



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado

FLÁVIO ROQUE BEZERRA SALVADOR

Junho de 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório apresentado à coordenação de Engenharia Elétrica da UFCG, como parte dos requisitos à obtenção de título de engenheiro eletricista.

Orientador: Edson Guedes da Costa, D. Sc.

Aluno: Flávio Roque Bezerra Salvador
Matrícula: 20221131

Junho de 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado

Trabalho apresentado por: Flávio Roque Bezerra Salvador

Empresa: Engeluz Service Ltda.

Período de Estágio: Dezembro de 2009 à Fevereiro de 2010.

Orientador: Prof. Dr. Edson Guedes da Costa

Campina Grande – Paraíba
Junho de 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado

Julgado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA:

Professor Edson Guedes da Costa, D. Sc.
Orientador

Professor

Campina Grande – Paraíba
Junho de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Meu Deus, justo e fiel.

Aos meus Pais, Roque e Heliana, que fizeram por mim e por minhas irmãs o impossível para nos dar o melhor de tudo que a vida pode proporcionar: amor, educação e saúde. E que viveram suas vidas para construir a minha vida.

Minhas irmãs Fabrícia e Fabíola, pelo companheirismo e amor que sempre vivemos.

A toda minha família, Avós, Avôs, Primos e Tios, por toda a ajuda e incentivo que sempre ofereceram a minha vida.

A minha namorada Priscila Barbosa que sempre me apoiou e ajudou a amenizar a falta que minha família me trás.

Ao Professor Edson Guedes que me proporcionou o descobrimento e o envolvimento com tal seguimento da minha profissão, além de me orientar neste trabalho.

Aos Engenheiros José Ângelo Correia e Diego Perazzo, pelo apoio e por todo o conhecimento transmitido.

Termino pedindo ao meu Deus, que proteja a todos citados aqui.

APRESENTAÇÃO

O presente relatório retrata de forma sintética e sistematizada tudo que foi assimilado durante a realização do estágio curricular na empresa Engeluz Service Ltda, cujo objetivo principal foi de acompanhar os serviços de manutenção em chaves seccionadoras nas instalações da Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF, desenvolvido ao longo de três meses.

O estágio, do tipo supervisionado, é de fundamental importância para aplicabilidade do conhecimento teórico obtido na graduação beneficiando assim o crescimento profissional do acadêmico, além de ser requisito obrigatório para a conclusão do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Sumário

LISTA DE ABREVIACÕES.....	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS.....	XI
1. A EMPRESA.....	1
2. O SERVIÇO	2
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA DESENVOLVIMENTO DO ESTÁGIO.....	3
3.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	3
3.1.1 <i>Eletrobras</i>	4
3.2 ESTRUTURA DE UM SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA (SEP)	6
3.3 SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)	7
3.4 SUBESTAÇÃO.....	8
3.4.1 <i>Classificação quanto a sua função principal</i>	8
3.4.2 <i>Classificação quanto ao nível de tensão</i>	9
3.4.3 <i>Classificação quanto ao tipo de instalação</i>	9
3.5 ARRANJOS DE SUBESTAÇÕES.....	10
3.5.1 <i>Barramento Simples</i>	10
3.5.2 <i>Barramento Principal e de Transferência</i>	11
3.5.3 <i>Barramento Duplo</i>	11
3.5.4 <i>Barra Dupla com Disjuntor Duplo</i>	12
3.5.6 <i>Barra Dupla com Disjuntor e Meio</i>	13
3.5.7 <i>Barramento Triplo</i>	13
3.6 CODIFICAÇÃO OPERACIONAL DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADO PELA CHESF.....	14
3.7 CHAVES SECCIONADORAS	16
3.7.6 <i>Definições</i>	16
3.7.7 <i>Partes Componentes</i>	17
3.7.7.1 <i>Circuito Principal</i>	17
3.7.7.2 <i>Circuito de Comando</i>	17
3.7.7.3 <i>Circuito de Acionamento</i>	17
3.7.7.4 <i>Circuito Auxiliar</i>	17
3.7.8 <i>Principais Componentes que constituem um Seccionador</i>	17
3.7.8.1 <i>Base, Sub-Base e Mancal</i>	17
3.7.8.2 <i>Coluna Isolante</i>	18
3.7.8.3 <i>Lâmina Principal</i>	18
3.7.8.4 <i>Contato</i>	19
3.7.8.5 <i>Mecanismo de Acionamento</i>	19
3.7.8.6 <i>Contato de arcos (chifre)</i>	20
3.7.9 <i>Classificação quanto ao mecanismo de acionamento</i>	20
3.7.10 <i>Classificação de Seccionadores pelo aspecto Construtivo</i>	20
3.7.10.1 <i>Seccionador com Abertura Lateral</i>	21
3.7.10.2 <i>Seccionador com Abertura Central</i>	21
3.7.10.3 <i>Seccionador com Dupla Abertura</i>	22
3.7.10.4 <i>Seccionador de Abertura Vertical</i>	22
3.7.10.5 <i>Seccionador de Abertura Semi-Pantográfico Horizontal e Vertical</i>	23
3.7.10.6 <i>Lâmina de Terra</i>	23
3.7.11 <i>Ensaio realizados em Chaves segundo a NBR 6935</i>	24
3.7.11.1 <i>Ensaio de Tipo</i>	24
3.7.11.2 <i>Ensaio de Rotina</i>	24

4. O ESTÁGIO	25
4.1 PETROLINA – PE	25
4.2 SIMÕES FILHO – BA	26
4.3 PAULO AFONSO – BA	27
4.3.1 <i>SE Abaixadora (ABX)</i>	28
4.3.1.1 Visita Técnica	28
4.3.1.2 Elaboração do CROQUI	29
4.3.1.3 Elaboração do PEX e APR	30
4.3.1.4 Solicitação de Intervenção	31
4.3.1.5 Dia “D”	31
4.3.1.6 Intervenção (Desconexão)	34
4.3.1.7 Manutenção	40
4.3.1.8 Ensaios Realizados durante o Estágio	44
4.3.1.9 Intervenção (Reconexão)	48
4.3.2 <i>SE Paulo Afonso III (PAF)</i>	48
5. CONCLUSÃO	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE ABREVIações

ABX	Subestação Abaixadora
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APR	Análise Preliminar de Risco
CEFET	Centro Federal de Ensino Tecnológico
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Rio Parnaíba.
COELBA	Companhia de eletricidade do estado da Bahia
GEVISA	GE Divisão Industrial e Transporte
IFPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
LT	Linhas de transmissão
NBR	Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
ONS	Operador Nacional do Sistema
PAF	Subestação Paulo Afonso III
PEX	Programa Executivo
SE	Subestação
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SIN	Sistema Interligado Nacional
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo organizacional e agentes do setor elétrico brasileiro	3
Figura 2 - Estrutura básica do Sistema Elétrico de Potencia	6
Figura 3 - Representação dos segmentos do SEP com seus respectivos níveis de tensão.	7
Figura 4 - Sistema de Transmissão Brasileiro de 2010.....	8
Figura 25 - Arranjo Barra Simples.	10
Figura 26 - Arranjo Barra Simples com BY-PASS.....	10
Figura 27 - Arranjo Barra Simples com BY-PASS e com seccionamento da barra com chave.	10
Figura 28 - Arranjo Barra Principal e Barra de transferência.....	11
Figura 29 - Arranjo Barra Dupla a 5 chaves.	11
Figura 30 - Arranjo Barra Dupla a 4 chaves	12
Figura 31 - Arranjo Barra Dupla a 3 chaves	12
Figura 32 - Arranjo Barra Dupla com Disjuntor Duplo	13
Figura 33 - Arranjo Barra Dupla com Disjuntor e Meio.....	13
Figura 34 - Arranjo Barra Tripla (Parte do Diagrama Unifilar da PAF)	14
Figura 5 - Fotografia de uma Chave Seccionadora de Dupla Abertura de 132 kV.....	16
Figura 13 - Imagem da Base, Sub-base e mancal de um Secionador.....	18
Figura 14 - Imagens dos tipos de colunas de isoladores	18
Figura 15 - Imagens de Contatos de Secionadores	19
Figura 16 - Imagem do Mecanismo de Acionamento do Secionador	19
Figura 17 - Imagem do Contato de Arcos (Chifre)	20
Figura 6 – Imagem de um Secionador de Abertura Lateral.....	21
Figura 7 - Imagem de um Secionador com Abertura Central.....	21
Figura 8 - Imagem do Secionador com dupla abertura.....	22
Figura 9 - Imagem do Secionador com Abertura Vertical	22
Figura 10 - Imagem de Secionador Semi-Pantográfico Horizontal.....	23
Figura 11 - Imagem de Secionador Semi-Pantográfico Vertical	23
Figura 12 - Imagem da Lâmina de Terra.....	23
Figura 35 - Fotografia de satélite da Subestação de Matatu.....	26
Figura 36 - Figura que representa a configuração do barramento e do equipamento antes e depois da intervenção da chave 32M2-4 (CROQUI).	29
Figura 37 - Figura que representa a configuração do barramento e do equipamento durante a intervenção da chave 32M2-4 (CROQUI).	30
Figura 38 - Fotografia da Realização do Ensaio de Isolamento de Bastão Isolante.....	31
Figura 39 - Fotografia do Instrumento Ritz-Tester.	32
Figura 40 - Fotografia do Termo higrômetro.....	33
Figura 41 - Fotografia de um Bastão do tipo universal utilizado no método à Distância.	34
Figura 42 - Fotografia de uma Chave catraca adaptável para bastão universal.....	34
Figura 43 - Fotografia de Vestimenta condutiva.	35
Figura 44 - Fotografia do Método à Distância.	36
Figura 45 - Fotografia do Método ao Potencial Ativo utilizando escada isolante.	36

Figura 46 - Fotografia do Método ao Potencial utilizando conjunto andaime e escada para conseguir distância horizontal.....	36
Figura 47 - Fotografia do Método ao Potencial utilizando conjunto andaime e escada para conseguir distância vertical.....	36
Figura 48 - Fotografia do eletricitista monitorando a corrente de fuga.....	38
Figura 49 - Fotografia do microamperímetro da marca Ritz do Brasil.....	38
Figura 50 - Fotografia do Contato Fixo.....	41
Figura 51 - Fotografia do Contato Fixo.....	41
Figura 52 - Fotografia dos dedos do Contato Fixo, A - depois da Limpeza e B - Antes da Limpeza.....	41
Figura 53 – Fotografia do Inibidor de óxido.....	41
Figura 54 - Fotografia do Contato Móvel (Lâmina).....	41
Figura 55 – Fotografia do Eixo do Mancal antes da limpeza.....	43
Figura 56 - Fotografia do Eixo do Mancal depois da limpeza e lubrificação.....	43
Figura 57 - Fotografia da parte interna do mancal antes da limpeza.....	43
Figura 58 - Fotografia da parte interna do mancal após limpeza.....	43
Figura 59 - Fotografia da realização da manutenção do circuito auxiliar.....	44
Figura 18 - Fotografia do processo corrosivo do parafuso da base da cadeia de isoladores tipo pedestal.....	45
Figura 19 - Fotografia do parafuso substituído antes de aço e depois de aço inox, da base da cadeia de isolador do tipo pedestal.....	45
Figura 20 - Fotografia do processo corrosivo da estrutura da chave seccionadora.....	45
Figura 21 - Fotografia do processo corrosivo da cadeira de isolador do tipo pedestal da chave seccionadora.....	45
Figura 22 – Fotografia da Realização do Ensaio de Tensão aplicada nos Circuitos Auxiliares.....	46
Figura 23 - Fotografia do Medidor de Resistência de Contato.....	46
Figura 24 - Ilustração do processo de fechamento de uma Chave.....	47
Figura 60 - Fotografia da SE PAIII da chave 34B1-3.....	49
Figura 61 - Fotografia do Pólo da Chave e a barreira isolando a parte energizada.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados das Usinas geradoras do sistema CHESF	6
Tabela 2 - Lista de Materiais/equipamentos para realizar serviço de liberação de equipamento	28
Tabela 3 - Tabela do Ponto de Orvalho	33
Tabela 4 - Tabela de Distâncias de Segurança	37
Tabela 5 - Valores Máximos para corrente de fuga de acordo com o nível de tensão nominal	38
Tabela 6 - Potencial eletrolítico de Materiais Nobres.....	42
Tabela 7 - Valores Obtidos no Ensaio de Resistência de Contato da Chave 32M2-4	47
Tabela 8 - Tabela de torque para parafusos/porcas (kgf/m).....	48
Tabela 9 - Valores Obtidos no ensaio de resistência de contato da Chave 34B1-3.....	49

1. A Empresa

A Engeluz Service Ltda fica situada na Avenida Sete de Setembro, 198, José e Maria, na cidade de Petrolina-PE. A empresa é de propriedade dos sócios Francisco Roque Bezerra e José Ângelo Correia e tem cerca de 30 funcionários.

Ela atua no ramo de prestação de serviços de construção e manutenção de linhas de transmissão, usinas geradoras e de subestações nos níveis de tensão de 13,8 kV a 500 kV.

Fundada em outubro de 2001, a Engeluz tem como principais clientes a CHESF, CODEVASF, AREVA KOBLOITZ, GEVISA, entre outras.

Em seu quadro de funcionários encontram-se profissionais bastante experientes, ex-funcionários e aposentados da CHESF, dentre eles os sócios da empresa, com mais de 30 anos de serviços prestados a esta estatal.

Dados da Empresa:

Razão Social: Engeluz Service Ltda.

Endereço: Av. Sete de Setembro, 198, José e Maria, Petrolina-PE.

CNPJ: 04.117.995/0001-26

Tel.: 87. 3864-3424

E-mail: engeluz@uol.com.br

2. O Serviço

Durante a elaboração do plano de estágio, foram referenciados vários serviços os quais a empresa estava realizando no momento. Estes trabalhos foram acompanhados superficialmente, pelo motivo de que no início do estágio foi definido que o objetivo do mesmo seria o acompanhamento efetivo do serviço de manutenção de chaves seccionadoras em 02 contratos vigentes entre a Engeluz e a CHESF.

O primeiro contrato é de responsabilidade da regional CHESF de Salvador, contrato de número CTN-E-03.2009.0990.00, para manutenção de 71 chaves seccionadoras sendo 11 equipamentos de 230 kV, 45 chaves de 242 kV e 15 chaves de 75,5 kV. Equipamentos distribuídos por oito subestações num raio de 100 km da cidade de Salvador-BA.

O segundo contrato de número CTN-E-01.2009.5530.00, é administrado pela Regional de Paulo Afonso (GRP) e refere-se a manutenção de 174 chaves seccionadoras de 69, 138 e 230 kV, distribuídas entre 12 subestações.

3. Fundamentação Teórica para desenvolvimento do Estágio

3.1 Estrutura Organizacional do Setor Elétrico Brasileiro

O Setor elétrico mundial vem sofrendo um grande processo de reestruturação organizacional. No modelo atual o setor elétrico é dividido em segmentos como: Geração, Transmissão, Distribuição e Comercialização.

O setor elétrico brasileiro sofreu esse processo de reestruturação com a criação de um novo marco regulatório, a desestatização de parte das empresas do setor elétrico, e a abertura de mercado de energia elétrica.

A reestruturação sustenta-se na Constituição Federal de 1988 e passou a ser implementada no ano de 1993, quando as principais regras de funcionamento passaram por modificações importantes.

A partir de 1995, com a edição das Leis de Concessões (nºs. 8987 e 9074) e a aprovação do Programa Nacional de Desestatização (PND), e sua extensão para os programas Estaduais de Desestatização (PEDs), o processo foi acelerado e hoje, na maioria dos Estados, a distribuição de energia já é realizada por empresas privadas.

Pela Lei 9427, de 26 de dezembro de 1996, foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e teve início a consolidação de uma nova postura do Estado, que passou a ser o formulador, regulador e fiscalizador das políticas do setor.

Para gerenciar o novo modelo do setor elétrico, o Governo Federal criou a estrutura organizacional apresentada na Figura 1 e definida a seguir:

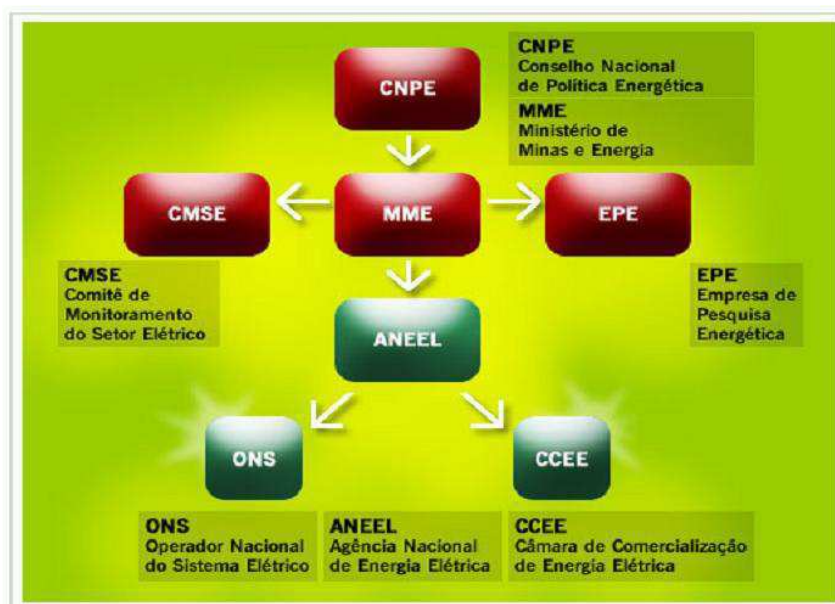


Figura 1 – Modelo organizacional e agentes do setor elétrico brasileiro

- *Conselho Nacional de Políticas Energéticas – CNPE*
Órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia, visando, dentre outros, o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país, a revisão periódica da matriz energética e a definição de diretrizes para programas específicos.
- *Ministério de Minas e Energia – MME*
Encarregado de formulação, do planejamento e da implementação de ações do Governo Federal no âmbito da política energética nacional. O MME detém o poder concedente.
- *Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE*
Constituído no âmbito do MME e sob sua coordenação direta, com a função precípua de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletro energético em todo o território nacional.
- *Empresa de Pesquisa Energética – EPE*
Empresa pública federal vinculada ao MME tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético.
- *Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL*
Autarquia vinculada ao MME, com finalidade de regular a fiscalização, a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal. A ANEEL detém os poderes regulador e fiscalizador.
- *Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS*
Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, tem por objetivo executar as atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão, no âmbito do SIN. O ONS é responsável pela operação física do sistema e pelo despacho energético centralizado.
- *Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE*
Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, com finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional - SIN. Administra os contratos de compra e venda de energia elétrica, sua contabilização e liquidação. A CCEE é responsável pela operação comercial do sistema.

3.1.1 Eletrobras

A criação das Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras) foi proposta em 1954 pelo presidente Getúlio Vargas. O projeto enfrentou grande oposição e só foi aprovado após sete anos de tramitação no Congresso Nacional. Em 25 de abril de 1961, o presidente Jânio Quadros assinou a Lei 3.890-A, autorizando a União a constituir a Eletrobras. A instalação da

empresa ocorreu oficialmente no dia 11 de junho de 1962, em sessão solene do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), no Palácio Laranjeiras, no Rio de Janeiro.

A Eletrobras recebeu a atribuição de promover estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações destinadas ao suprimento de energia elétrica do país. A nova empresa passou a contribuir decisivamente para a expansão da oferta de energia elétrica e o desenvolvimento do país. As reformas institucionais e as privatizações na década de 1990 acarretaram a perda de algumas funções da estatal e mudanças no perfil da Eletrobras. Nesse período, a companhia passou a atuar também, por determinação legal e transitoriamente, na distribuição de energia elétrica, por meio de empresas nos estados de Alagoas, Piauí, Rondônia, Acre, Roraima e Amazonas.

Em 2004, a nova regulamentação do setor excluiu a Eletrobras do Programa Nacional de Desestatização (PND). Atualmente, a companhia controla 12 subsidiárias – Eletrobras Chesf, Eletrobras Furnas, Eletrobras Eletrosul, Eletrobras Eletronorte, Eletrobras CGTEE, Eletrobras Eletronuclear, Eletrobras Distribuição Acre, Eletrobras Amazonas Energia, Eletrobras Distribuição Roraima, Eletrobras Distribuição Rondônia, Eletrobras Distribuição Piauí e Eletrobras Distribuição Alagoas –, uma empresa de participações (Eletrobras Eletropar), um centro de pesquisas (Eletrobras Cepel, o maior do ramo no hemisfério Sul) e ainda detém metade do capital de Itaipu Binacional, em nome do governo brasileiro.

Presente em todo o Brasil, o Sistema Eletrobras tem capacidade instalada para a produção de 39.413 MW, incluindo metade da potência da usina de Itaipu pertencente ao Brasil, e mais de 59 mil km de linhas de transmissão.

A maior subsidiária da Eletrobras é a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) é uma sociedade anônima de capital fechado que atua na geração e transmissão de energia em alta e extra-alta tensão, explorando a bacia hidrográfica do rio São Francisco, com sede no Recife. Foi criada durante o Estado Novo, pelo presidente Getúlio Vargas através do Decreto-Lei nº 8.031 de 3 de outubro de 1945, e constituída na primeira assembléia geral de acionistas, realizada em 15 de março de 1948. Com a reestruturação do setor elétrico na década de 60, tornou-se uma Subsidiária da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Eletrobras, vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

Tem a missão de produzir, transmitir e comercializar energia elétrica para a Região Nordeste do Brasil. Atende tradicionalmente a oito estados do Nordeste (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí). Com a abertura permitida pelo novo modelo do Setor Elétrico Brasileiro, a Chesf tem contratos de venda de energia em todos os submercados do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Com a criação da super Eletrobras a Chesf se fortalece e faz parte do conglomerado de empresas do governo com o intuito de expandir os negócios de energia a outras nações.

A Chesf é a maior geradora de energia elétrica do Brasil, dados de 2007, com 10.737.798 kW. Opera dez usinas hidrelétricas e uma usina termelétrica em Camaçari-BA. A maior usina hidrelétrica construída do sistema Chesf é Xingó, com 3.162 MW de potência. Segue abaixo a tabela contendo dados sobre as usinas hidroelétricas do sistema Chesf.

Tabela 1 - Dados das Usinas geradoras do sistema CHESF

Usina	Unidades	Potência Total Instalada (kW)
Araras	2	4.000
Boa Esperança	4	237.300
Camaçari	5	346.803
Curemas	2	3.520
Funil	3	30.000
Luiz Gonzaga	6	1.479.600
Apolônio Sales	4	400.000
Paulo Afonso I	3	180.001
Paulo Afonso II	6	443.000
Paulo Afonso III	4	794.200
Paulo Afonso IV	6	2.462.400
Pedra	1	20.007
Piloto	1	2.000
Sobradinho	6	1.050.300
Xingó	6	3.162.000

Fonte: www.chesf.gov.br

3.2 Estrutura de um Sistema Elétrico de Potência (SEP)

O objetivo de um sistema elétrico de potência (SEP) é gerar, transmitir e distribuir energia elétrica atendendo a determinados padrões de confiabilidade, disponibilidade, qualidade, segurança e custos, com o mínimo impacto ambiental e o máximo de segurança pessoal.

A estrutura do sistema elétrico de potência compreende os sistemas de geração, transmissão, distribuição e subestações de energia elétrica, em geral cobrindo uma grande área geográfica. Como representado na figura 2 abaixo.

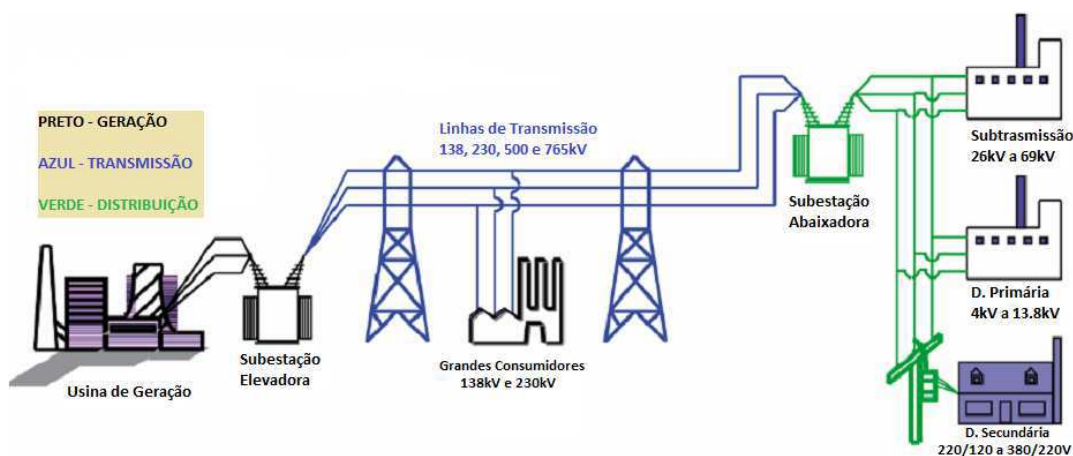


Figura 2 - Estrutura básica do Sistema Elétrico de Potencia

O Sistema elétrico pode ser dividido de acordo com o nível de tensão, como é mostrado na figura 3.

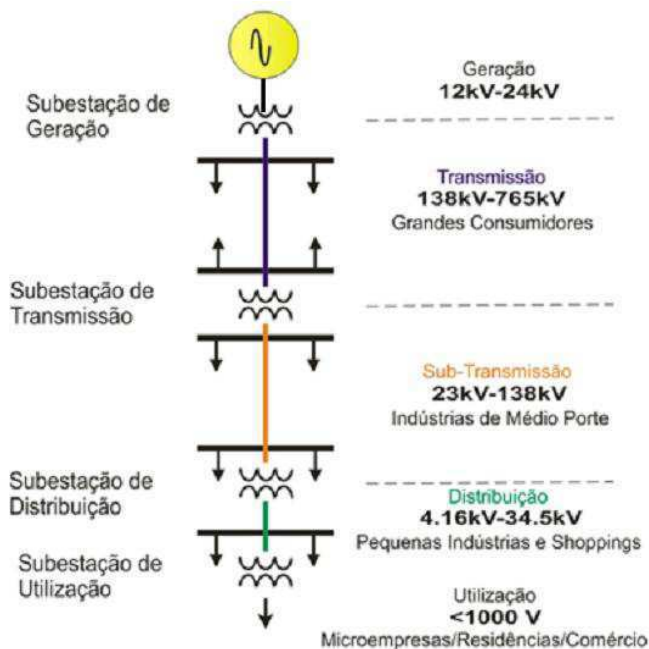


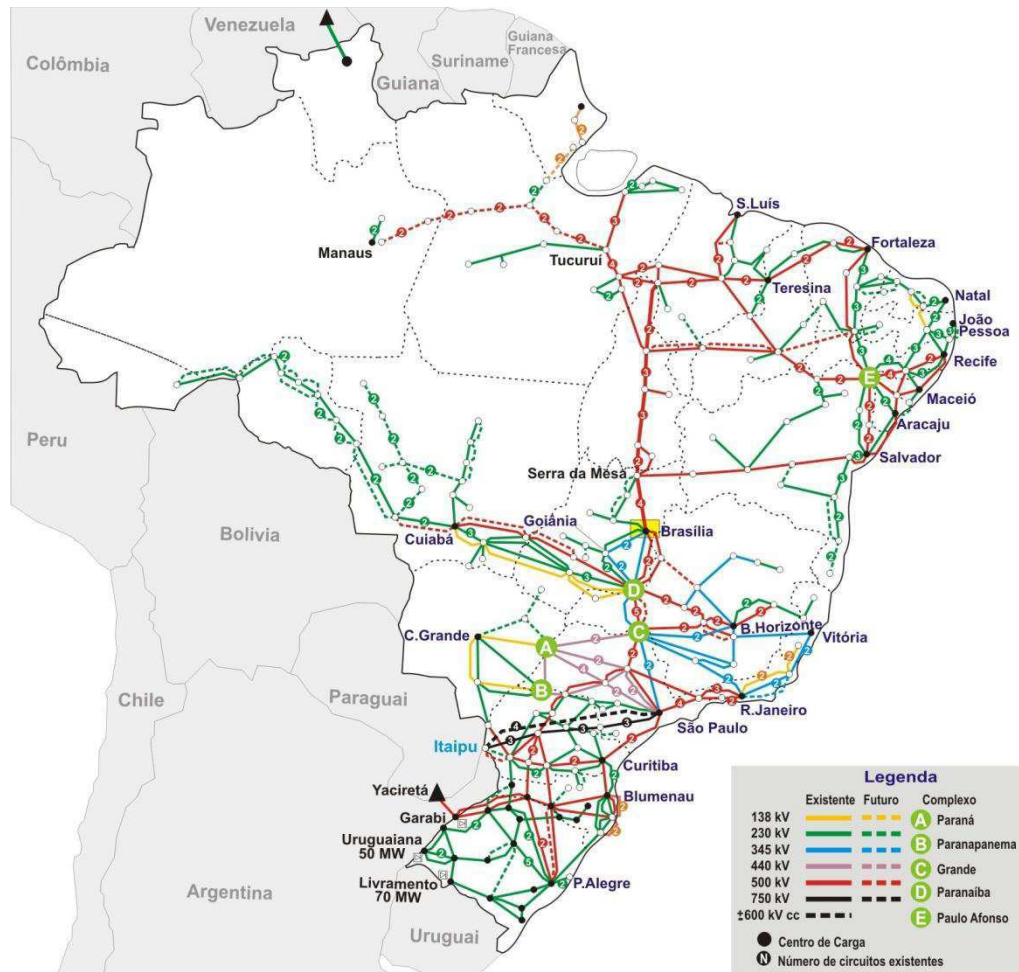
Figura 3 - Representação dos segmentos do SEP com seus respectivos níveis de tensão.

3.3 Sistema Interligado Nacional (SIN)

O parque gerador nacional é constituído, predominantemente, de centrais hidrelétricas de grande e médio porte, instaladas em diversas localidades do território nacional. Por outro lado, existe uma concentração de demanda em localidades industrializadas onde não se concentram as centrais geradoras. Estas características são imperativas para a implantação de um sistema de transmissão de longa distância.

Até 1999, o Brasil possuía vários sistemas elétricos desconectados, o que impossibilitava uma operação eficiente das bacias hidrográficas regionais e da transmissão de energia elétrica entre as principais usinas geradoras. Com o objetivo de ampliar a confiabilidade, otimizar os recursos energéticos e homogeneizar mercados foi criado o sistema interligado nacional - SIN, o qual é responsável por mais de 95% do fornecimento nacional. Sua operação é coordenada e controlada pelo ONS.

O sistema interligado de eletrificação permite que as diferentes regiões permutem energia entre si, quando uma delas apresenta queda no nível dos reservatórios. Como o regime de chuvas é diferente nas regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste, os grandes troncos (linhas de transmissão de mais alta tensão: 500 kV ou 750 kV) possibilitam que os pontos com produção insuficiente de energia sejam abastecidos por centros de geração em situação favorável. Na figura 4 abaixo, exibe o mapa do sistema de transmissão brasileiro e suas principais linhas.



Fonte: www.ons.gov.br

Figura 4 - Sistema de Transmissão Brasileiro de 2010

3.4 Subestação

Uma subestação (SE) pode ser definida como uma instalação elétrica contendo um conjunto de equipamentos de manobra e/ou transformação e ainda eventualmente de compensação de reativos usado para dirigir o fluxo de energia em sistema de potência e possibilitar a sua diversificação através de rotas alternativas, possuindo dispositivos de proteção capazes de detectar os diferentes tipos de faltas que ocorrem no sistema e de isolar os trechos onde estas faltas correm.

A classificação de uma subestação pode ser realizada conforme sua função, seu nível de tensão, seu tipo de instalação e sua forma de operação.

3.4.1 Classificação quanto a sua função principal

- Subestação elevadora: instalações anexas às usinas geradoras que se destinam a elevar a tensão do nível de geração (5 a 25 kV) ao nível adequado a transmissão.

- Subestação de interligação: cuidam de compatibilizar as tensões na interface de dois sistemas de potência distintos. Em geral a relação de transformação nessas subestações é próxima de um.
- Subestação reguladora: aquelas cuja função primordial, ou mesmo exclusiva, é regular a tensão ou controlar de modo mais amplo a qualidade da energia.
- Subestação conversoras/inversoras: através das quais as linhas de transmissão em corrente contínua (CC) se integram ao sistema de corrente alternada (CA).
- Subestação de subtransmissão e de distribuição: conhecidas também como subestações abaixadoras, ela tem características de ter maior número de circuitos de saída que de circuitos de entrada. Nas de subtransmissão, a energia chega pelas linhas de transmissão e saem pelas linhas de subtransmissão. Já nas subestações de distribuição, a energia chega pelas linhas de subtransmissão e saem pelos alimentadores primários.

3.4.2 Classificação quanto ao nível de tensão

- Subestação de ultra-alta tensão: operam acima de 500 kV.
- Subestação de extra-alta tensão: operam até 500 kV.
- Subestação de alta tensão: operam com tensão nominal entre 69 e 230 kV.
- Subestação de distribuição: operam com tensão nominal entre 11,9 a 45 kV.
- Subestação de baixa tensão: tensão nominal inferior a 11,9 kV.

3.4.3 Classificação quanto ao tipo de instalação

- Subestação a céu aberto: aquela onde sua instalação fica fora de uma cobertura, e que principalmente, seus condutores não são isolados por qualquer meio a não ser o ar.
- Subestação abrigada: é aquela onde maior parte ou toda sua instalação encontra-se em um recinto fechado e todos os seus condutores são blindados utilizando algum material de alta rigidez dielétrica como, por exemplo, o gás SF₆.

As subestações convencionais compreendem duas partes principais, o pátio e a casa de comando. No pátio estão instalados os circuitos e equipamentos principais, auxiliares e de manobra. Na sala de comando abriga os relés, medidores e sinalizadores, os quais são instalados em painéis ou cubículos. Ela tem outras dependências: sala de retificadores e baterias, escritório, depósito e alojamento de pessoal. Os dispositivos citados (retificadores e baterias) são dispositivos necessários para alimentar o circuito auxiliar que opera em (110 ou 120 Vcc), que tem como objetivos: proteção, medição, controle, sinalização e iluminação.

- Equipamentos principais: transformadores, reguladores, reatores, capacitores e barramentos.
- Equipamentos auxiliares: transformadores de potencial e transformadores de corrente.

- Equipamentos de manobra e proteção: seccionadoras, disjuntores, pára-raios e malha de aterramento.

3.5 Arranjos de Subestações

Denomina-se arranjo, a configuração dos equipamentos eletromecânicos que constituem um pátio de mesmo nível de tensão de uma subestação, de tal forma que sua operação consiga dar diferentes níveis de confiabilidade, segurança ou flexibilidade da manobra. Existem duas tendências gerais com relação aos arranjos de subestações, uma Européia, a de conexão de barras, e a Americana, a de conexão de disjuntores.

3.5.1 Barramento Simples

É a configuração que apresenta apenas um barramento para ligar os alimentados às cargas. É econômica, simples, de fácil operação e precisa de pouco espaço físico. Apresenta falta de confiabilidade, segurança e flexibilidade, tendo que interromper o fornecimento total em caso de manutenção. Como mostrado nas figuras abaixo.

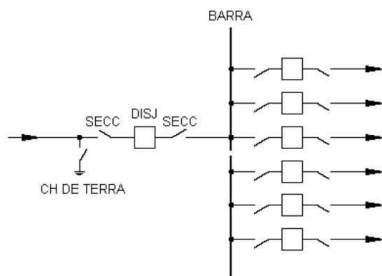


Figura 5 - Arranjo Barra Simples.

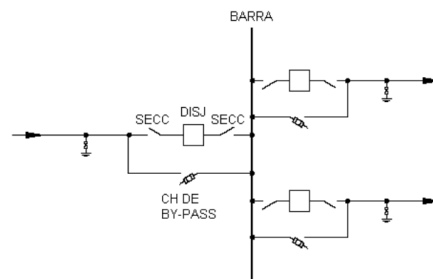


Figura 6 - Arranjo Barra Simples com BY-PASS.

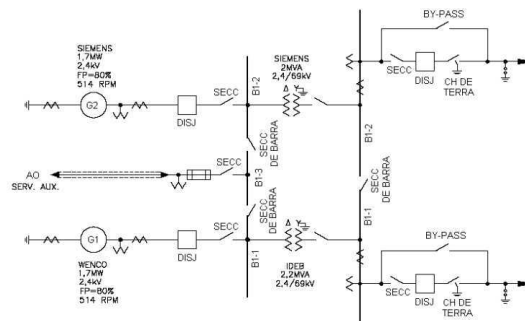


Figura 7 - Arranjo Barra Simples com BY-PASS e com seccionamento da barra com chave.

3.5.2 Barramento Principal e de Transferência

Em instalações de maior importância, quando existe o requisito de não perder o fornecimento durante algum processo de manutenção.

A efetividade do arranjo necessita da instalação de um disjuntor especial, o disjuntor de transferência, que é utilizado como reserva para qualquer disjuntor da linha. Como exemplificado na figura 28.

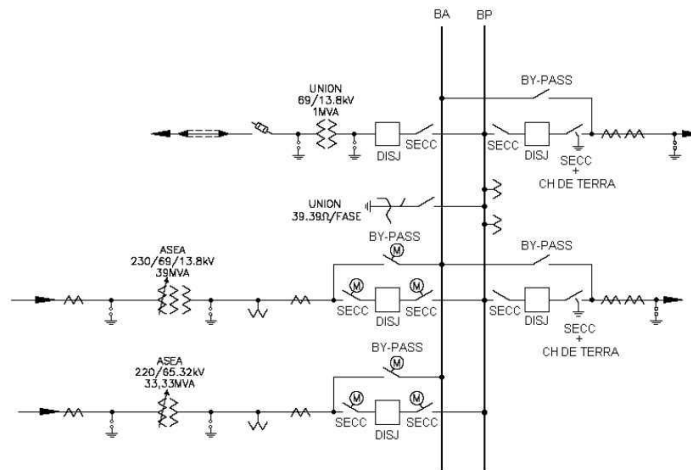


Figura 8 - Arranjo Barra Principal e Barra de transferência.

3.5.3 Barramento Duplo

Para aumentar a confiabilidade da configuração barra simples, pode-se adicionar uma segunda barra principal e um disjuntor para o acoplamento das barras. Formando assim uma configuração conhecida como Barra Dupla. Como exemplificado nas figuras abaixo.

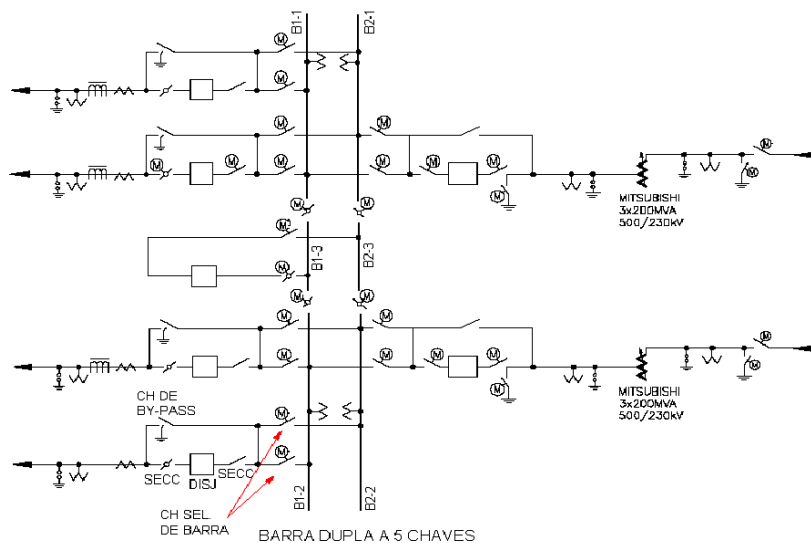


Figura 9 - Arranjo Barra Dupla a 5 chaves.

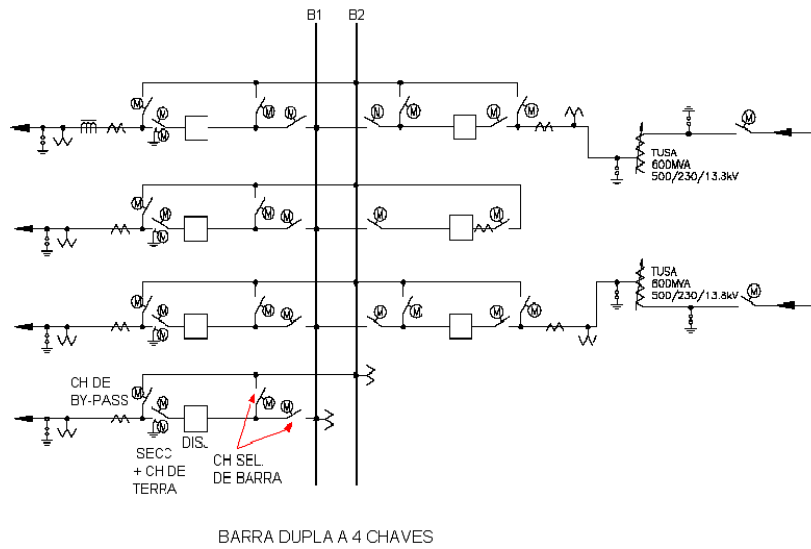


Figura 10 - Arranjo Barra Dupla a 4 chaves

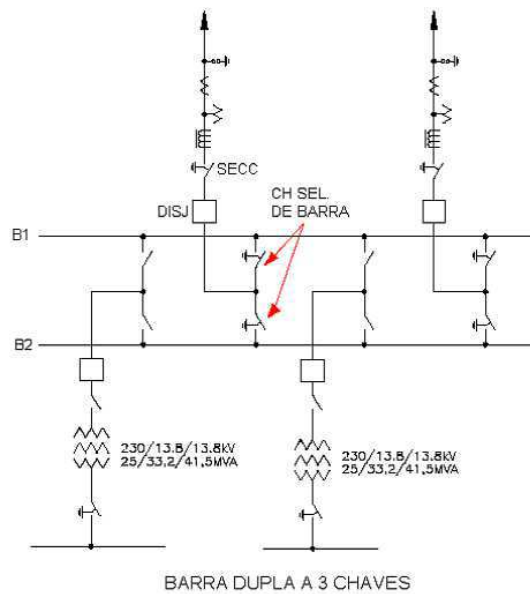


Figura 11 - Arranjo Barra Dupla a 3 chaves

3.5.4 Barra Dupla com Disjuntor Duplo

É o arranjo mais completo, mais flexível e de maior confiabilidade, mais em compensação é o mais caro. Aplica-se em instalações de grande porte e onde sejam predominantes os aspectos de continuidade do fornecimento. Como exemplificado na figura 32.

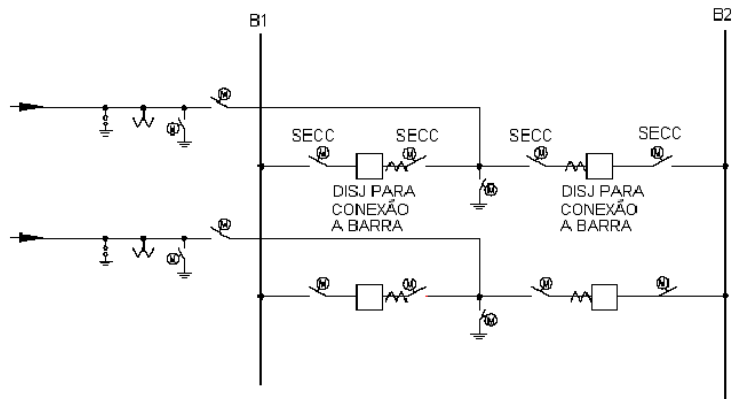


Figura 12 - Arranjo Barra Dupla com Disjuntor Duplo

3.5.6 Barra Dupla com Disjuntor e Meio

É o equivalente da configuração Barramento Duplo com Disjuntor Duplo. E com uma importante simplificação que mantém a confiabilidade e a flexibilidade. Neste caso, cada entrada e saída, utilizam-se de um disjuntor e meio, ao contrário da configuração anterior que utiliza dos disjuntores. Este arranjo é mais utilizado no Brasil para sistemas de 500 e de 765 kV. Como ilustrado na figura 33.

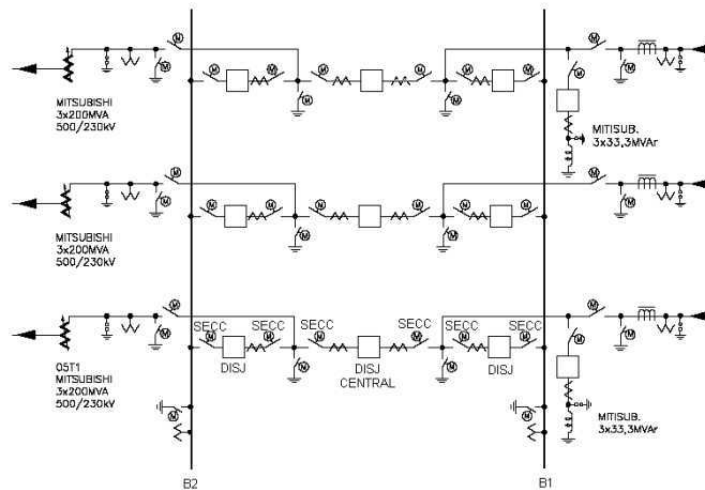


Figura 13 - Arranjo Barra Dupla com Disjuntor e Meio

3.5.7 Barramento Triplo

Esta configuração é uma novidade que foi conhecida durante este estágio. Esta configuração é uma melhoria da configuração em barramento duplo, e utiliza três barramentos. Ela foi encontrada na SE Paulo Afonso III (PAF) de propriedade da CHESF. Esta subestação tem como objetivo principal a transferência de carga, ela recebe linhas que vem da Usina PA III e realiza o chaveamento para alimentar Cargas de grande importância e

elevados valores de potência, como as cidades de Fortaleza, Recife e Salvador. Sendo a confiabilidade e flexibilidade a sua maior característica. Como ilustrado na figura 34.

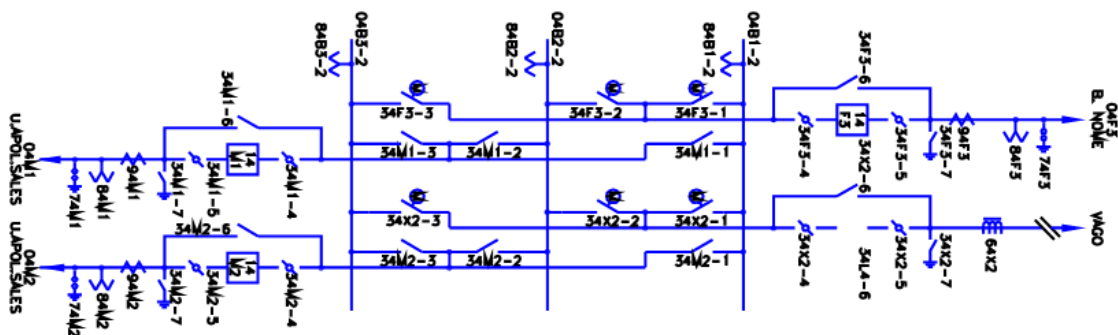


Figura 14 - Arranjo Barra Tripla (Parte do Diagrama Unifilar da PAF)

3.6 Codificação Operacional dos Equipamentos utilizado pela CHESF

A CHESF utiliza um sistema de codificação para identificar todos os seus equipamentos. Este processo de codificação tem o intuito de facilitar a identificação dos equipamentos em diagramas unifilares e no campo. O sistema de codificação tem uma lógica e segue um padrão. Este sistema de codificação é de grande importância e todas as pessoas que vão trabalhar nas instalações da estatal devem conhecê-lo. Explicaremos o sistema de codificação abaixo, com o exemplo de uma chave seccionadora de 69 kV. A identificação da chave é 32T2-6.

3 2 T 2 - 6

1°	2°	3°	4°	-	5°	6°
----	----	----	----	---	----	----

1º Dígito (3) – Define o tipo do equipamento:

- 0 – Gerador, Barramento, transformador, LT¹, CE², CS³, banco de Capacitor, Reator e Barramento;
- 1 – Disjuntor;
- 3 – Chave Seccionadora;
- 7 – Pára-raios;
- 8 – Transformador de Potencial;
- 9 – Transformador de Corrente.

2º Dígito (2) – Define o a tensão nominal de operação do equipamento:

- 1 – 10 a 25 kV;
- 2 – 51 a 75 kV;
- 3 – 76 a 150 kV;
- 4 – 151 a 250 kV;
- 5 – 251 a 550 kV.

3º e 4º Dígito (T) (2) – Define a função e a seqüência:

- T1, T2,...,T(n) – Transformador 1, Transformador 2,..., Transformador(n);
- G1, G2,...,G(n) – Gerador 1, Gerador 2,...,Gerador(n);
- D1, D2,...,D(n) – Disjuntor de Transferência, Disjuntor 2,...,Disjuntor(n);
- L(n), V(n),C(n) – Representa a LT L(n), LT V(n), LT C(n);
- A(n) – Transformador de Aterramento (N).

5º Dígito (6) – Define a posição do equipamento:

- 4 – Ligado ao barramento principal;
- 5 – Ligado a saída para uma linha ou outro equipamento;
- 6 – By-pass (ligado ao barramento de transferência);
- 7 – Aterramento.

6º Dígito – Utilizado apenas nos casos de necessidade de diferenciar dois ou mais equipamentos da mesma posição vinculados a um mesmo equipamento principal.

O exemplo referenciado acima do equipamento 32T2-6, indica que o equipamento é uma chave seccionadora de 51 a 75 kV, geralmente 69 kV, que está ligada ao transformador 2 e é uma chave do tipo by-pass.

¹ LT – Linhas de transmissão.

² CE – Compensador Estático.

³ CS – Compensador Síncrono.

3.7 Chaves Seccionadoras

Equipamento de manobra⁴ que teve sua nomenclatura atualizada na norma NBR 6935/85, e passou a ser chamado de seccionador.



Fonte: <http://www.energia-comision1.gov.ar/verfoto.php?id=56>

Figura 15 - Fotografia de uma Chave Seccionadora de Dupla Abertura de 132 kV.

3.7.6 Definições

Segundo a NBR 6935, podemos definir chaves e seccionador como:

- Chave - são dispositivos mecânicos de manobra, que na posição aberta assegura uma distância de isolamento e na posição fechada mantêm a continuidade do circuito elétrico, nas condições especificadas.
- Seccionador - dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível⁵ é interrompida ou restabelecida. Também é capaz de conduzir correntes sob condições normais do circuito e, durante um tempo especificado, correntes sob condições anormais, tais como curto-circuito.
- Chave de terra e de aterramento rápido - dispositivo mecânico de manobra destinado a aterrar parte dos circuitos e capazes de suportar, por um tempo especificado, correntes sob condições anormais. Elas não são previstas para conduzir correntes sob condições normais do circuito. Se a chave de terra utilizar a coluna de isolador de um seccionador, essa chave de terra é chamada de lâmina de terra.

⁴ Equipamentos de manobras - têm a finalidade de estabelecer a conexão ou isolar geradores, barramentos, disjuntores, linhas de transmissão de acordo com o serviço.

⁵ Corrente de intensidade desprezível – segundo a NBR 6935, é uma corrente de intensidade não superior a 0,5 A.

3.7.7 Partes Componentes

3.7.7.1 Circuito Principal

Conjunto de partes condutoras da chave, inserido no circuito que a chave tem por função abrir e fechar.

3.7.7.2 Circuito de Comando

Conjunto de partes condutoras da chave, diferentes do circuito principal, utilizado para comandar o processo de abertura e fechamento.

3.7.7.3 Circuito de Acionamento

Conjunto de partes condutoras da chave, diferentes do circuito principal e de comando, com a finalidade de energizar o motor de acionamento da chave.

3.7.7.4 Circuito Auxiliar

Conjunto de partes condutoras da chave, excluindo as partes anteriores, com a finalidade de sinalizar sobre a posição da chave. Além de iluminar e fornecer energia a uma resistência que tem como objetivo manter a temperatura e umidade constante dentro da cabine de acionamento da chave do tipo motorizada.

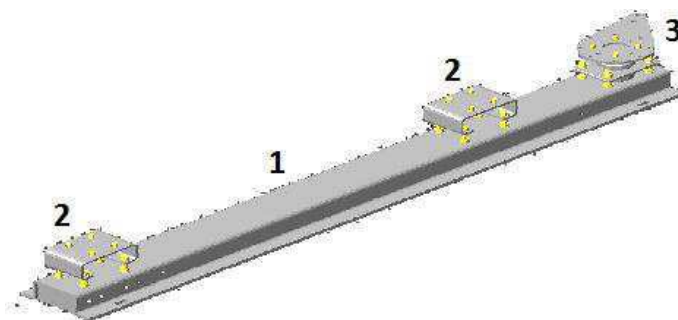
3.7.8 Principais Componentes que constituem um Seccionador

3.7.8.1 Base, Sub-Base e Mancal

Base - É construída em aço laminado, galvanizado a quente, com perfis U, I, U dupla, treliça ou tubos de aço de parede reforçada. Como ilustrado na figura 13, item 1.

Sub-Bases (Sup. Isolador) - Destinam-se a elevar a altura da coluna isolante, equiparando-se com as outras. Como ilustrado na figura 13, item 2.

Mancal – É a parte rotativa da base do seccionador, onde o será fixado à coluna rotativa. Como ilustrado na figura 13, item 3.

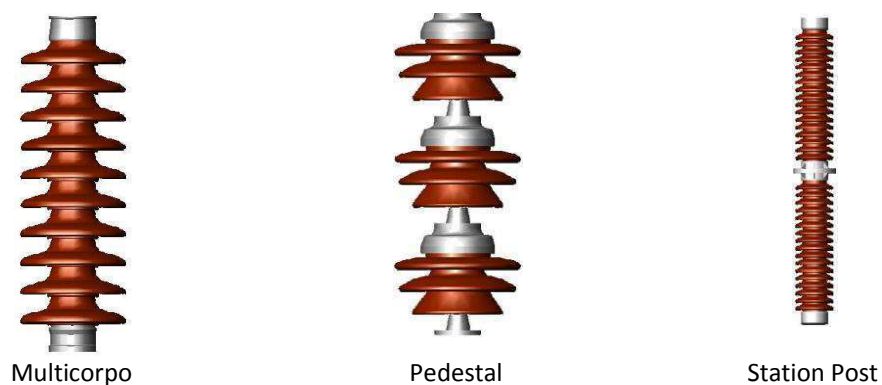


Fonte: Caires, 2006.

Figura 16 - Imagem da Base, Sub-base e mancal de um Secionador

3.7.8.2 Coluna Isolante

Tem como objetivo manter a distância entre a parte energizada e a parte aterrada ou base do seccionador. Elas devem suportar os mais variados esforços dielétricos e mecânicos. Como ilustrado na figura 14.



Fonte: Caires, 2006.

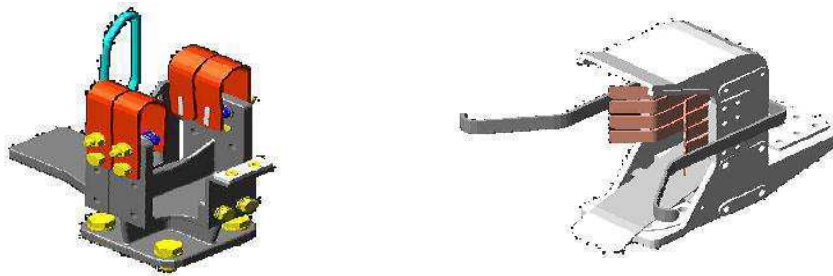
Figura 17 - Imagens dos tipos de colunas de isoladores

3.7.8.3 Lâmina Principal

Peça móvel, geralmente parecida com um tubo metálico de cobre ou alumínio, com baixíssima resistência elétrica e grande resistência mecânica, além de ser leve o suficiente para facilitar o processo de movimentação.

3.7.8.4 Contato

É o conjunto de duas ou mais peças condutoras de um seccionador, destinadas a assegurar a continuidade do circuito quando se tocam, e que devido ao seu movimento relativo durante uma operação, fecham ou abrem esse circuito. Geralmente são construídos utilizando prata e/ou cobre. Como é mostrado na figura 15.



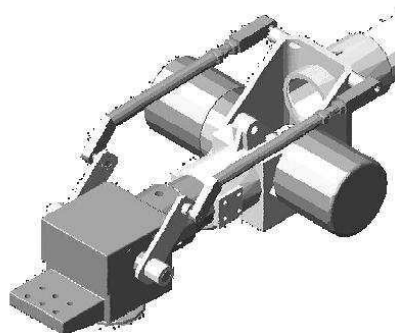
Fonte: Caires, 2006.

Figura 18 - Imagens de Contatos de Seccionadores

3.7.8.5 Mecanismo de Acionamento

Dispositivo mecânico construído utilizando o mesmo material da lâmina principal (Cobre ou Alumínio). Está diretamente ligado a coluna isolante rotativa que propicia o processo de abertura e fechamento. Possui molas acopladas entre a parte fixa do mecanismo e a parte móvel com o objetivo de suavizar a abertura ou o fechamento.

A coluna isolante giratória está acoplada a um conjunto de tubos metálicos que está ligado ao mancal ou caixa redutora, que está ligado ao sistema de acionamento seja ele manual ou motorizado. Como mostrado na figura 16.

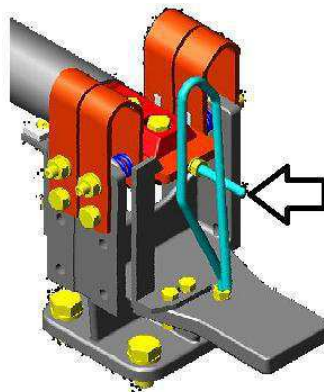


Fonte: Caires, 2006.

Figura 19 - Imagem do Mecanismo de Acionamento do Seccionador

3.7.8.6 Contato de arcos (chifre)

Tem como objetivo principal evitar o desgaste do contato principal. Ele vai funcionar como um primeiro contato que vai equalizar o potencial do contato fixo ao do contato móvel. Evitando com isso o surgimento de pequenas ou grandes descargas entre os mesmo. São construídos utilizando o mesmo material da lâmina. Ele será a primeira peça a tocar o contato no processo de fechamento do seccionador e a ultima a romper a ligação com o contato no processo de abertura. Ele é representado pela peça de cor azul claro na figura abaixo. Como representado na figura 17.



Fonte: Caires, 2006.

Figura 20 - Imagem do Contato de Arcos (Chifre)

3.7.9 Classificação quanto ao mecanismo de acionamento

- Acionamento Manual – quando a operação (abertura/fechamento) do equipamento é realizada utilizando uma simples vara de manobra isolante, uma manivela ou um volante instalado na base do equipamento.
- Acionamento Motorizado - quando a operação (abertura/fechamento) do equipamento é realizada utilizando um motor ou um conjunto de motores elétricos instalados na base do equipamento.

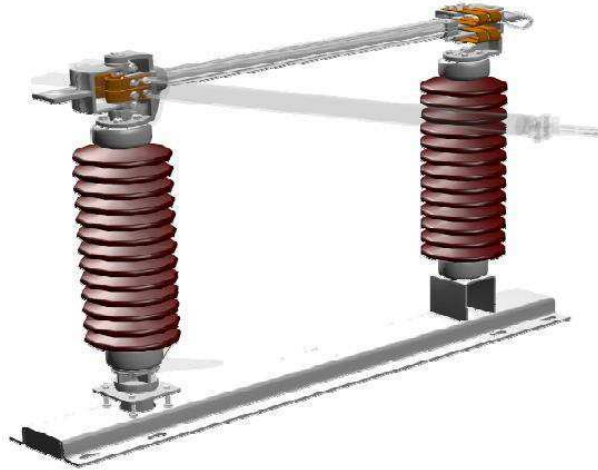
O acionamento do equipamento pode ser por pólo individual ou pode ser os três pólos sincronizados.

3.7.10 Classificação de Seccionadores pelo aspecto Construtivo

Existem muitos fatores que influem na escolha do tipo de seccionador a ser usado, dentre eles pode-se destacar o nível de tensão, o esquema de manobra da subestação, limitações de área, afastamentos elétricos, função desempenhada, padrão já utilizado pela empresa e etc.

3.7.10.1 Seccionador com Abertura Lateral

Seccionador de operação lateral, constituído por duas colunas de isoladores, sendo um suporte do contato fixo e outra rotativa, suporte do contato móvel e pela qual faz a operação da chave. Como ilustrado na figura 6.

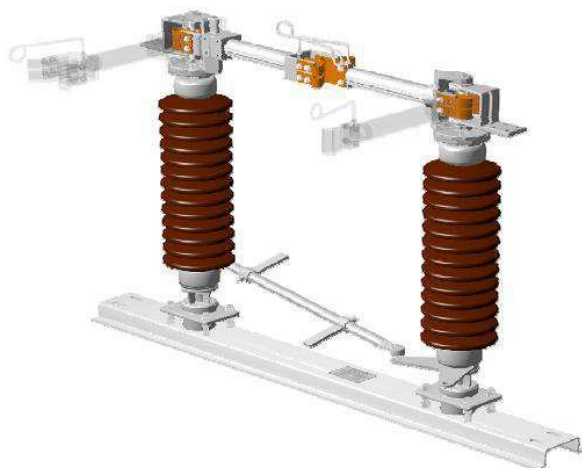


Fonte: Caires, 2006.

Figura 21 – Imagem de um Seccionador de Abertura Lateral

3.7.10.2 Seccionador com Abertura Central

Seccionador com abertura lateral, constituído de duas colunas isolantes rotativas, suportes dos contatos móveis, cujo acoplamento se realiza sensivelmente no centro da distância de abertura, devendo os terminais permitir a rotação das colunas. Como ilustrado na figura 7.

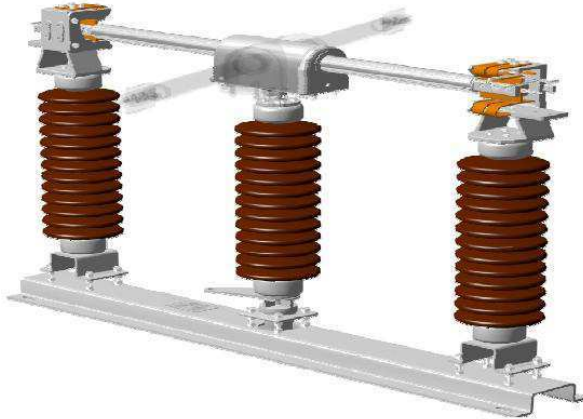


Fonte: Caires, 2006.

Figura 22 - Imagem de um Seccionador com Abertura Central

3.7.10.3 Seccionador com Dupla Abertura

Seccionador de operação lateral e corte duplo, constituído por três colunas isoladoras, sendo duas externas e fixas e uma do meio, rotativa e suporte do contato móvel. Como ilustrado na figura 8.

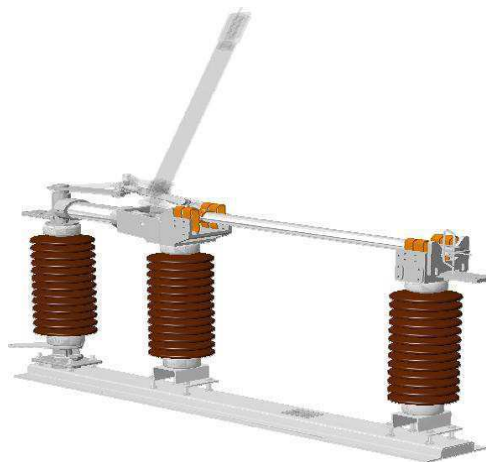


Fonte: Caires, 2006.

Figura 23 - Imagem do Seccionador com dupla abertura

3.7.10.4 Seccionador de Abertura Vertical

Seccionador com abertura vertical, constituído por três colunas de isoladores, sendo duas fixas (as dos suportes do contato fixo e do contato móvel) e uma rotativa, responsável pela movimentação do contato móvel. Como ilustrado na figura 9.

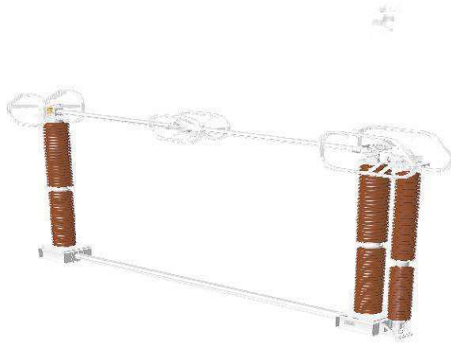


Fonte: Caires, 2006.

Figura 24 - Imagem do Seccionador com Abertura Vertical

3.7.10.5 Seccionador de Abertura Semi-Pantográfico Horizontal e Vertical

Seccionador constituído por três colunas isolantes, sendo que duas delas são fixas e uma é rotativa. A coluna que suporta o contato fixo geralmente fica diretamente ligada a um barramento ou linha. Seu contato móvel é composto por duas partes articuláveis formando uma espécie de compasso. Normalmente, as semi-pantográficas são operadas individualmente. Como ilustrado nas figuras 10 e 11.



Fonte: Caires, 2006.

Figura 25 - Imagem de Seccionador Semi-Pantográfico Horizontal



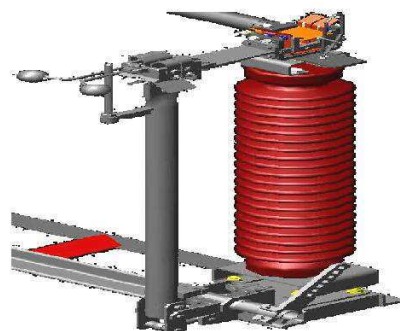
Fonte: Caires, 2006.

Figura 26 - Imagem de Seccionador Semi-Pantográfico Vertical

3.7.10.6 Lâmina de Terra

A chave de terra ou lâmina de terra serve para aterrar partes dos sistemas que estejam isolados e desligados. Assim, após o aterramento, segundo a NR-10, pode-se considerar o sistema DESENERGIZADO. Porém, por motivos de segurança, esse aterramento não é considerado de grande eficiência, e é recomendada a utilização de aterramentos temporários antes e depois do trecho do sistema onde será realizada a manutenção.

Este dispositivo tem como objetivo de neutralizar correntes capacitivas e tensões induzidas por outras linhas ou barramentos próximas ao circuito aberto. Como ilustrado na figura 12.



Fonte: Caires, 2006.

Figura 27 - Imagem da Lâmina de Terra

3.7.11 Ensaios realizados em Chaves segundo a NBR 6935

3.7.11.1 Ensaios de Tipo

- ✓ Ensaio Dielétrico;
- ✓ Ensaio de Elevação de Temperatura;
- ✓ Ensaio de corrente suportável de curta duração;
- ✓ Ensaio de estabelecimento de curto-circuito para chaves de aterramento rápido;
- ✓ Ensaio de operação e resistência mecânica;

3.7.11.2 Ensaios de Rotina

- ✓ Tensão Suportável à frequência industrial a seco, nos pólos das chaves;
- ✓ Tensão aplicada nos circuitos auxiliares, de comando e de acionamento;
- ✓ Medição de resistência ôhmica do circuito principal, para comparar o seu valor com o do protótipo;
- ✓ Ensaio de operação.

4. O Estágio

O estágio curricular supervisionado tem como finalidade principal, integrar o aluno do curso de Engenharia Elétrica a convivência das práticas profissionais em um curto espaço de tempo. O estágio teve carga horária total de 360 horas, tempo esse que foi dividido em três etapas: *Petrolina - PE, Simões Filho – BA e Paulo Afonso – BA*. Essa divisão, teve como objetivo simplificar o entendimento dessa narrativa, e ela foi escolhida de acordo com o grau de envolvimento do estagiário no desenvolvimento de suas atividades. Descrevem-se todas as etapas nos itens a seguir.

4.1 Petrolina – PE

Cidade do sertão pernambucano na qual situa a sede da empresa Engeluz. O estágio iniciou-se no dia 18 de Dezembro de 2009, onde, em uma reunião, a empresa foi apresentada, bem como sua estrutura e principalmente suas atividades desempenhadas. Neste momento, foi apresentado o campo de estágio, assim como todos os objetivos da participação nesta empresa.

Nesta cidade foram realizados procedimentos padrões inerentes ao adentramento a toda e qualquer instalação elétrica de propriedade da CHESF. Esses procedimentos têm como objetivo principal ao atendimento às Leis atuais vigentes que regem sobre saúde e segurança do trabalho, bem como, a nova lei que regulamenta e disciplina toda e qualquer atividade que envolve eletricidade (NR-10). Os cursos realizados foram:

- 4 NR-10 (Modulo I)
- 5 NR-10 (Modulo II – SEP)
- 6 Técnica de Segurança em Trabalhos em Altura

Após a realização de todos os exames médicos e dos cursos de segurança, foram apresentados todos os normativos CHESF que informam e orientam sobre todos os procedimentos e como devem ser realizados os trabalhos em suas dependências. Esses normativos foram elaborados por uma equipe de profissionais experientes no setor elétrico, com o intuito principal de normatizar o processo operacional da realização dos trabalhos visando com isso, à redução dos riscos e conseqüentemente do número de acidentes do trabalho na Companhia. Esse normativo também é empregado nas empresas prestadoras de serviços, e tem melhorado a qualidade e a segurança dos trabalhos realizados.

O entendimento de todo o material (Normativo CHESF), necessário para a realização do estágio, foi avaliado através de uma entrevista e obtido resultado satisfatório, com isso avança-se para a segunda etapa do estágio, a etapa Simões Filho – BA.

4.2 Simões Filho – BA

A chegada à cidade baiana de Simões Filho ocorreu no dia quatro de janeiro de 2010, onde encontra-se o ponto de apoio da Equipe Engeluz responsável pela realização dos trabalhos de manutenção em chaves seccionadoras da Regional Salvador.

Essa cidade foi escolhida como ponto de apoio por ficar estrategicamente no centro de todas as Subestações CHESF pertencentes a esse contrato.

A recepção foi feita pelo Engenheiro Eletricista Diego Perazzo, CREA 160687882-4, funcionário Engeluz acerca de quatro meses; recém-formado pela Universidade Federal de Campina Grande, desempenha seu primeiro trabalho profissional na área e ao qual acabara de ser certificado pela CHESF para exercer sua profissão nas instalações da estatal. Essa certificação foi conquistada após uma avaliação do profissional que teve duração de cinco dias.

Aos primeiros dias foi apresentada a equipe Engeluz, assim como, a subestação na qual, naquele momento esta sendo desenvolvido o trabalho, a subestação de Matatu, situada na cidade de São Salvador – BA, subestação abaixadora de 242/75,5 kV. Esta subestação tem como objetivo fornecer a COELBA, links de 75,5 kV que irão abastecer a cidade antiga de Salvador, que tem como cargas o Pelourinho e o famoso elevador Lacerda, bem como alguns bairros e consumidores mais novos, Bairro de Matatu e o Shopping Iguatemi de Salvador. A instalação da CHESF é toda a céu aberto e utiliza como configuração dos seus barramentos a configuração barra principal e barra de transferência.



Fonte: www.maps.google.com.br

Figura 28 - Fotografia de satélite da Subestação de Matatu.

Nesta subestação nos foi apresentado o pátio, os equipamentos que compõem a subestação e foi explicado à função de cada um dos equipamentos. Essa subestação apresenta algumas particularidades a começar pelos níveis de tensão (242 / 75,5 kV) que é diferente do nível de tensão utilizado pelo padrão CHESF e brasileiro de (230 / 69 kV), a principal justificativa dada pelos operadores e pelo Eng^o. Perazzo é que o sistema de transmissão na Bahia é bastante antigo e não atende aos padrões utilizados no Brasil

atualmente. A segunda característica dessa subestação é que ela fornece linhas a COELBA em 75,5 kV e a companhia baiana reduz esse nível de tensão para níveis em torno de 15 kV e distribui para cidade antiga através de dutos subterrâneos e isolados a SF₆.

Na subestação de Matatu, acompanhou a manutenção em três chaves seccionadoras todas de 242 kV. As chaves acompanhadas foram 34T1-4, 34T5-6, 34V3-6/7, todas com acionamento manual e apenas uma, a última citada, com lâmina terra. Durante a manutenção das chaves, foram apresentadas a função e responsabilidades do engenheiro responsável, os métodos de trabalho para desconexão dos pulos energizados, ferramentas isolantes, ferramentas não isolantes, princípio da distância de segurança, manutenção elétrica do equipamento, manutenção do sistema de acionamento e de sinalização e o procedimento para reconexão dos pulos energizados.

Nesse primeiro momento, a função do estagiário foi a de observador.

Ainda durante essa etapa o estagiário participou da manutenção de mais 02 chaves seccionadoras na SE Sapeçu (34F1-1 e 34F1-5/7), no município de Sapeçu-BA e mais 04 chaves (34M5-5, 34L1-5, 34T2-6, 34T4-4) na SE Cotegipe no município de Simões Filho – BA.

4.3 Paulo Afonso – BA

Esta é a principal etapa deste relatório. Nessa etapa, o estagiário teve participação mais ativa, lidando diretamente no planejamento das intervenções. Aqui, o acompanhamento e a orientação foi do Engenheiro Eletricista José Ângelo Correia, engenheiro aposentado pela CHESF, com mais de 35 anos de experiência no setor elétrico. Ele é o responsável pela coordenação e supervisão dos serviços realizados nesse contrato, e é um dos sócios da empresa Engeliz.

Seus ensinamentos foram de grande valia, uma vez que o mesmo, já fora professor do antigo CEFET, hoje IFPE, Instituição Federal de Ensino do Sertão Pernambucano, podendo assim contribuir tanto com sua experiência de campo, como também, com seu vasto conhecimento teórico sobre tudo que envolve o serviço. Foram apresentadas todas as obrigações do Engenheiro Supervisor, como: elaboração de programas executivos de trabalho, análises preliminares de riscos, supervisão das intervenções e principalmente no processo de manutenção elétrica e mecânica do equipamento. Esta etapa inicia-se no dia 08 de fevereiro de 2010, início do contrato de manutenção de Chaves Seccionadoras da Regional de Paulo Afonso – BA, de subestações de propriedade da CHESF. O Complexo Paulo Afonso é o coração do sistema CHESF, pois possui o maior número e as mais importantes usinas hidroelétricas da Companhia. A regional de Paulo Afonso tem como objetivo fornecer energia às cargas de maior importância no Nordeste. E durante sua passagem por esta cidade baiana, acompanhamos manutenções em duas subestações: Abaixadora (ABX) e Paulo Afonso III (PAF).

4.3.1 SE Abaixadora (ABX)

A primeira subestação como o nome já afirma, é do tipo abaixadora, recebe links de 230 kV da Usina de Paulo Afonso II e abaixa esse nível de tensão para 69 kV através de dois transformadores 230/69 kV, de 33 MVA e 100 MVA e para 13,8 kV através de dois trafos de 69/13,8 kV de 5 MVA cada um. Esta subestação fornece energia às cargas dos serviços auxiliares (bombas d'água, iluminação, escritórios, oficinas e etc.) das Usinas Hidroelétricas e das Subestações do complexo. Na subestação o estagiário participou da manutenção de seis chaves seccionadoras de 69 kV. Dessas seis chaves, ele teve a participação ativa em quatro delas. Na qual ficou responsável, sempre sobre extrema supervisão, pela elaboração dos planos de trabalhos e principalmente pela elaboração da análise preliminar de riscos. Abaixo, será descrito o passo-a-passo de todas as atividades desenvolvidas neste momento. O objetivo desse serviço é a realização da manutenção de chaves seccionadoras. Mais para que se possa iniciar o processo de desmontagem e manutenção, faz-se necessário desconectar o equipamento dos pontos energizados do sistema. O processo de desconexão de pulsos energizados é conhecido como intervenção.

4.3.1.1 Visita Técnica

Uma semana antes da intervenção, é realizada uma visita técnica com toda a equipe de funcionários (sete funcionários) e dos representantes da CHESF para colher os principais dados, como: tipo de subestação, tipo do arranjo da subestação, configuração do arranjo e do equipamento e possíveis riscos. Neste momento há um debate entre os integrantes da equipe para decisão do método de trabalho a ser utilizado e definição do papel de cada integrante da equipe durante a intervenção. O diagrama unifilar da subestação é a principal ferramenta desta etapa. Após a visita técnica e escolha do método de trabalho, faz-se necessário separar os materiais de trabalho e equipamentos utilizando a tabela 2.

Tabela 2 - Lista de Materiais/equipamentos para realizar serviço de liberação de equipamento

MÉTODO À DISTÂNCIA		MÉTODO AO POTENCIAL	
EQUIPAMENTO	QTE	EQUIPAMENTO	QTE
Bastão garra	03	Vestimenta condutiva	02
Pulo de continuidade	01	Pulo de continuidade	01
Bastão universal	03	Bastão garra	03
Grampo de sustentação	01	Grampo de contato	01
Balde de lona	01	Balde de lona	01
Bastão multiangular	01	Escada isolante	01
Escada isolante	01	Andaime (m)	10
Andaime (m)	10	Cordas nylon/seda (m)	100
Cordas nylon/seda (m)	100	Microamperímetro	01
Selas para estruturas. Metálica e concreto	03	Selas para estruturas. Metálica e concreto	03
Jogo de Chaves encaixe	01	Torquímetro	01
Jogo de Chaves estria	01	Jogo de Chaves encaixe	01
Colar de 38/51 mm	03	Jogo de Chaves estria	01
Termohigrômetro	01	Bastão universal	02
Torquímetro com adaptador	01	Termohigrômetro	01
Termômetro de contato	01	Termômetro de contato	01
Gancho jota	01	Gancho jota	01
Garfo ajustador de concha	01	Garfo ajustador de concha	01
Kit ponto quente	01	Kit ponto quente	01

Fonte: Normativo CHESF - IM_MN_LT_M_034

➤ Equipe para realização do trabalho

- 01 Engenheiro Eletricista;
- 01 Eletrotécnico (Encarregado);
- 03 Eletricistas;
- 02 Auxiliares de eletricitas.

➤ Equipamentos de Proteção Individual

- Capacete;
- Fardamento completo;
- Botas de Couro isolante;
- Cinto de Segurança do tipo pára-quedista;
- Ganchões para escalada;
- Mosquetões para escalada;
- Fitas de ancoragem;
- Talabarte.

4.3.1.2 Elaboração do CROQUI

Colhidos dados sobre a configuração da subestação e principalmente do equipamento, é elaborado pelo engenheiro um desenho contendo a configuração do sistema antes, durante e depois da intervenção na instalação. O desenho tem como objetivo informar o ONS sobre como será a configuração da subestação durante o período, para avaliação sobre a manutenção da confiabilidade do sistema. Como exemplo para facilitar o entendimento do processo, abaixo será exposto o croqui da chave 32M2-4.

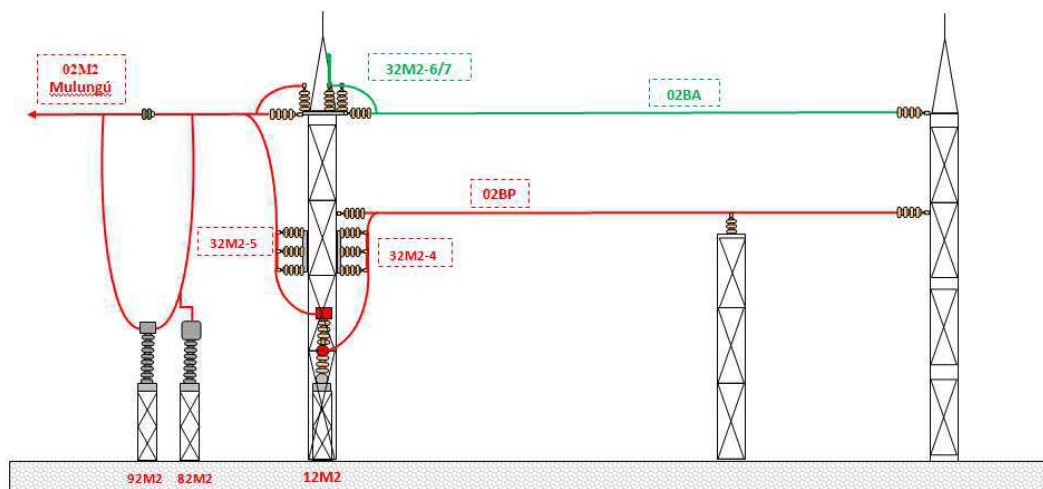


Figura 29 - Figura que representa a configuração do barramento e do equipamento antes e depois da intervenção da chave 32M2-4 (CROQUI).

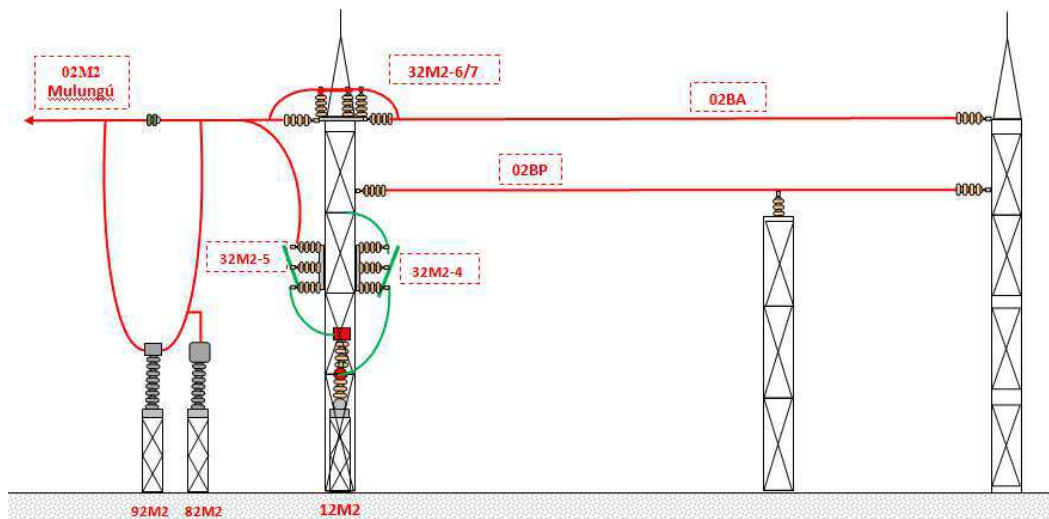


Figura 30 - Figura que representa a configuração do barramento e do equipamento durante a intervenção da chave 32M2-4 (CROQUI).

O CROQUI é representativo da subestação ou parte dela, onde será realizada a intervenção. No desenho é representado fielmente as características do sistema, tentamos indicar principalmente o ponto de desconexão ou reconexão e o que será desenergizado durante o processo de intervenção. As cores vermelha e verde, representam o trecho do barramento que ficará energizado ou desenergizado respectivamente. E indica-se qual(is) o(s) pulo(s) da chaves 32M2-4 será(ão) desconectado(s).

4.3.1.3 Elaboração do PEX e APR

Após a avaliação do Setor de Operação da CHESF e principalmente pela ONS do croqui elaborado, é elaborado pelo Engenheiro responsável o PEX (Programa Executivo) e a APR (Análise Preliminar de Riscos), seguindo o normativo CHESF, IM.MN.LT.M.018 - ELABORAÇÃO PEX E APR.

O PEX é um relatório onde será descrito itens como:

- I. Data/ Hora e Local da Intervenção.
- II. Recursos Humanos (Todas as pessoas que irão participar ativamente ou passivamente da intervenção) e Assinaturas.
- III. Recursos Materiais (Equipamentos e Ferramentas).
- IV. Transporte e Comunicação.
- V. Providências Preliminares.
- VI. Descrição técnica (descrição detalhada do passo-a-passo da intervenção e identificando quem será responsável por cada etapa).

O APR é um relatório contendo o levantamento de todos os riscos contidos em cada um dos passos descritos no item IV do PEX. E para cada risco é descrito as conseqüências

caso esse risco se torne em um acidente ou incidente, bem como as medidas preventivas para amenizar o risco. Além disso, é feita uma graduação do nível de cada risco através de uma tabela contida no normativo citado acima. Este documento deve ser entregue três dias antes da intervenção ao Setor de Operação da CHESF, setor responsável pela supervisão e operação das instalações da estatal.

4.3.1.4 Solicitação de Intervenção

Três dias antes, o engenheiro responsável deve comunicar ao administrador do contrato para que o mesmo faça uma comunicação interna informando os departamentos envolvidos na intervenção, como: Operação, Setor de Segurança no Trabalho, Setor Manutenção em Linhas de Transmissão e Setor de Manutenção em subestação.

4.3.1.5 Dia “D”

No dia da intervenção, com a chegada da equipe é realizada a disposição dos materiais de trabalho, bem como a separação dos mesmos e a acomodação em bolsas daquelas ferramentas que serão utilizadas, evitando assim, que no decorrer da intervenção os membros da equipe percam o foco do serviço. Deve ser verificado o estado de conservação e a correta utilização dos Equipamentos de Proteção Individual de todos os funcionários. Depois, é realizada uma limpeza, vistoria e teste nos materiais isolantes⁶ para verificar seu isolamento. O teste deve obedecer ao normativo CHESF - NM_MN_LT_L_002, bem como os dados do fabricante do material. Representado na figura 38.



Figura 31 - Fotografia da Realização do Ensaio de Isolamento de Bastão Isolante.

⁶ Materiais Isolantes – peças confeccionadas em material isolante de fibra de vidro, impregnada com resina de epóxi, de alta resistência eletromecânica, e com enchimento de um composto químico isolante e não higroscópico.



Fonte: www.ritz.com.br

Figura 32 - Fotografia do Instrumento Ritz-Tester.

O teste de isolamento dos materiais isolantes deve ser realizado através de um equipamento conhecido como Ritz-Tester⁷, ilustrado na figura 39, que verifica se o bastão isolante apresenta valores de isolamento satisfatório para sua utilização. Este teste deve ser realizado uma vez a cada mês.

Outro ensaio necessário antes da intervenção é o chamado teste do ponto de orvalho. O ensaio tem como objetivo verificar as condições atmosféricas através da umidade relativa do ar e temperatura ambiente, uma vez que, sabe-se que a umidade influi diretamente no isolamento dos bastões e na distância de segurança. Existe a possibilidade de que a umidade contida no ar, dependendo dos seus valores e dos valores de temperatura ambiente, condense sobre o material isolante, favorecendo assim o rompimento desse isolamento. O ensaio é realizado da seguinte forma:

Determinação do Ponto de Orvalho:

1. Coletar a Umidade Relativa do Ar (%).
2. Coletar a Temperatura Ambiente ($^{\circ}\text{C}$).
3. Na tabela 3 encontrar o valor do Ponto de Orvalho.
4. Acrescentar 3°C ao valor do Ponto de Orvalho.
5. Comparar este valor com a temperatura do Bastão Testemunha⁸.
6. Caso $\text{TBT} > \text{TPO} + 3^{\circ}\text{C}$, as condições meteorológicas estarão favoráveis para a execução dos serviços.

TBT - Temperatura do Bastão Testemunha

TPO - Temperatura do Ponto de Orvalho.

⁷ Ritz-Tester – é a marca registrada de um megômetro de fabricação pertencente à Ritz do Brasil. A Ritz sempre foi a líder de mercado nesse setor e muitos dos seus instrumentos acabaram se tornando uma figura de linguagem entre as pessoas que trabalham nessa área.

⁸ Temperatura do Bastão Testemunha – é a temperatura obtida através de um termômetro de contato de um bastão isolante exposto as condições atmosféricas locais por 15 min.

Para realizar a leitura dos valores de temperatura e umidade relativa do ar utilizamos um termo higrômetro da marca Minipa, modelo MT-241. Ilustrado na figura 40.

Tabela 3 - Tabela do Ponto de Orvalho

UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)									
	-0,5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
90	-6,5	-1,3	3,5	8,2	13,3	18,3	23,2	28,0	33,0	38,2
85	-7,2	-2,8	2,6	7,3	12,5	17,4	22,1	27,0	32,0	37,1
80	-7,7	-2,0	1,9	6,5	11,6	16,5	21,0	25,9	31,0	36,2
75	-8,4	-3,6	0,9	5,6	10,4	15,4	19,9	24,7	29,6	35,0
70	-9,2	-4,5	-0,2	4,5	9,1	14,2	18,6	23,3	28,1	33,5
65	-10,0	-5,4	-1,0	3,3	8,0	13,0	17,4	22,0	26,8	32,0
60	-10,8	-6,5	-2,1	2,3	6,7	11,9	16,2	20,6	25,3	30,5
55	-11,6	-7,4	-3,2	1,0	5,6	10,4	14,8	19,1	23,9	28,9
50	-12,8	-8,4	-4,4	-0,3	4,1	8,6	13,3	17,5	22,2	27,1
45	-14,3	-9,6	-5,7	-1,5	2,6	7,0	11,7	16,0	20,2	25,2
40	-15,9	-10,8	-7,3	-3,1	0,9	5,4	9,5	14,0	18,2	23,0
35	-17,5	-12,1	-8,6	-4,7	-0,8	3,4	7,4	12,0	16,1	20,6
30	-19,0	-14,3	-10,2	-6,9	-2,9	1,3	5,2	9,2	13,7	18,0

Fonte: Normativo CHESF - NM_MN_LT_L_002



Figura 33 - Fotografia do Termo higrômetro.

Além desse ensaio, é necessário uma inspeção visual das nuvens sobre a instalação, caso exista alguma nuvem com característica de chuva, ou até mesmo, se estiver chovendo, a intervenção não deve ser realizada até a melhoria do tempo.

Além dos ensaios, uma etapa importantíssima antes da intervenção, é o Diálogo Diário de Segurança – DDS. Neste momento é feita uma reunião informal com toda a equipe envolvida na intervenção onde será informado a todos os membros a configuração do barramento (partes energizadas e desenergizadas), questões de segurança e é exposto à equipe todo o método de trabalho e principalmente, é passado a cada membro a sua função

durante o processo. Durante o DDS é verificado o estado físico e psicológico de cada um dos membros através de um curto diálogo.

4.3.1.6 Intervenção (Desconexão)

O processo de intervenção inicia-se com as manobras do setor de operação da CHESF, com o objetivo de manter a continuidade do abastecimento das cargas. O circuito de corrente é mantido através de manobras de chaveamento utilizando chaves by-pass. Esta etapa é de responsabilidade do Setor de Operação, porém, deve ser acompanhada e fiscalizada pelo Engenheiro Responsável, para evitar possíveis erros e para atestar que as solicitações feitas através do CROQUI, foram atendidas.

Após o término das manobras e do recebimento do cartão de intervenção, o Engenheiro Responsável pela intervenção pode iniciar o processo.

Existem dois métodos para desconexão de pulsos energizados, que são descritos e aceitos nos normativos da CHESF. É o método à distância e o método ao potencial.

O método à distância é aquele a qual os eletricitistas se colocam num ponto (da estrutura) próximo ao ponto de desconexão, e com o auxílio de bastões isolantes, fazem o destorqueio dos parafusos do conector e o afasta do pulso energizado trazendo para estrutura da chave, aterrando-o. É o método mais seguro e o mais lento, uma vez que os eletricitistas ficam afastados do ponto energizado e precisam de certa habilidade para realizar o processo de destorqueio. Este método é mais utilizado em tensões até 69 kV, onde as distâncias são menores, bem como, o peso dos bastões e do pulso, favorecendo assim, o processo. As ferramentas utilizadas são ilustradas nas figuras 41 e 42.



Fonte: www.ritz.com.br

Figura 34 - Fotografia de um Bastão do tipo universal utilizado no método à Distância.



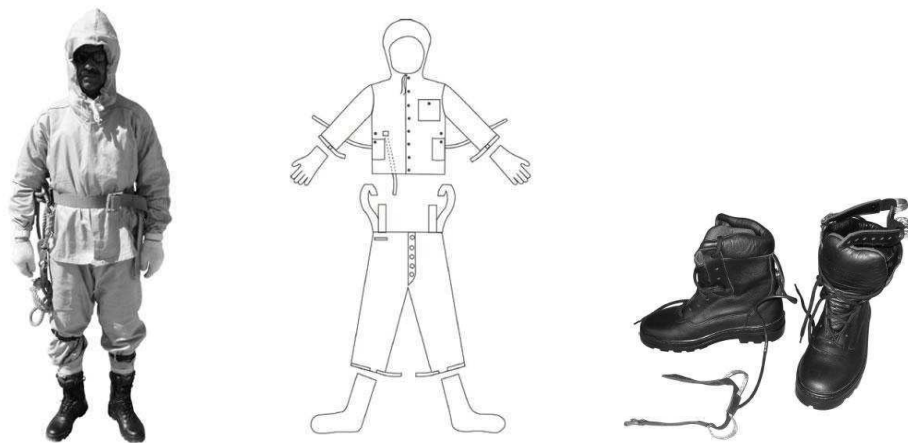
Fonte: www.ritz.com.br

Figura 35 - Fotografia de uma Chave catraca adaptável para bastão universal.

O método ao potencial é aquele a qual um ou mais eletricitistas entra(m) em contato direto com o barramento energizado, utilizando uma vestimenta especial, chamada de vestimenta condutiva ou roupa condutiva. A roupa condutiva é uma vestimenta composta por blusão, calça, meia e luvas feitas de um tecido de alta tecnologia a base de aramida⁹ e microfibras de aço inox ou prata, com costuras reforçadas, e um par de botas de borracha e couro com uma cordoalha de equalização com a roupa, a roupa é ilustrada na figura 43. Essa vestimenta permite trabalhos até 800 kV e utiliza como fundamento o princípio da Gaiola de

⁹ Aramida - é o nome de uma fibra sintética muito resistente e leve, com o nome comercial de "Kevlar". É usada na fabricação de cintos de segurança, cordas, coletes à prova de balas, raquetes de tênis, etc.

Faraday, que afirma que o campo elétrico dentro de um condutor é nulo. O eletricitista que vai ao potencial, utiliza uma prolongação da roupa para realizar o processo de equalização, onde o eletricitista com auxílio da roupa fica no mesmo potencial do barramento a qual ele equaliza-se. Este processo é o que envolve o maior risco, e é o mais rápido. A vestimenta tem o objetivo principal fazer com que o eletricitista se ponha ao mesmo potencial do barramento, evitando assim primeiramente, que a corrente elétrica passe diretamente pelo seu corpo e sim pela roupa. Caso a corrente que passe diretamente pelo corpo do eletricitista, seja maior que 20 mA, pode provocar um acidente ou ser fatal.



Fonte: www.ritz.com.br

Figura 36 - Fotografia de Vestimenta condutiva.

O método ao potencial possui duas variações, o método ao potencial ativo e o método ao potencial passivo.

O método ao potencial ativo é aquele a qual o(s) eletricitista(s) aproxima(m)-se e realiza a equalização sem o auxílio de outros eletricitistas.

O método ao potencial passivo é quando o(s) eletricitista(s) aproxima(m)-se do barramento ou linha energizada com ajuda de outros eletricitistas através de escada, gaiolas, balanços e até mesmo helicópteros.

A escolha do método de trabalho é feita na visita técnica com a participação de todos os membros da equipe. E o critério principal para a escolha do método de trabalho é a segurança do sistema e dos membros da equipe. Uma vez definido o método de trabalho, não é permitida mudanças e improvisos durante a execução do serviço.



Figura 37 - Fotografia do Método à Distância.



Figura 38 - Fotografia do Método ao Potencial Ativo utilizando escada isolante.



Figura 39 - Fotografia do Método ao Potencial utilizando conjunto andaime e escada para conseguir distância horizontal.



Figura 40 - Fotografia do Método ao Potencial utilizando conjunto andaime e escada para conseguir distância vertical.

Duas questões devem ser observadas com muita atenção durante o período da intervenção, a distância de segurança e a corrente de fuga¹⁰. Distância de segurança é o limite aceitável da qual o homem pode se aproximar de um ou mais pontos energizados. Ela é diretamente ligada com condições atmosféricas, e por consequência à rigidez dielétrica do ar. Os valores de trabalhos estão predefinidos no Normativo CHESF - NM_MN_LT_L_002 e estes valores além dos valores de isolamento, ou seja, o limite da rigidez dielétrica do ar nas condições normais de temperatura e pressão, tem um valor somado ao valor de isolamento, e esse valor a mais, é conhecido como, valor de segurança. A equação para cálculo da distância de segurança é dado por:

$$DS = DI + VS$$

¹⁰ Corrente de Fuga – é o termo usado para indicar o fluxo de corrente indesejável em um circuito elétrico.

Onde,

DS – Distância de Segurança

DI – Distância de Isolamento

VS – Valor de Segurança

A distância de isolamento é diretamente ligada à rigidez dielétrica do ar, em condições normais de temperatura, pressão e unidade relativa.

Rigidez dielétrica do Ar (condições Normais) = 30 kV/cm.

Então para 69 kV, a Distância de Isolamento é 2,3 cm e o Valor de Segurança é de 92,7 cm. Para 69 kV, DS = 95 cm, segundo o NM_MN_LT_L_002.

Porém, em nenhuma hipótese o eletricista deve ultrapassar as Distâncias de Segurança, uma vez que esses valores não variam linearmente com as mudanças da temperatura, umidade relativa e pressão do ar atmosférico.

As distâncias de seguranças são proporcionais ao nível de tensão nominal de trabalho. As distâncias devem ser marcadas com fita crepe nos bastões isolantes, para que o eletricista tenha uma referência e não a ultrapasse. Os valores de tensão menores que 69 kV devem utilizar a distância de segurança referente a 69 kV. Todos os membros da equipe e principalmente o eletricista que vai ao potencial, devem ser informados sobre os valores durante o DDS.

Tabela 4 - Tabela de Distâncias de Segurança

Tensão Nominal (kV)	Eletricista no Potencial para Partes Aterradas (m)	Eletricista na Parte Aterrada para uma Fase (m)	Eletricista no Potencial para Fases Adjacentes (m)
69	0,95	0,95	0,95
138	1,10	1,10	1,55
230	1,55	1,55	2,55
500	3,40	3,40	6,10

Fonte: Normativo NM_MN_LT_L_002 – CHESF

Durante intervenção de qualquer natureza utilizando o método ao potencial, na qual o eletricista que vai ao potencial utilizando algum meio isolante para acessar o ponto energizado, deve-se monitorar os valores de corrente de fuga utilizando um microamperímetro. Para realizar a medição da intensidade da corrente de fuga, faz-se necessário envolver a parte inferior do andaime ou escala isolante com uma cordoalha de cobre e conectar a essa cordoalha o terminal do instrumento. O microamperímetro deve ser fixado em uma estrutura metálica aterrada para assim fechar o circuito de corrente, o microamperímetro é representado na figura 49. Este processo deve ser verificado antes do início da intervenção, quando após a montagem do andaime ou a abertura da escada

isolante, aproxima-se o meio isolante até tocar uma das fases energizadas e obtém o valor da corrente de fuga. Caso o valor da corrente de fuga seja maior que o valor de referência, deve ser realizada a limpeza do material isolante utilizando uma flanela limpa e seca, umedecida com álcool isopropílico¹¹. Se mesmo com a limpeza do material isolante o valor de corrente de fuga esteja insatisfatório, então deve-se providenciar a substituição do equipamento isolante por outro em melhores condições. Durante a intervenção, a intensidade do valor da corrente de fuga deve ser monitorada. Como ilustrado na figura 48.



Figura 41 - Fotografia do eletricitista monitorando a corrente de fuga.



Fonte: (www.ritz.com.br)

Figura 42 - Fotografia do microamperímetro da marca Ritz do Brasil.

Tabela 5 - Valores Máximos para corrente de fuga de acordo com o nível de tensão nominal

Tensão Nominal (kV)	Corrente Máxima de Fuga (µA)
69	20
138	40
230	80
500	160

Fonte: Normativo NM_MN_LT_L_002 – CHESF

Para a Chave 32M2-4 o método utilizado foi o método ao potencial ativo, utilizando escada isolante como meio de acesso ao ponto energizado. Abaixo será descrito o “algoritmo” para intervenção desta chave, sempre baseando-se nos normativos CHESF.

¹¹ Álcool isopropílico, ou Isopropanol, uma substância química incolor e de forte odor. É representado pela fórmula química C_3H_8O ($H_3C-HCOH-CH_3$). O álcool isopropílico pode ser utilizado para limpar componentes elétricos. É o mais apropriado para este fim, pois a porcentagem de água é menor do que 1% evitando com isso corrosão e até mesmo a facilitação da condução da corrente de fuga.

- 1.Passos: Abertura da Escada isolante no ponto próximo ao ponto de desconexão e apoiá-la no barramento energizado próximo a fase A;
- 2.Passos: Instalação do microamperímetro e leitura do valor, se valor menor que valor de referência então continua o processo;
- 3.Passos: Os eletricitistas de apoio escalam a estrutura da chave, e é realizado o içamento dos bastões isolante e cordas para amarração do pulo;
- 4.Passos: O eletricitista ao potencial, vestido da roupa condutiva, escala a escada e ao se aproximar do barramento energizado, realiza o processo de equalização, unindo o seu cordão da roupa, utilizando um laço ou nó, ou até um bastão de equalização ao barramento energizado.
- 5.Passos: O eletricitista ao potencial, destorquieira os parafusos do conector que une o pulo da chave ao barramento energizado. Neste ponto a recomendação de segurança diz que, o ponto de abertura do circuito deve ser selecionado previamente, com o intuito de evitar a abertura de um circuito de corrente.
- 6.Passos: O pulo da chave é solto e acoplado a um bastão do tipo garra segurado por um eletricitista de apoio que está na estrutura da chave. O pulo, é tracionado e a ponta que se encontrava unida ao barramento é trazida a estrutura da chave para que seja realizado o seu aterramento. Neste ponto a recomendação de segurança, pede que caso o pulo seja pesado ou após o início do tracionamento ele apresentar um ângulo de curvatura acentuada, deve-se utilizar uma retaguarda mecânica utilizando bastões isolantes do tipo garra formando um triângulo de força, evitando assim, que caso o pulo venha a quebrar, a queda do pulo, que poderá causar desde choque a uma falta fase-terra.
- 7.Passos: O eletricitista do Potencial realiza o processo de deequalização, na qual o eletricitista desfaz o nó ou retira o conector do bastão de equalização que esta fixado ao barramento energizado e desce a escada.
- 8.Passos: Realiza-se o mesmo processo desenvolvido para fase A, para as fases B e C.
- 9.Passos: Os eletricitistas envolvidos na intervenção devem descer da estrutura, juntamente com os equipamentos, bem como, o eletricitista ao potencial desce da escada e retira a escada do barramento.

4.3.1.7 Manutenção

Ao término da intervenção para desconexão dos pulsos energizados, o Engenheiro responsável pela intervenção solicita ao Setor de Operação o processo de entrega do barramento e solicita o equipamento para manutenção. O processo indica ao setor de operação, que a intervenção foi efetuado satisfatoriamente, podendo assim, a operação em certos casos utilizar ou não o barramento de transferência e faz com que a operação ligue o religador automático que fora desligado antes da intervenção. A solicitação do equipamento para manutenção faz com que a operação sinaliza em seus documentos e nos quadros de comando que aquele equipamento está inabilitado para manobras, evitando assim a realização de manobras de energização caso a manutenção seja deenergizada ou a manobra do próprio equipamento pela sala de comando caso o equipamento tenha acionamento remoto.

Após o recebimento da autorização para manutenção, então a partir daí, os eletricitas podem escalar novamente a estrutura do equipamento e iniciar o processo de desmontagem da chave, sendo fiscalizados pelo engenheiro, sempre com o cuidado de não romper da distância de segurança.

A manutenção de uma chave é dividida em três etapas: A manutenção do circuito principal, a manutenção do circuito de acionamento e de sinalização e a manutenção mecânica do equipamento.

4.3.1.7.1 Manutenção do Circuito Principal

O circuito principal ou circuito de corrente de uma chave é composto pelo(s) contato(s) fixo(s), pelo contato móvel ou lâmina da chave e os pelos pulsos que unem a chave ao barramento. Para as chaves que estamos utilizando como exemplo, a chave 32M2-4 é uma chave de 69 kV de dupla abertura, de fabricação nacional da marca Barreto keller, para corrente nominal de 600 A. A chave possui dois contatos fixos e uma lâmina por pólo (fase).

O contato fixo, representado na figura 50, é retirado da chave e desmontado e é realizada a sua limpeza utilizando escova de aço de um motoesmeril. Após a limpeza e durante a montagem do contato fixo é aplicado inibidor de óxido, ilustrado na figura 53. Um composto pastoso de cobre, a base de óleo mineral, espessamente inorgânico, lubrificantes sólidos e aditivos, da marca Molycote de referência HSC-PLUS. Com o objetivo de inibir o processo de oxidação do cobre, lubrifica e diminui a resistência de contato.

❖ Contato Fixo



Figura 43 - Fotografia do Contato Fixo.



Figura 44 - Fotografia do Contato Fixo.

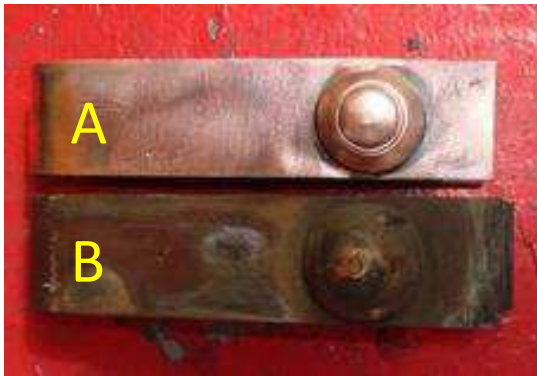


Figura 45 - Fotografia dos dedos do Contato Fixo, A - depois da Limpeza e B - Antes da Limpeza.



Figura 46 – Fotografia do Inibidor de óxido.

❖ Contato Móvel (Lâmina)

No contato móvel é realizada apenas a limpeza dos contatos das pontas, partes que irão realizar o contato com o contato fixo. É aplicado o inibidor de óxido novamente. Como ilustra a figura 54.



Figura 47 - Fotografia do Contato Móvel (Lâmina).

❖ Pulos (Jumpers)

Pulos são cabos de alumínio do mesmo tipo ou com as mesmas características mecânicas e elétricas do barramento. Eles serão responsáveis por ligar a chave ao barramento. A manutenção do pulo é basicamente refazer o devido torqueio dos parafusos dos conectores e a aplicação do inibidor de óxido nos conectores. Um grande problema que é encontrado nesta parte, é a conhecida corrosão eletroquímica (galvânica). Sabendo que o conector do contato fixo da chave é de cobre (Cu) e o conector do pulo ou o próprio cabo do pulo é de alumínio (Al), o contato dos dois elementos químicos provoca um processo de reação.

A tendência de um metal a corrosão eletroquímica é dada pela sua posição na fila das tensões eletrolíticas, de acordo com seu potencial eletrolítico. Os materiais menos nobres, com potencial de oxidação mais alto, são mais reativos e estão, portanto, menos protegidos, ou seja, corroem-se. Os mais nobres, com potencial de oxidação menor são menos reativos e, por consequência, não corroídos.

Tabela 6 - Potencial eletrolítico de Materiais Nobres

	METAL	*POT. ELETRODO	
MENOS NOBRES	Magnésio	-2,340	ANÓDICOS
	Alumínio	-1,670	
	Zinco	-0,762	
	Cromo	-0,710	
	Ferro	-0,440	
	Cádmio	-0,402	
	Níquel	-0,250	
	Estanho	-0,136	
	Chumbo	-0,126	
MAIS NOBRES	Cobre	+0,345	CÁTÓDICOS
	Prata	+0,800	
	Ouro	+1,680	

Variados fatores influem na reação, tais como o tamanho relativo dos metais, a diferença de potencial entre eles, a temperatura e composição do meio eletrolítico.

No caso das chaves seccionadoras, tem-se uma chapa de cobre (Cu) em contato direto com uma chapa de Alumínio (Al) e o meio eletrolítico é fornecido pela umidade relativa do ar ou pela chuva e os sais podem vir do depósito de poluição, assim como pela maresia. Com o tempo, a chapa alumínio vai ceder material para a chapa de cobre, provocando o trincamento e até a quebra do pulo.

O processo pode ser estabilizado utilizando uma folha de estanho que é instalada entre as duas chapas. O processo químico é mais comum em locais muito poluídos ou próximos ao mar.

4.3.1.7.2 Manutenção Mecânica do Equipamento

A manutenção mecânica da chave é basicamente realizada pela desmontagem e lubrificação do mecanismo de redução, ou caixa de redução, que é um mecanismo de

engrenagens que tem como objetivo de diminuir a velocidade do sistema de acionamento da chave. E desmontagem e lubrificação dos mancais da chave. Mancais são bases rotativas, compostas por rolamentos que proporciona o giro responsável pela abertura e fechamento da chave. A chave possui um mancal por pólo e mais um mancal de acionamento. Para lubrificação utilizamos graxa de sabão de lítio de alta qualidade à qual contém um percentual ótimo de lubrificantes sólidos, incluindo MoS_2 (Bissulfeto de Molibdênio), em combinação com outros aditivos de extrema pressão. Seu desempenho é igualmente bom mesmo sob altas cargas e velocidades ou sob movimentos alternados e baixas velocidades, Faixa de temperatura de trabalho: - 30 a + 130°C, da marca Molycote de referência BR2-PLUS.



Figura 48 – Fotografia do Eixo do Mancal antes da limpeza.



Figura 49 - Fotografia do Eixo do Mancal depois da limpeza e lubrificação.



Figura 50 - Fotografia da parte interna do mancal antes da limpeza.



Figura 51 - Fotografia da parte interna do mancal após limpeza.

Um ponto sobre a manutenção do mancal que deve ser levado em consideração é que após a limpeza, lubrificação e montagem, deve se realizar o devido isolamento ou vedação dos orifícios e dos parafusos para que não permita a entrada de água da chuva. A substituição dos rolamentos só será realizada caso haja necessidade.

4.3.1.7.3 Manutenção do Circuito Auxiliar de acionamento e de sinalização

A manutenção do circuito auxiliar vai levar em consideração primeiro, qual o tipo de acionamento da chave, manual ou motorizado. Caso o acionamento da chave seja manual, a manutenção do circuito auxiliar é basicamente limpeza dos contatos dos contactores que irão sinalizar “chave aberta” ou “Chave fechada” na sala de comando. Caso exista alguma anormalidade é reparado o defeito. Já, quando o acionamento é motorizado, é realizado além da limpeza dos contatos do circuito de acionamento do motor e o reaperto das conexões. É realizado o ensaio de tensão aplicada nos terminais do circuito auxiliar para os dois casos.



Figura 52 - Fotografia da realização da manutenção do circuito auxiliar.

4.3.1.8 Ensaio Realizados durante o Estágio

4.3.1.8.1 Ensaio de Inspeção

Este ensaio tem como objetivo principal visualizar problemas como deterioração física da chave seccionadora, problemas de corrosão na chave e na estrutura de ferro que suporta a mesma, problemas de comportamentos indesejáveis da chave durante abertura e fechamento, problemas de desgaste de fios e conectores do circuito auxiliar, visualizar se existem animais ou insetos dentro da cabine do circuito auxiliar que causam ou podem causar curto-circuito. Todos os dados devem ser anotados para ser posteriormente corrigidos.

Neste ponto, durante o estágio realizado, foram encontradas situações importantes. Na SE Cotegipe, de propriedade da Chesf, que fica situada na cidade de Simões Filho-BA, numa região de intensa atividade industrial, petroquímica e mineradora, onde possui grandes problemas de poluição do tipo industrial e de maresia, foram encontrados

problemas de grande importância na estrutura que suporta suas chaves e principalmente nas bases dos seus isoladores. O problema de corrosão neste ponto colocaria em risco o acesso da equipe de manutenção ao equipamento, sendo identificado pelo ensaio de inspeção antes da subida dos trabalhadores ao equipamento, evitando assim, queda dos mesmos. As fotografias do ensaio de inspeção estão expostas abaixo:



Figura 53 - Fotografia do processo corrosivo do parafuso da base da cadeia de isoladores tipo pedestal.



Figura 54 - Fotografia do parafuso substituído antes de aço e depois de aço inox, da base da cadeia de isolador do tipo pedestal.



Figura 55 - Fotografia do processo corrosivo da estrutura da chave seccionadora.



Figura 56 - Fotografia do processo corrosivo da cadeira de isolador do tipo pedestal da chave seccionadora.

Foi providenciada a substituição dos parafusos oxidados, bem como das treliças que apresentam um grau de corrosão elevado. Algumas peças de treliças foram apenas lixadas e aplicado uma tinta antioxidação.

4.3.1.8.2 Ensaio de Tensão Aplicada nos circuitos auxiliares, de comando e de acionamento

Este ensaio é realizado basicamente com a utilização de um voltímetro, fazendo a leitura dos valores de tensão nos terminais de alimentação do motor de acionamento para quando o acionamento for motorizado, e os valores de tensão nos terminais dos dispositivos de sinalização. Os valores são 380/220 Vca para acionamento dos motores e 125 Vcc para os circuitos de sinalização. Abaixo está exposta a fotografia da realização deste ensaio.



Figura 57 – Fotografia da Realização do Ensaio de Tensão aplicada nos Circuitos Auxiliares

4.3.1.8.3 Medição de resistência ôhmica do circuito principal, para comparar o seu valor com o do protótipo

As superfícies de contato entre dois componentes, independente do grau de perfeição com que foram usinadas, jamais se ajustam perfeitamente. Os pontos de contato onde realmente há transferência de corrente de uma superfície para outra, representam uma fração da superfície total de cada componente.

As superfícies sofrem ataques do ambiente, resultando numa película de óxido que dificulta a condução normal da corrente. A resistência de contato entre dois componentes é diretamente proporcional a resistividade e a dureza dos materiais e inversamente proporcional à pressão dos contatos e o número de pontos reais de contato. Para isso é realizado a manutenção da pressão dos contatos e é aplicado o inibidor de formação de óxido para diminuir a resistência dos contatos. O valor de referência é de $R < 200 \mu\Omega$. Porém, de acordo com a NBR 6935, o valor do ensaio não pode ultrapassar $1,2 R_{prop}$, onde R_{prop} é o valor da resistência encontrada no ensaio de protótipo.

Para fazer a leitura da resistência dos contatos, foi utilizado um instrumento denominado Medidor de Resistência de Contatos, que nada mais é uma ponte equilibrada que pode ser do tipo Kelvin ou Thompson. O instrumento utilizado no estágio foi o medidor de resistência de contatos, Modelo: PK 230 (Ponte Kelvin), Fabricante: Nansen, Digital. A fotografia do instrumento é mostrada na figura 23.

De acordo com a NBR 6935, o ensaio deve ser feito utilizando corrente contínua.



Figura 58 - Fotografia do Medidor de Resistência de Contato

7. Os valores obtidos neste ensaio para a chave 32M2-4 será exposto abaixo, na tabela

Tabela 7 - Valores Obtidos no Ensaio de Resistência de Contato da Chave 32M2-4

Fase A ($\mu\Omega$)	Fase B ($\mu\Omega$)	Fase C ($\mu\Omega$)
121	117	132

Os valores obtidos estão dentro da faixa aceita pela Chesf que é $R < 200 \mu\Omega$. Porém, o valor não pode ser comparado com o valor de protótipo, pois se trata de um equipamento da década de 60 e a Companhia não possui mais seus relatórios.

4.3.1.8.4 Ensaio de operação

O ensaio de operação era realizado, basicamente, pela operação de abertura e fechamento do equipamento para visualização da sincronização dos pólos e para verificar o perfeito acoplamento das lâminas nos contatos fixos. Como representa a figura 24.

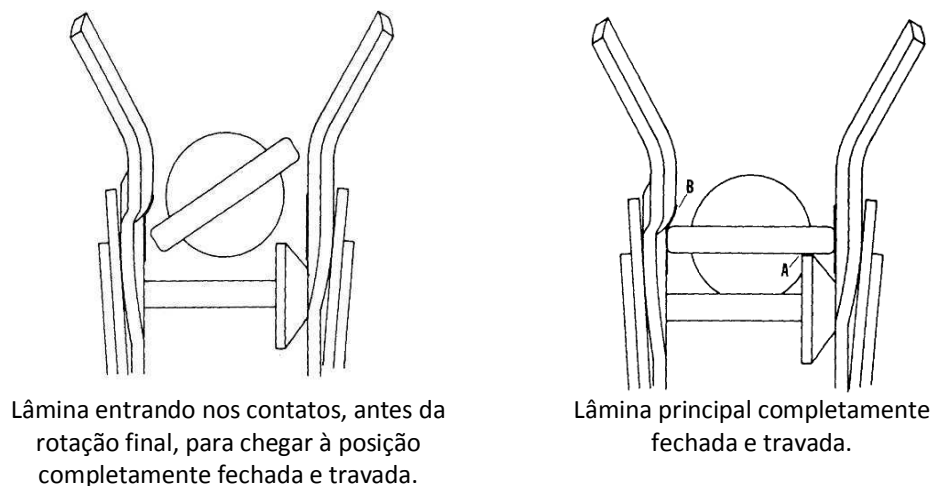


Figura 59 - Ilustração do processo de fechamento de uma Chave

Os resultados obtidos durante esse ensaio, na chave 32M2-4, foram satisfatórios.

4.3.1.9 Intervenção (Reconexão)

A intervenção para reconexão dos pulsos que foram desconectados para realização da manutenção do equipamento inicia com a comunicação ao setor de operação para entrega do equipamento e para liberação do barramento para intervenção. Mais uma vez o religador automático será desligado, para que caso ocorra algum incidente o barramento seja desligado e não seja religado automaticamente.

O processo de reconexão é o processo inverso da desconexão e os únicos passos que serão alternados são:

5. Passo: O electricista ao potencia recebe o pulo através de um bastão garra e efetua o correto torqueamento dos parafusos do conector.

Tabela 8 - Tabela de torque para parafusos/porcas (kgf/m)

BITOLA	EVERDUR BRONZE/ SILICIO	GALV. STANDARD	AÇO INO- XIDÁVEL	ALUMÍNIO (LUBRIFI- CADO)	AÇO GAL- VANIZADO (ALTA RES.)
3/8"	2,80	2,40	3,0	-	3,50
1/2"	5,50	4,80	5,00	3,50	6,90
5/8"	7,60	6,90	9,00	5,50	12,50
3/4"	13,80	9,70	16,60	8,30	17,30

Fonte: Normativo CHESF - IM_MN_LT_M_034

6. Passo: (Não existe mais)

O correto torqueio dos parafusos dos conectores tem dois objetivos, o primeiro é evitar a quebra do parafuso e o segundo é evitar, que com o tempo, o parafusou ou porca folguem causando com isso pontos quentes¹² no sistemas.

4.3.2 SE Paulo Afonso III (PAF)

A segunda Subestação (PAF) é uma subestação muito complexa e de grande extensão. Tem como objetivo o chaveamento de cargas, com a finalidade principal de manter continuidade no abastecimento. É uma subestação com três barras principais. Esta subestação recebe links de 230 kV da Usina PA III e distribui estes links através de um grande conjunto de chaves seccionadoras para quatro circuitos de LT - 230 kV para o Sistema

¹² Ponto Quente – na existência de folga entre os contatos elétricos, conseqüentemente haverá um aumento da resistência de contato e com isso o aquecimento excessivo do mesmo. Esse aquecimento provoca perdas e com o tempo até a quebra do conector.

Regional Sul (Salvador), quatro circuitos de LT - 230 kV para o Sistema Regional Leste (Recife), cinco circuitos para o Sistema Regional Norte (Fortaleza) e uma interligação com a SE - Paulo Afonso IV - 230/500 kV, constituindo-se assim no principal nascedouro dos corredores de linhas de transmissão do Sistema CHESF. Nesta subestação acompanhamos a manutenção de apenas uma chave. Foi à chave 34B1-3, tensão nominal de 245 kV, Corrente Nominal de 2000 A, ano de fabricação: 1970, da marca MAGRINI. Esta chave tem uma configuração especial, é uma chave seccionadora responsável pelo seccionamento dos barramentos. Sendo que a chave é do tipo monopolar e cada pólo fica situado em um barramento.

Este tipo de configuração tem algumas particularidades, principalmente as que tratam da segurança dos envolvidos nessa intervenção. Apenas um pólo de cada barramento é desenergizado e aberto, ficando os outros dois pólos do barramento energizados e fechados, com isso tivemos que isolar a parte energizada utilizando uma espécie de barreira que pode ser visualizada na figura 61, evitando com isso que um electricista desatento invada a parte energizada e cause um acidente.



Figura 60 - Fotografia da SE PAIII da chave 34B1-3

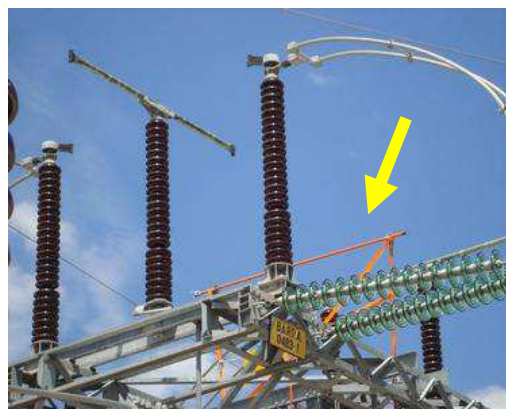


Figura 61 - Fotografia do Pólo da Chave e a barreira isolando a parte energizada

Os valores obtidos no ensaio de resistência de contato da chave 34B1-3 será exposto na tabela 9.

Tabela 9 - Valores Obtidos no ensaio de resistência de contato da Chave 34B1-3

Fase A ($\mu\Omega$)	Fase B ($\mu\Omega$)	Fase C ($\mu\Omega$)
119	120	129

5. Conclusão

Além de mais uma etapa concluída do curso, este estágio ofereceu a oportunidade de enriquecimento da vida profissional deste estagiário. O contato com outros profissionais, engenheiros, técnicos e eletricitas, fez perceber a importância de tudo que foi transmitido no curso de Engenharia Elétrica e reafirmar que todos os conhecimentos que foram transmitidos através da singularidade de disciplinas, sejam elas específicas ou consideradas como “menos importantes”, tem sua função e valia na prática profissional. A experiência vivida *in loco* apenas confirmou que a variedade e o equilíbrio comungam em nossa grade curricular.

A vida de um Engenheiro de campo vai além das teorias e conceitos sobre eletricidade. O mesmo será responsável também pela administração do desenvolvimento do trabalho, do tempo, dos recursos materiais e das “vidas” envolvidas no projeto. A responsabilidade e o risco intrínsecos ao processo de trabalho foram assimilados de forma bastante intensa.

Durante o este período o estagiário acompanhou a manutenção de 15 chaves seccionadoras de 69, 138 e 230 kV. De diferentes tipos construtivos e algumas peculiaridades de trabalho. Conquistando assim uma experiência que será favorável a sua vida profissional.

Sobre a Companhia Hidroelétrica do São Francisco, suas instalações e seus profissionais, que tem na nossa região o domínio na execução dos serviços envolvendo alta e extra-alta tensão, é notório o apreço, orgulho e satisfação pela pequena, porém vívida convivência.

Sobre a empresa Engeluz Service Ltda, foi observado que a mesma possui as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de suas atividades e exige respeito e cumprimento das normas técnicas e de normas de segurança, porém, sentiu-se a falta da utilização de ferramentas computacionais para a gestão do cronograma de trabalho e dos recursos da obra. Sendo essa etapa realizada de forma informal, utilizando anotações e e-mails. Para solucionar este problema foi sugerido aos sócios o software Ms-Project da Microsoft, que visa o gerenciamento de projetos.

Com todo o conhecimento adquirido neste estágio, a possibilidade de contratação passa de um objetivo e vira uma realizada.

6. Referências Bibliográficas

NBR 6935 – Seccionadores, Chaves de terra e Aterramento rápido.

D´Ajuz e outros. Equipamentos Elétricos – Especificações e aplicação em subestações de alta tensão, Furnas – Editora da Universidade Federal Fluminense, 1985.

Caires, Richard Roberto – Equipamentos de Alta tensão – UNISAL,2006.

Carvalho, A. C. C. e outros. Disjuntores e Chaves – Aplicações em sistema de potência. Furnas - Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995.

Souza, Benemar Alencar de - Distribuição de Energia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, 1997.

Caires, Richard Roberto – Equipamentos de Alta tensão – UNISAL,2006.

Normativos CHESF

- IM.MN.LT.M.018 - ELABORAÇÃO PEX E APR;
 - IM_MN_LT_M_034 – INTERVENÇÃO EM INST. ENERG. PARA LIBERAÇÃO DE EQUIPAMENTO;
 - IM_MN_LT_M_052 - INTERVENÇÃO EM PONTOS QUENTES ENERGIZADOS;
 - NM_MN_LT_L_002 – MANUT. EM LT E BARRAMENTO ENERGIZADO;
-
- www.chesf.gov.br - Acessado em 10/04/2010.
 - www.eletrabras.gov.br - Acessado em 10/04/2010.
 - www.ritz.com.br - Acessado em 10/04/2010.
 - www.aneel.gov.br - Acessado em 10/04/2010.
 - www.ons.gov.br - Acessado em 10/04/2010.