Aislante	Fisicoquímicas	Tensión Interfacial, Número Neutralización.
Falla Contaminación Aceite Aislante	Fisicoquímicas	Rigidez Dieléctrica, Factor de Potencia Aceite, Contenido Partículas
Falla Contaminación Aceite Aislante OLTC	Fisicoquímicas	Rigidez Dieléctrica, Contenido Humedad, Contenido Partículas
Falla Contaminación Humedad Aceite	Fisicoquímicas	Contenido Humedad, Saturación Relativa, Temperaturas
Falla Contaminación Humedad Papel	Fisicoquímicas, Monitoreo, Respuesta Dieléctrica	Contenido Humedad, Saturación Relativa, Temperaturas, % Humedad Papel
Falla Dieléctrica Aislamiento Devanados	Factor de Potencia, Respuesta Dieléctrica	Factor de Potencia Devanados, Factor de Potencia Aceite, % Humedad Papel
Falla Dieléctrica Aislamiento Bujes	Factor de Potencia, Capacitancia, Monitoreo	Factor de Potencia, Capacitancia

Figura 6: Variáveis, algoritmo e testes para análise da condição do equipamento indutivo

6. MELHORA CONTÍNUA

A melhoria contínua será alcançada sistematicamente de acordo com a sua revisão sistemática, buscando analisar melhorias dos sistemas e insumos importantes para avaliação do equipamento, através do uso de métodos como o ECR, MPC e MCC, de acordo com a natureza do caso. Esta metodologia deve ser proativa, devendo ser utilizada no caso de ocorrência ou risco de eventos indesejados.

7. OBJETIVOS A ATINGIR

Objetivos e tempos sobre a implementação desta estratégia:

- Planos de renovação para 1 a 10 anos, revisados anualmente.
- Revisar o plano de saúde anualmente.
- Atualizar o REM anualmente.
- Melhorar o MTBF em X % anualmente.
- Identificar profissionais não engajados.
- Capacitação das equipes de manutenção.
- Melhorar os planos de contingência periodicamente.
- Revisão / atualização / sistematização do protocolo de diagnóstico de equipamentos para alarmes e equipamentos questionados.
- Outros.

Eles devem estar alinhados com documentos principais para que não tenha conflito com outros objetivos de diferentes departamentos, caso haja diferenças, use o processo SALVO para a tomada de decisão.



Figura 7: Processo SALVO