



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

MATHEUS TELLES BARRETO

SUBESTAÇÃO JORGE PRADO LEITE

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2016

MATHEUS TELLES BARRETO

SUBESTAÇÃO JORGE PRADO LEITE

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas Elétricos.

Orientador:

Professor Washington Luiz Araújo Neves, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2016

MATHEUS TELLES BARRETO

SUBESTAÇÃO JORGE PRADO LEITE

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas Elétricos.

Aprovado em ____ / ____ / _____

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor Washington Luiz Araújo Neves, D. Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me concedeu sabedoria para elaboração da presente pesquisa.

A meus familiares, pelo apoio constante, no decorrer da minha carreira acadêmica.

Ao meu orientador, professor Washington Luiz Araújo Neves, pela dedicação e compreensão quando da orientação nas tarefas de conclusão do curso.

A Sulgipe, pelos ensinamentos e pela disponibilidade de materiais de pesquisa para elaboração deste trabalho.

A todos que, de forma direta ou indireta, me fizeram sentir um ser capaz de modificações.

RESUMO

Este estudo objetiva demonstrar a viabilidade econômica ascendente do mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil. Para isso, é preciso investir na qualidade da prestação do serviço através de novas tecnologias, a exemplo de equipamentos, manutenção e expansão da rede elétrica, a fim de atender a um mercado de consumidores cada vez mais exigentes. Em termos metodológicos, o presente trabalho é fruto de uma pesquisa de campo, que se deu durante o estágio curricular do curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande, realizado na Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe), na cidade de Estância/SE, bem como de uma pesquisa bibliográfica. Os resultados obtidos permitem concluir que a Sulgipe vem desenvolvendo ações visando alcançar a satisfação global dos seus clientes, empreendendo a construção da Subestação Seccionadora Eng.º Jorge Prado Leite, que tem a função de interligar as regionais da Chesf Jardim e Itabaianinha em um único barramento através das entradas e saídas de linhas de transmissão em 69 kV, aumentando a confiabilidade e a continuidade dos atendimentos.

Palavras-chave: Energia Elétrica, Subestação Seccionadora, Sulgipe.

ABSTRACT

This study aims to demonstrate the upward economic viability of the electricity distribution market in Brazil. For this, we must invest in the quality of service through new technologies, such as equipment, maintenance and expansion of the power grid in order to meet a market increasingly demanding consumers. In terms of methodology, this study is the result of a field survey, which took place during the traineeship course of Electrical Engineering, Federal University of Campina Grande, held in South Company Sergipana Electricity (Sulgipe) in resort town / SE and a literature search. The results showed that Sulgipe has been developing actions to achieve overall customer satisfaction, undertaking the construction of the substation Disconnecting Switch Mr. Jorge Prado Leite, who has the function of linking the regional Chesf Garden and Itabaianinha on a single bus through inputs and outputs transmission lines 69 kV, increasing reliability and continuity of care..

Keywords: Electricity, Substation Disconnecting Switch, Sulgipe.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Subestação Elevadora Paulo Afonso I	17
Figura 2. Subestação abaixadora – Estância/SE – Sulgipe	17
Figura 3. Subestação Seccionadora Jorge do Prado Leite	18
Figura 4. Subestação abrigada	19
Figura 5. Subestação blindada a gás – Itaipu	20
Figura 6. Configuração em barra simples	21
Figura 7. Configuração em barra simples com seccionamento de barra e chave de <i>bypass</i> nos disjuntores	21
Figura 8. Configuração em barra principal + barra de transferência	22
Figura 9. Configuração em barra dupla com disjuntor simples	23
Figura 10. Configuração em barra dupla com disjuntor e meio	24
Figura 11. Configuração em anel simples	25
Figura 12. Disjuntor SF6 Merlin Gerin 69 kV – SE Estância – Sulgipe	26
Figura 13. Transformador de corrente IMG Magrini Galileo – SE – Estância/SE – Sulgipe	31
Figura 14. Transformador de corrente e modo de ligação	32
Figura 15. TC tipo barra: constituição básica e aspecto externo	33
Figura 16. TC tipo janela: constituição básica e aspecto externo	33
Figura 17. TC de núcleo dividido e utilização em instrumentos de medição	34
Figura 18. TC tipo bucha	34
Figura 19. TC usado em sistemas de alta tensão	34
Figura 20. TC's de múltiplas relações de transformação	35
Figura 21. TC de vários núcleos	36
Figura 22. Curva da corrente do transformador	37
Figura 23. TP	39
Figura 24. Chave seccionadora Delmar - Subestação Seccionadora Jorge Prado Leite.....	43
Figura 25. Esquema construtivo dos tipos de chaves	45
Figura 26. Situação do sistema Sulgipe em 2014	56

Figura 27. Situação do sistema Sulgipe em 2015 proposta pela Energisa/SE	57
Figura 28. Situação atual do sistema Sulgipe (Junho/2014)	59
Figura 29. Situação do sistema Sulgipe em 2015	60
Figura 30. Situação do sistema Sulgipe na fase final da ampliação e reforço em 2018.....	60
Figura 31. Disjuntor 3AP1 FG	62
Figura 32. Curva de enchimento de SF6 e valores de resposta do monitor de densidade	63
Figura 33. Processo de desligamento, ilustração esquemática	64
Figura 34. Esquema de monitorização do SF6	66
Figura 35. Conexão de enchimento e conexão de teste (W1 e W2)	67
Figura 36. Chave seccionadora tripolar de força, tensão nominal 69 kV, corrente nominal 630 A – DELMAR	68
Figura 37. Chave seccionadora tripolar, abertura central – vista frontal	68
Figura 38. Chave seccionadora tripolar, abertura central – planta	69
Figura 39. Transformador de corrente de alta tensão – óleo – SOC 72	69
Figura 40. Placa característica – SOC 72	70
Figura 41. Transformador de potencial de alta tensão – óleo – SOC 72	71
Figura 42. Placa característica – SOP 72	71
Figura 43. Pára-raios modelo PBPE 75/10/2	72
Figura 44. Retificador carregador de baterias microprocessado ADELCO CBM-9100	74
Figura 45. Dados de placa do retificador ADELCO CBM-9100	75
Figura 46. Banco de baterias	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exatidão para transformadores de corrente	37
Tabela 2. Valores de carga nominal e designações de transformadores de corrente para medição	38
Tabela 3. Classes e designações de transformadores de corrente para proteção..	38
Tabela 4. Relações nominais para transformadores de potencial	41
Tabela 5. Exatidão para transformadores de potencial.....	41
Tabela 6. Valores de carga nominal e designações de transformadores de potencial	42

Lista de Siglas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

AT – Alta Tensão.

BT – Baixa Tensão.

CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco.

CIESA – Companhia Industrial de Estância S/A.

EAT – Extra-Alta Tensão.

ENERGIPE – Empresa Energética de Sergipe S/A.

IVN – Indústria Vidreira do Nordeste.

MT – Média Tensão.

NBR – Norma Brasileira.

PLC – *Power Line Carrier*.

PSACA – Painel de Serviços Auxiliares CA.

PSACC – Painel de Serviços Auxiliares CC

SACA – Serviços Auxiliares em Corrente Alternada.

SACC – Serviços Auxiliares em Corrente Contínua.

SSA – Sistema de Serviços Auxiliares

SULGIPE – Companhia Sul Sergipana de Eletricidade.

TC's – Transformadores de Corrente.

TP's – Transformadores de Potência.

TSA – Transformadores de Serviços Auxiliares.

UAT – Ultra-Alta Tensão.

SUMÁRIO

1	Introdução	13
2	As Subestações	16
2.1	Classificação das Subestações	16
2.1.1	Quanto à função que desempenham	16
2.1.2	Quanto ao nível de tensão de operação	18
2.1.3	Quanto ao tipo de instalação	19
2.1.4	Quanto às configurações de barra	20
2.2	Principais Equipamentos em uma Subestação	25
2.2.1	Disjuntores	25
2.2.1.1	Princípio de funcionamento dos disjuntores	27
2.2.1.2	Tipos de disjuntores	28
2.2.1.3	Acessórios dos disjuntores	30
2.2.2	Transformadores de corrente	31
2.2.2.1	Constituição básica e modo de ligação	32
2.2.2.2	TC's de baixa tensão	33
2.2.2.3	TC's de média e de alta tensão	34
2.2.2.4	TC's de múltiplas relações de transformação	35
2.2.2.5	TC's de vários núcleos	35
2.2.2.6	Tipos de transformadores de corrente	36
2.2.2.7	Classes de exatidão dos transformadores de corrente	37
2.2.3	Transformadores de potencial	39
2.2.3.1	Classificação dos transformadores de potencial	40
2.2.3.2	Tipos construtivos dos transformadores de potencial	40
2.2.3.3	Relações nominais dos transformadores de potencial	40
2.2.3.4	Classes de exatidão dos transformadores de potencial	41
2.2.4	Chaves	42

2.2.4.1 Classificação das chaves	43
2.2.4.2 Tipos construtivos das chaves	44
2.2.4.3 Acessórios das chaves	46

2.2.5 Pára-Raios	46
2.2.5.1 Características construtivas dos pára-raios	46
2.2.6 Equipamentos Auxiliares	47
2.2.6.1 O sistema de serviços auxiliares	48
2.2.6.2 Bancos de Baterias	49
2.2.6.3 Bancos de Retificadores	50
2.2.6.4 Transformadores de Serviços Auxiliares	50
2.2.6.5 Painéis Auxiliares	50
3 A SUBESTAÇÃO SECCIONADORA ENG.º JORGE DO PRADO LEITE ...	53
3.1 Sulgipe: Evolução Histórica	53
3.2 Sulgipe X Energisa	55
3.3 Da Necessidade da Nova Subestação Eng.º Jorge do Prado Leite	60
3.4 Localização	61
3.5 Equipamentos Instalados que Compõem a Subestação Eng.º Jorge do Prado Leite	61
3.5.1 Equipamentos em cada Entrada ou Saída de Linha	61
3.5.1.1 Disjuntor 3AP1 FG – Siemens	61
3.5.1.2 Secionador tripolar de abertura central	68
3.5.1.3 Transformador de corrente SOC 72 – SOLTRAN	69
3.5.1.4 Transformador de potencial SOP 72 – SOLTRAN	70
3.5.1.5 Pára-raios polimérico PBPE 75/10/2 – BALESTRO	72
3.5.1.6 Retificador CBM-9100 – ADELCO	72
3.6 Origem e Destino das Entradas e Saídas de Linha	76
4 CONCLUSÃO	78
5 BIBLIOGRAFIA	79
ANEXOS	80

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica e sua utilização é fator primordial para o desenvolvimento e a evolução da humanidade. Nesse sentido, a viabilidade de sua exploração é tema inesgotável de estudo e aprimoramento.

Fatores como o desenvolvimento tecnológico e o crescimento industrial e econômico estão diretamente ligados à melhoria da qualidade de vida de uma sociedade. Por esta razão, a relação entre energia e desenvolvimento econômico-social é tema de debates e discussões em todo o mundo.

Considerando que as fontes geradoras de energia não são ilimitadas, a sua exploração será sempre um desafio em manter o equilíbrio entre a exploração de novas fontes e a busca constante de novas tecnologias, objetivando maior eficiência econômica do mercado, bem-estar da sociedade, agregando ainda o desenvolvimento sustentável.

A indústria de energia elétrica é basicamente composta por geradores espalhados pelo País e pelas linhas de transmissão e de distribuição de energia.

Por sua vez, os setores de transporte da energia – a transmissão e a distribuição – são considerados monopólios naturais, pois sua estrutura física torna economicamente inviável a competição entre dois agentes em uma mesma área de concessão. Nestes dois segmentos, predomina o modelo de regulação de preços ou regulação por incentivos[1].

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão regulador das políticas e diretrizes do Governo Federal para a utilização e exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor, pelos consumidores cativos e livres, pelos produtores independentes e pelos autoprodutores. Cabe a Aneel, ainda, definir padrões de qualidade do atendimento e de segurança compatível com as necessidades regionais, com foco na viabilidade técnica, econômica e ambiental das ações e, por meio desses esforços, promover o uso eficaz e eficiente de energia elétrica e proporcionar condições para a livre competição no mercado de energia elétrica [1].

Diferentemente do segmento de geração, a transmissão e a distribuição de energia, no Brasil, tem seus preços regulados pela Aneel. Desse modo, essas empresas não são livres para praticar os preços que desejam, inserindo-se no contexto dos contratos de concessão, que usualmente contam com mecanismos de revisões e reajustes tarifários periódicos, operacionalizados pela própria agência reguladora.

Em Sergipe, a Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe) é uma empresa que atua no mercado de distribuição de energia elétrica. Sua sede está localizada na cidade de Estância/SE e possui a concessão de distribuição de energia elétrica de uma parcela significativa da área do estado, abrangendo 14 (quatorze) municípios. Destes, 12 (doze) estão localizados na Região Sul e outros 2 (dois) na Região Nordeste do estado da Bahia.

Uma peculiaridade desta empresa distribuidora de energia elétrica é que a mesma se originou a partir do desdobramento da atividade têxtil da Companhia Industrial de Estância S/A, em 1938, quando, devidamente autorizada pelo Governo Federal, construiu uma barragem e passou a fazer, através de duas turbinas, o aproveitamento hidráulico dos rios Piauí e Piauitinga, para seu próprio uso industrial e para sua Vila Operária[5].

A partir do ano de 1955, conseguiu concessão para produzir, transmitir e distribuir energia elétrica para o município de Estância diretamente ou através de empresa que viesse a organizar, através do Decreto n.º 37.837, de 31.08.1955. Desse modo, considerando que a geração e distribuição de energia nessa época era um serviço público de competência da União, não sendo delegada ao setor privado.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade econômica ascendente do mercado de distribuição de energia elétrica. Para se manter no setor de distribuição de energia elétrica, a concessionária deverá investir na qualidade da prestação do serviço, empreendendo em novas tecnologias, como equipamentos, manutenção e expansão da rede elétrica, para atender a um mercado de consumidores cada vez mais exigentes.

Desse modo, a Sulgipe, atenta às exigências desse mercado, vem desenvolvendo várias ações políticas e administrativas, visando alcançar a maior satisfação global dos seus clientes.

Dentre essas ações, a Sulgipe empreendeu a construção da Subestação Seccionadora Eng.º Jorge Prado Leite, localizada na cidade de Estância/SE, numa área total desmembrada de 12.195,26 m², que tem a função de interligar as regionais da Chesf Jardim e Itabaianinha em um único barramento através das entradas e saídas de linhas de transmissão em 69 kV, aumentando a confiabilidade e a continuidade dos atendimentos, em função desta instalação ser ligada em esquema de “anel”, isto é, o suprimento é realizado a partir de várias fontes interligadas entre si, de modo a viabilizar a continuidade do suprimento mesmo quando há desligamento de alguma(s) linha(s) de transmissão. Este, portanto, é o principal objeto de estudo do presente trabalho.

Em termos metodológicos, para uma melhor descrição e compreensão do objeto de estudo, este estudo está dividido em partes que se complementam: na Introdução são

apresentadas as principais questões tratadas neste estudo monográfico; no capítulo intitulado As Subestações, são abordadas as classificações das subestações e os principais equipamentos que as compõem; no capítulo denominado A Subestação Seccionadora Engenheiro Jorge Prado Leite fala-se da evolução histórica da Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe), dos conflitos de interesses envolvendo a Sulgipe e a Energisa Sergipe Distribuidora de Energia S/A e das necessidades urgentes de uma nova subestação para a Região Centro-Sul de Sergipe; por fim, na Conclusão, expõe-se o resultado do trabalho realizado na Sulgipe.

2 AS SUBESTAÇÕES

Para o desenvolvimento deste capítulo, foram utilizados, além do estudo organizado por Sérgio de Oliveira Frontin – “Equipamentos de alta tensão: prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas” (2013), os trabalhos monográficos de Renato Masago Gonçalves – “Guia de projeto para subestações de alta tensão” (2012) e João Victor Cavalcante Barros – “Estudo de viabilidade econômica e das proteções da Subestação de 69-13,8 kV do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará” (2010), assim como, as notas de aula da disciplina Proteção de Sistemas Elétricos, ministrada pelo professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra, da Universidade Federal de Campina Grande.

Subestação é um conjunto de equipamentos com o propósito de seccionamento, modificação dos níveis de tensão, controle do fluxo de potência, proteção ou regulação da tensão elétrica, podendo eventualmente conter equipamentos para a compensação de reativos.

Outro propósito muito importante é garantir um alto grau de confiabilidade ao sistema elétrico. Para desempenhar essa tarefa, as partes defeituosas ou sob falta devem ser desligadas e o fornecimento de energia ser reestabelecido o mais rápido possível.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

As subestações podem ser classificadas de acordo com vários critérios, como se verá a seguir.

2.1.1 QUANTO À FUNÇÃO QUE DESEMPENHAM

- Subestação Elevadora – geralmente localizada nas saídas das unidades geradoras, elevam a tensão para níveis de transmissão e subtransmissão. A elevação da tensão para transmissão é necessária a fim de diminuir as perdas nos condutores, pois a corrente transmitida será menor.



Figura 1. Subestação Elevadora Paulo Afonso I[13].

- Subestação Abaixadora – localizada nas periferias dos centros consumidores, diminuem os níveis de tensão, para que se essa aproxima dos centros urbanos a para evitar inconvenientes para a população (rádio interferência, campos magnéticos intensos e faixas de servidão muito grandes).



Figura 2. Subestação abaixadora – Estância/SE – Sulgipe (Fonte: Elaborada pelo autor).

- Subestação de Distribuição – têm por objetivo diminuir a tensão para a distribuição da energia para os centros consumidores.
- Subestação de Manobra – são responsáveis pelo seccionamento de linhas de transmissão sob o mesmo nível de tensão.



Figura 3. Subestação Seccionadora Jorge do Prado Leite (Fonte: Elaborada pelo autor).

- Subestação Conversora – o uso de corrente contínua em um sistema de corrente alternada necessita de subestações conversoras, no qual convertem a energia entre os dois sistemas. Basicamente, as conversoras são compostas por tiristores de alta potência.

2.1.2 QUANTO AO NÍVEL DE TENSÃO DE OPERAÇÃO

- Baixa Tensão (BT) – Até 1 kV;

- Média Tensão (MT) – De 1 kV a 34,5 kV (tensões típicas: 6,6 kV; 13,8 kV; 23 kV e 34,5 kV);
- Alta Tensão (AT) – De 69 kV a 230 kV (tensões típicas: 69 kV; 138 kV; 230 kV);
- Extra-Alta Tensão (EAT) – De 230 kV a 800 kV (tensões típicas: 345 kV; 440 kV; 500 kV; 750 kV);
- Ultra-Alta Tensão (UAT) – Acima de 800 kV.

2.1.3 QUANTO AO TIPO DE INSTALAÇÃO

- Subestações Aéreas – são construídas em locais amplos ao ar livre e requerem emprego de aparelhos e máquinas próprias para funcionamento em condições atmosféricas adversas (chuva, vento, poluição, etc.).
- Subestações em Interiores – são construídas em locais abrigados e os equipamentos são colocados no interior de construções, não estando sujeitos a adversidades do tempo, como as abertas.



Figura 4. Subestação abrigada[14].

- Subestações Blindadas – são construídas em locais abrigados e os equipamentos são completamente protegidos e isolados em óleo, com material sólido, ou em gás (ar comprimido ou SF₆).



Figura 5. Subestação blindada a gás – Itaipu[11].

2.1.4 QUANTO A CONFIGURAÇÕES DE BARRA

A seleção criteriosa da configuração de barra da futura subestação é um fator essencial para o sistema elétrico. Ao longo da vida útil da subestação, o sistema no qual ela está inserida sofrerá as conseqüências desta escolha. Se a configuração de barra estiver aquém das necessidades do sistema, pode-se fragilizá-lo, se estiver além, haverá investimentos ociosos. Portanto, a decisão sobre qual configuração de barra utilizar em uma dada subestação e a sua evolução ao longo do tempo é uma das tarefas mais importantes para a inserção de uma nova subestação no sistema elétrico.

- Barra simples – trata-se de uma das mais simples configuração de barra e pode ser utilizada em subestações de pequeno porte em média e alta tensão, aplicadas em subestações de distribuição ou subestações industriais para atendimento a cargas específicas. Por ser uma configuração simples, apresenta boa visibilidade do sistema, reduzindo o perigo de manobras errôneas por parte do operador. Em contrapartida, na ocorrência de uma falta, a secção defeituosa e seus circuitos correspondentes terão que ser desligados.

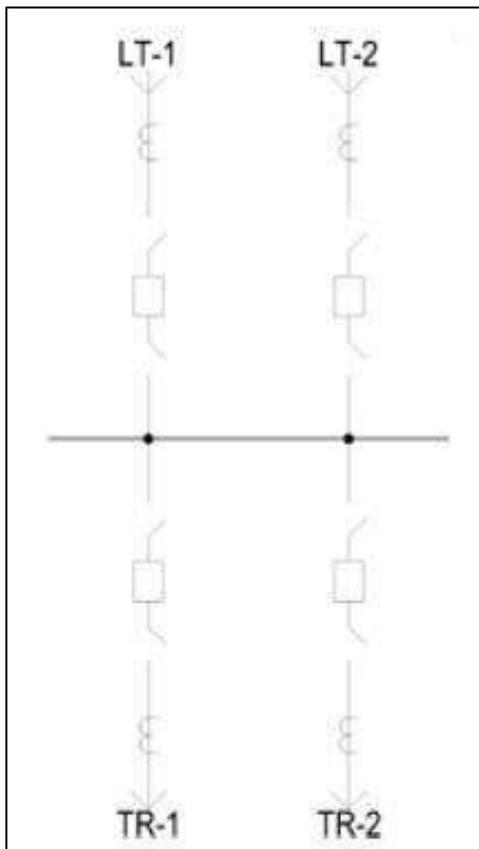


Figura 6. Configuração em barra simples.[8]

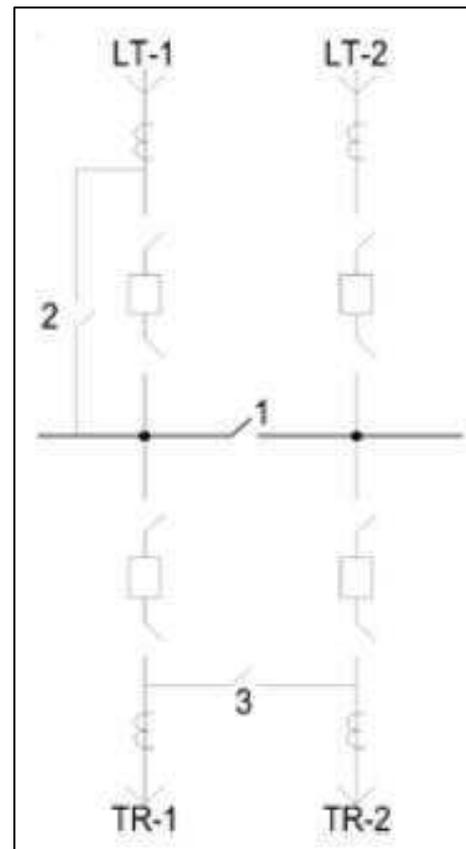


Figura 7. Configuração em barra simples com seccionamento de barra e chave de *bypass* nos disjuntores[8].

- Barra principal e transferência – é um tipo de arranjo muito utilizado, pois oferece um bom plano de manutenção, principalmente devido à existência do disjuntor de interligação de barras, que pode substituir qualquer outro.

A liberação de um disjuntor é realizada com auxílio das chaves de *bypass*, da barra e do *bay* de transferência, mantendo-se a proteção individual de cada circuito. As manobras são realizadas sem que haja desligamentos e somente pode ser liberado um disjuntor de cada vez.

No processo (sequência de manobras para o *bypass* do disjuntor), ocorre a transferência da “linha de trip” do disjuntor do *bay* para o disjuntor de transferência de forma automática, realizada pelas unidades de controle que monitoram os estados de chaves e disjuntores e comutam automaticamente a proteção. Uma vez que o sistema está sincronizado nesta barra, a tensão e

frequência é praticamente a mesma para todos os seguimentos da barra. Assim, fecham-se as chaves do *bay* de transferência, em seguida energiza-se a barra auxiliar, fechando-se o disjuntor. Em seguida, fecha-se a chave de *bypass* do *bay* desejado, abre-se o disjuntor do *bay* e, em seguida, as suas chaves. O disjuntor estará então liberado para manutenção ou reparos, e o circuito passou a ser protegido pelo disjuntor de transferência.

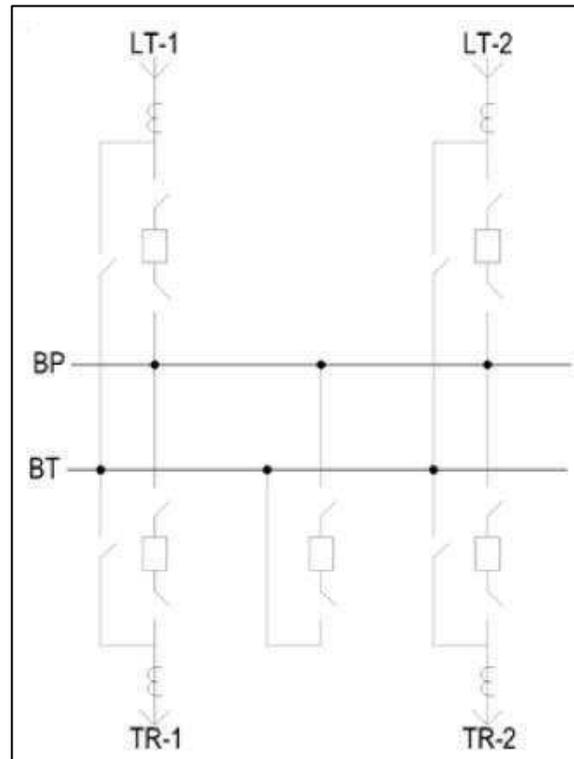


Figura 8. Configuração em barra principal + barra de transferência[8].

- Barra dupla com disjuntor simples – o esquema Barra Dupla é uma evolução do esquema Barra Principal e Transferência. A vantagem do esquema Barra Dupla em relação ao esquema Barra Principal e Transferência é que na falha de um dos disjuntores e/ou um dos barramentos não resulta no desligamento da subestação. Esta vantagem concede à Barra Dupla uma maior confiabilidade.

Utilizando a configuração de Barra Dupla com Disjuntor Simples, cada circuito do sistema pode ser conectado em qualquer das duas barras mediante o uso das chaves seletoras de barras. As duas barras operam normalmente e a presença de um conjunto de transformadores de corrente instalados no *bay* de

interligação de barras permite a separação de zonas de proteção das barras, melhorando a disponibilidade da subestação para falhas em barras.

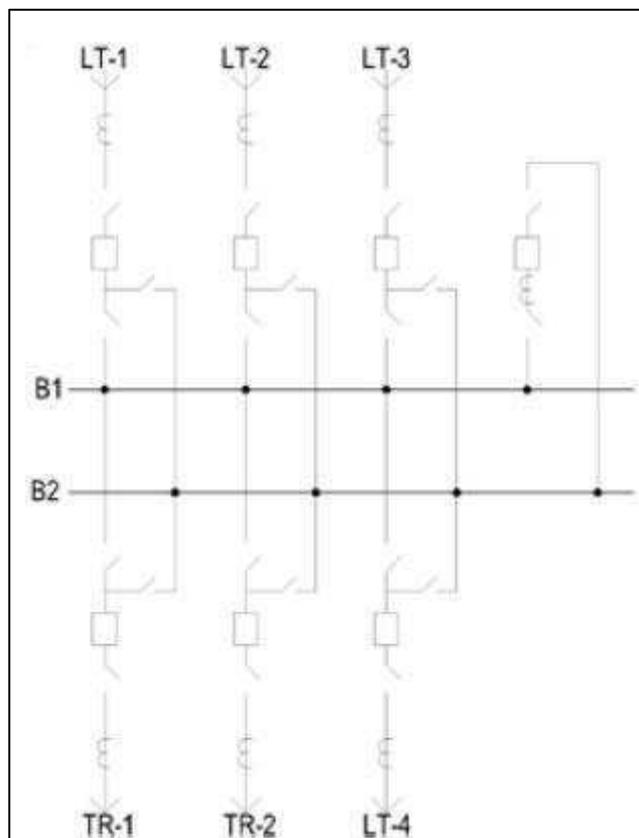


Figura 9. Configuração em barra dupla com disjuntor simples[8].

- Barra Dupla com Disjuntor e Meio – para determinadas barras do sistema, onde a segurança é um fator essencial, pode-se adotar configuração de desempenho superior, como a configuração em barra dupla com disjuntor e meio. Mesmo com a saída das duas barras de operação, em situações envolvendo contingências duplas, a perda da configuração leva a separação dos circuitos, isto é, perda de sincronismo nesta barra do sistema, porém mantendo-se a continuidade nos circuitos.

Esta configuração, usual nas subestações acima de 345 kV do sistema elétrico brasileiro, possui boa flexibilidade operativa, facilidades para a sua expansão e fácil visualização dos equipamentos no pátio de manobras devido ao arranjo físico adotado: equipamentos instalados entre as barras. No entanto, comparativamente com outras configurações de barra, esta configuração é de

custo relativamente elevado. Para a conexão de seis circuitos, são necessários nove disjuntores (um e meio por *bay*), nove conjuntos de TC's e 24 chaves seccionadoras.

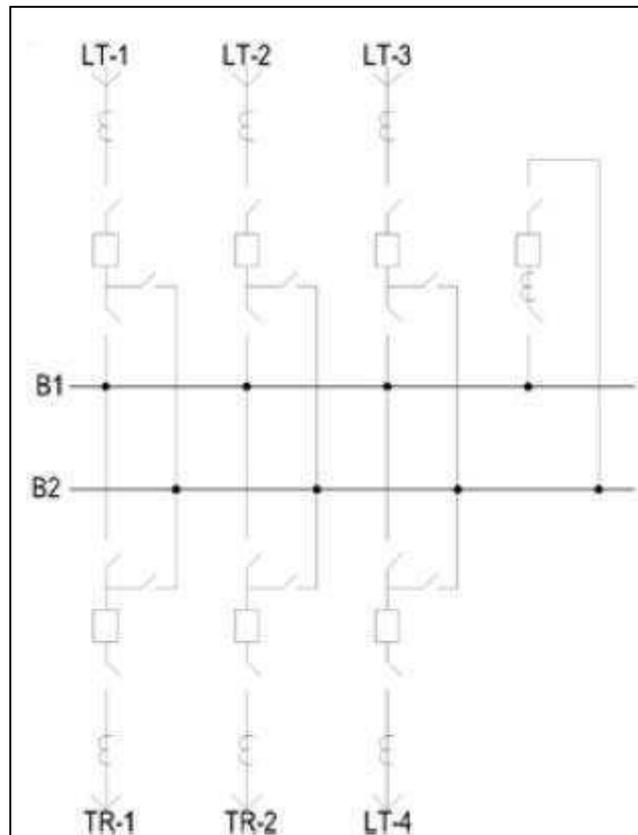


Figura 10. Configuração em barra dupla com disjuntor e meio[8].

- Barra em Anel – a principal característica das subestações com barramento em anel é a capacidade de um disjuntor poder sair de operação sem interromper o fornecimento de energia nos circuitos alimentadores. Deve-se lembrar também que assim como em qualquer circuito em anel, todos os elementos desse circuito deverão ser dimensionados para suportar a corrente total da instalação e não apenas para cada saída em particular.

Caso uma falta ocorra durante a manutenção de um disjuntor, o anel pode ser separado em duas seções. Para efetuar a manutenção num dado equipamento, a proteção deixará de atuar durante esse período e a falha no disjuntor durante uma falta em um dos circuitos causará perda de um circuito adicional, pois um disjuntor já está fora de operação. [10]

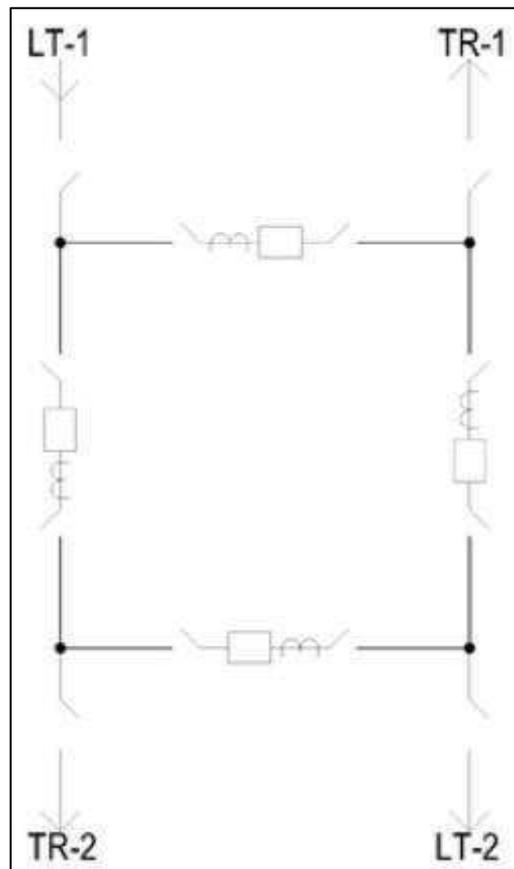


Figura 11. Configuração em anel simples[8].

2.2 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS EM UMA SUBESTAÇÃO

Uma subestação é composta por diversos equipamentos, dentre eles, destacam-se os disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores, relés, controladores lógicos programáveis, pára-raios e resistores de aterramento. Este tópico abordará um pouco mais sobre cada um desses principais equipamentos das subestações.

2.2.1 DISJUNTORES

Os disjuntores podem ser considerados os principais equipamentos de proteção de uma subestação, sendo capazes de estabelecer, conduzir e interromper corrente em condições normais de operação, assim como estabelecer, conduzir durante tempo

especificado e interromper corrente sob condições anormais de operação, como, por exemplo, as de curto-circuito.



Figura 12. Disjuntor SF6 Merlin Gerin 69 kV – SE Estância – Sulgipe (Fonte: Elaborada pelo autor).

Seu principal papel no sistema é realizar a interrupção de correntes de falta o mais rápido possível, a fim de se evitar e limitar ao máximo os danos causados aos equipamentos por correntes de curto-circuito. Devem ainda ser capazes de interromper correntes nominais de funcionamento, correntes de magnetização de transformadores e reatores e correntes capacitivas de bancos de capacitores e de linhas em vazio.

2.2.1.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS DISJUNTORES

Uma corrente que circula em um condutor sempre produz um campo magnético. Quando uma corrente cresce em um circuito indutivo, além da energia gasta para aquecer o condutor, é gasta energia para estabelecer o campo magnético. Após estabelecido o valor final da corrente, certa energia continuará sendo gasta para aquecer o condutor, mas não será necessária energia para o campo magnético. Essa energia do campo magnético é armazenada na forma de energia potencial e será devolvida ao sistema com a dissipação entre os contatos do disjuntor em forma de arco elétrico.

O arco elétrico consiste de um plasma eletricamente condutor que permite a corrente fluir entre os contatos abertos do disjuntor, evitando assim que o campo magnético decaia com extrema rapidez. Como se sabe:

$$e = L \frac{d_i}{d_t}$$

Onde:

e - Tensão no circuito ;

L - Indutância do circuito;

$\frac{d_i}{d_t}$ - Variação da corrente de acordo com o tempo;

Então, quanto mais rápido diminuir a corrente, mais rápido o campo irá decair e maior será a tensão induzida. Neste caso, se fosse possível interromper o circuito instantaneamente, seriam criadas sobretensões elevadíssimas, que destruiriam o disjuntor e demais equipamentos protegidos.

Por outro lado, o disjuntor deve interromper o mais rápido possível as correntes de falta, de modo a não comprometer o funcionamento do sistema elétrico. Portanto, existe um compromisso entre uma interrupção rápida do disjuntor e um tempo mínimo superior, no qual a sobretensão causada no sistema não seja demasiadamente alta.

A solução para este problema está em manter o arco elétrico quando os contatos do disjuntor se separam e, quando a corrente estiver próxima de zero, extingui-lo rapidamente.

Como é exigida certa temperatura para se manter o arco entre os contatos, proporcionado pela própria corrente do arco, deve-se atentar ao fato de que o calor

acumulado na coluna do arco não desaparece instantaneamente e, se houver uma temperatura alta o suficiente, o arco pode reacender.

2.2.1.2 TIPOS DE DISJUNTORES

Os primeiros disjuntores a serem usados utilizavam a técnica de interrupção ao ar livre. Ao longo do tempo, com o crescimento das potências de interrupção e os níveis de tensão dos sistemas elétricos, surgiram disjuntores com outras tecnologias, como o disjuntor a óleo, hexafluoreto de enxofre (SF₆), dentre outros.

Os disjuntores de alta tensão, quando classificados de acordo com as técnicas de interrupção, são divididos em:

- Disjuntores a ar comprimido – nos disjuntores a ar comprimido, a extinção do arco é feita através da injeção de ar comprimido na região entre os contatos, resfriando o arco e causando a sua extinção. Apesar deste tipo ser muito eficiente em grandes necessidades de interrupção, ele requer constante manutenção e monitoramento, devido à necessidade de se manter uma câmara de ar comprimido com um valor mínimo de pressão. É geralmente aplicado em altas tensões, sobretudo em 230 kV. Construtivamente existem dois tipos de câmaras de extinção utilizadas:
 - Câmara de sopro axial de uma direção – nos disjuntores de sopro em uma única direção, o fluxo de ar comprimido para a atmosfera se dá através do contato móvel;
 - Câmara de sopro axial de duas direções – nestes disjuntores, uma válvula de sopro principal e uma auxiliar são abertas para a atmosfera, criando um fluxo de ar através dos contatos fixo e móvel.
 - Disjuntores a óleo – nestes disjuntores, os dispositivos de interrupção são imersos em óleo isolante, geralmente sintético. A extinção do arco se dá pela formação de gases (principalmente hidrogênio), em virtude da decomposição do óleo frente às temperaturas geradas pelo arco elétrico. São

utilizados em tensões até 230 kV, apesar de estarem tecnicamente ultrapassados. Estes disjuntores podem ser subdivididos em:

- Grande volume de óleo – são compostos basicamente de um grande tanque metálico, ao potencial da terra, no qual são imersos os mecanismos de extinção do arco, sendo que cada polo é concentrado em uma unidade individual;
 - Pequeno volume de óleo – como uma evolução das câmaras individuais dos pólos dos disjuntores a grande volume de óleo, desenvolveu-se os disjuntores a pequeno volume de óleo. Sua vantagem está no fato de utilizar menor volume de óleo, possuir uma manutenção bem mais simples e prática e apresentar alta confiabilidade. Por outro lado, não está bem adaptado a sistemas de extra-alta tensão.
- Disjuntores a SF₆ – Devido às suas propriedades, o hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um gás muito utilizado para a extinção do arco em disjuntores. Ele é não explosivo, estável, inerte, não tóxico e não corrosivo, além de possuir excelentes características de isolamento e favorecer a interrupção da corrente elétrica. São os disjuntores mais utilizados, principalmente em altas e extra-altas tensões. Este tipo de disjuntor pode ser dividido em:
 - De pressão dupla – possui um compressor de gás que mantém um reservatório com certo volume de SF₆ a alta pressão. Em uma interrupção, o gás em alta pressão do reservatório é soprado na região entre contatos, para uma câmara de baixa pressão. Após a interrupção, o gás da câmara de baixa pressão é enviado novamente à câmara de alta pressão;
 - De pressão única (*puffer type*) – A pressão necessária para o sopro é produzido durante a operação de abertura do disjuntor através de um pistão solidário à haste do contato móvel que, ao movimentar-se, comprime o gás dentro de uma câmara.

Pode-se ainda classificar os disjuntores quanto ao mecanismo de acionamento, sendo eles:

- Acionamento por solenoide – neste tipo de acionamento, uma bobina solenoide é utilizada para acionar os contatos na operação de fechamento e também para carregar a mola de abertura. É pouco utilizado devido a pouca energia que é capaz de prover aos sistemas de abertura;
- Acionamento a mola – para este tipo, a energia necessária ao fechamento é armazenada em uma mola. A mola é carregada através de motores de corrente contínua ou corrente alternada. São utilizados em disjuntores de alta e extra-alta tensão;
- Acionamento a ar comprimido – a energia necessária para o fechamento do disjuntor é armazenada em câmaras de ar comprimido. São principalmente utilizados em disjuntores com método de extinção de arco por ar comprimido;
- Acionamento hidráulico – a energia necessária é armazenada em um “acumulador hidráulico”. Este acumulador é composto de um cilindro contendo um êmbolo estanque e, de um lado, óleo ligado aos circuitos de alta e baixa pressão através de bomba hidráulica. Utilizados principalmente em extra-alta tensão nos disjuntores que utilizam o SF₆ como meio de extinção de arco.

2.2.1.3 ACESSÓRIOS DOS DISJUNTORES

Os principais acessórios utilizados na composição do disjuntor são o resistor de pré-inserção, os capacitores de equalização de tensões e o sincronizador de manobras.

Os resistores de pré-inserção reduzem a amplitude das sobretensões decorrentes da energização e religamento de linhas de transmissão e também das tensões de reestabelecimento transitórias através dos contatos dos disjuntores. Podem estar ainda associados a capacitores nos terminais dos disjuntores que reduzem a taxa de crescimento da tensão de reestabelecimento transitória.

Os capacitores de equalização de tensão são utilizados em disjuntores de alta e extra-alta tensão constituídos por duas ou mais câmaras de interrupção a fim de garantir uma distribuição uniforme da tensão total entre as câmaras.

O sincronizador de manobras é utilizado para otimizar o instante de operação dos disjuntores, calculando o instante ideal de chaveamento dos contatos com base em cada tipo de carga. Por exemplo, a abertura de disjuntores de transformadores é melhor realizada no zero da tensão enquanto o fechamento do disjuntor é melhor realizado no pico da tensão.

2.2.2 TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Transformadores de corrente (TC's) destinam-se a alimentar instrumentos de medição, proteção ou controle em sistemas elétricos. Reduzem a corrente do sistema de potência a um valor adequado aos instrumentos, de modo a haver uma relação fixa entre os valores instantâneos correspondentes das ondas de corrente de saída e de entrada, com diferenças de fases mínimas possíveis entre as mesmas. Também promovem isolação elétrica entre os instrumentos e o sistema de potência.



Figura 13. Transformador de corrente IMG Magrini Galileo – SE Estância – Sulgipe. (Fonte: Elaborada pelo autor)

2.2.2.1 CONSTITUIÇÃO BÁSICA E MODO DE LIGAÇÃO

A forma construtiva e o modo de ligação de um TC são mostrados na Fig. 14.

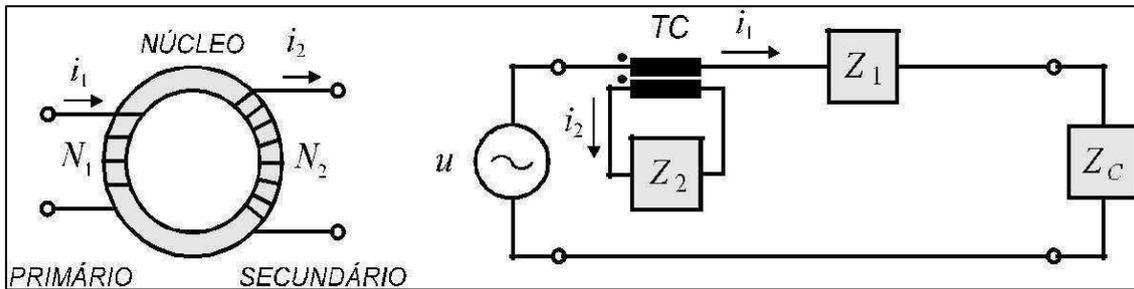


Figura 14. Transformador de corrente e modo de ligação[10].

Normalmente, o núcleo tem forma de toróide, constituído por uma fita de liga ferro-silício (3,2% Si) de grãos orientados helicoidalmente enrolada. Em torno do núcleo há dois enrolamentos. O enrolamento primário de N_1 espiras é ligado em série ao sistema de potência. O enrolamento secundário de N_2 espiras alimenta um instrumento (medidor ou relé de proteção). Para o núcleo magnético, pode-se escrever:

$$\mathfrak{F}_1 - \mathfrak{F}_2 = \mathfrak{R} \Phi$$

Onde \mathfrak{F}_1 e \mathfrak{F}_2 são, respectivamente, as forças magnetomotrizes primária e secundária, \mathfrak{R} é a relutância do núcleo e Φ é o fluxo magnético. Se a permeabilidade do núcleo é muito alta, tem-se $\mathfrak{R} \cong 0$. Como as forças magnetomotrizes geram fluxos em oposição, resulta:

$$\begin{aligned} N_1 I_1 - N_2 I_2 &= 0 \\ \frac{I_1}{I_2} &= \frac{N_2}{N_1} = 0 \end{aligned}$$

Normalmente, o TC destina-se a reduzir corrente; assim, $N_1 \leq N_2$.

A norma NBR 6856 da ABNT estipula o valor 5A para a corrente secundária nominal. Porém, há TCs de corrente secundária nominal igual a 1 A, com a vantagem de apresentar menos perdas na fiação do lado secundário.

2.2.2.2 TC'S DE BAIXA TENSÃO

Na Fig. 15, o primário consiste em uma só espira constituída por uma barra montada através do núcleo TC. A Fig. 16 ilustra o TC do tipo janela. No mesmo, há uma abertura por onde passa uma ou mais espiras do condutor primário. Em ambos os tipos de TC, o enrolamento secundário e o núcleo acham-se contidos em uma cápsula normalmente constituída de epóxi. Normalmente, a forma geométrica dos núcleos é toroidal.

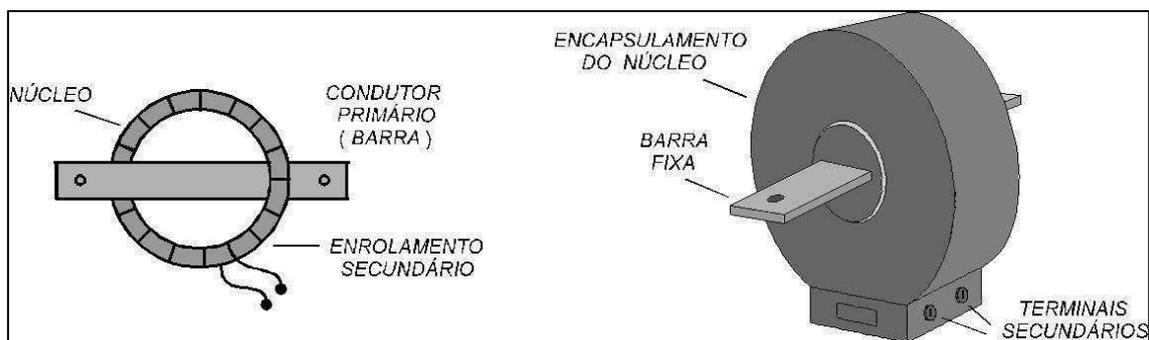


Figura 15. TC tipo barra: constituição básica e aspecto externo[10].

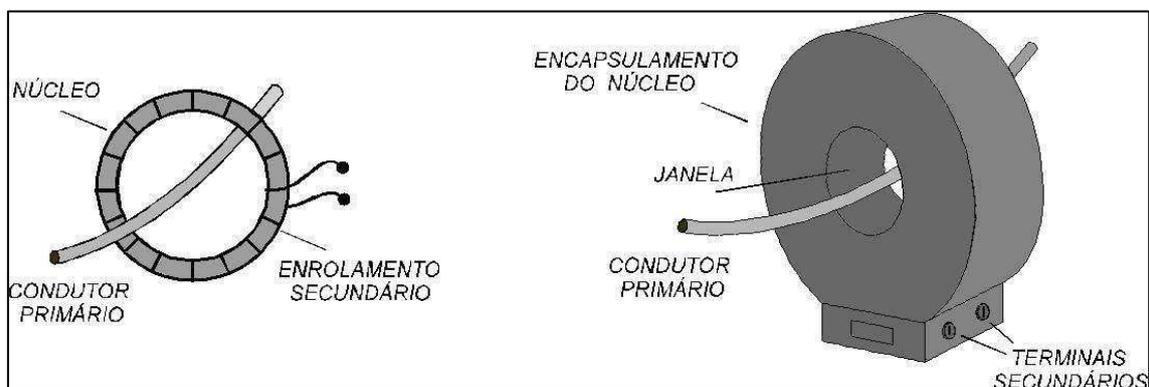


Figura.16. TC tipo janela: constituição básica e aspecto externo[10].

O TC tipo núcleo dividido é mostrado na Fig. 17, onde o núcleo pode ser aberto, envolvendo o condutor no qual se deseja medir a corrente. É bastante usado em instrumentos de medição de corrente e de potência.

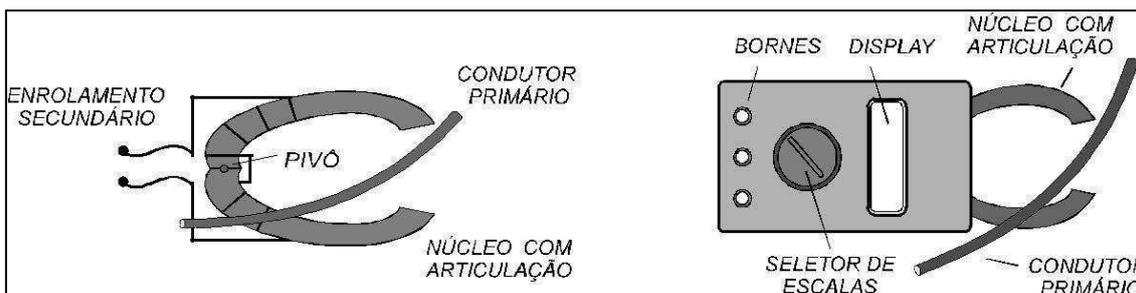


Figura 17. TC de núcleo dividido e utilização em instrumentos de medição[10].

2.2.2.3 TC'S DE MÉDIA E DE ALTA TENSÃO

Os TC's mostrados a seguir têm larga aplicação nas subestações de energia elétrica. A Fig. 18 ilustra um tipo muito usado, denominado TC tipo bucha, semelhante ao TC tipo janela (bucha é um elemento isolante destinado a permitir a passagem de um circuito de um ambiente para outro). Neste caso, o núcleo e os enrolamentos são montados na bucha de um transformador ou disjuntor, sendo o enrolamento primário constituído por uma única espira, que consiste no próprio condutor da linha. É fácil ver que tal característica construtiva proporciona economia.

A Fig. 19 ilustra outra diferente forma de TC, destinado à utilização em tensões mais elevadas.

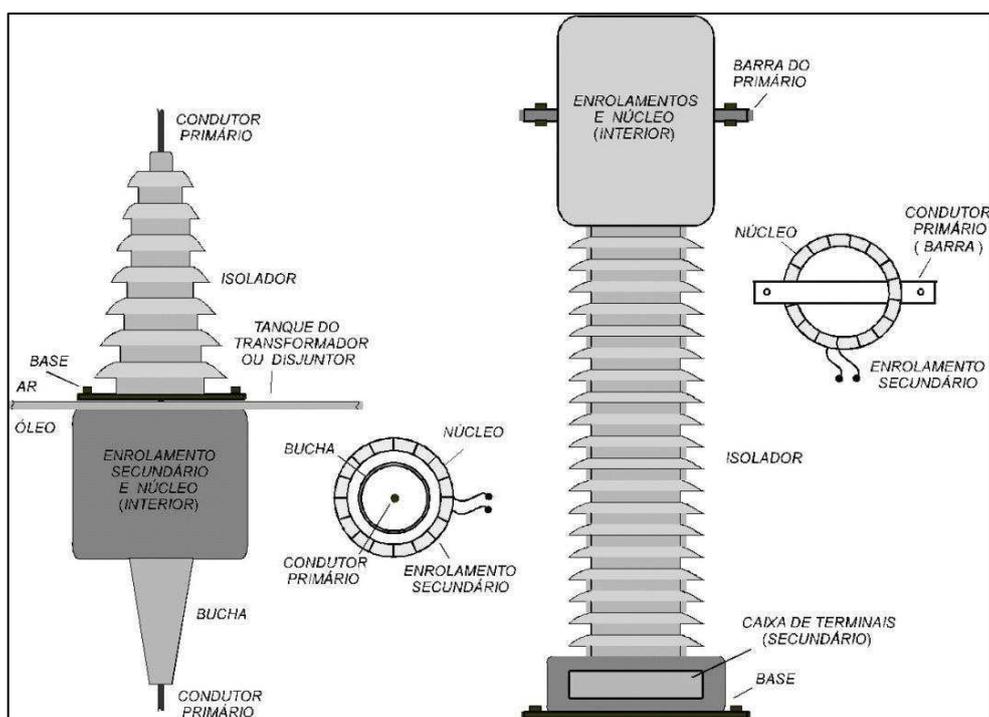


Figura 18. TC tipo bucha[10].

Figura 19. TC usado em sistemas de alta tensão[10].

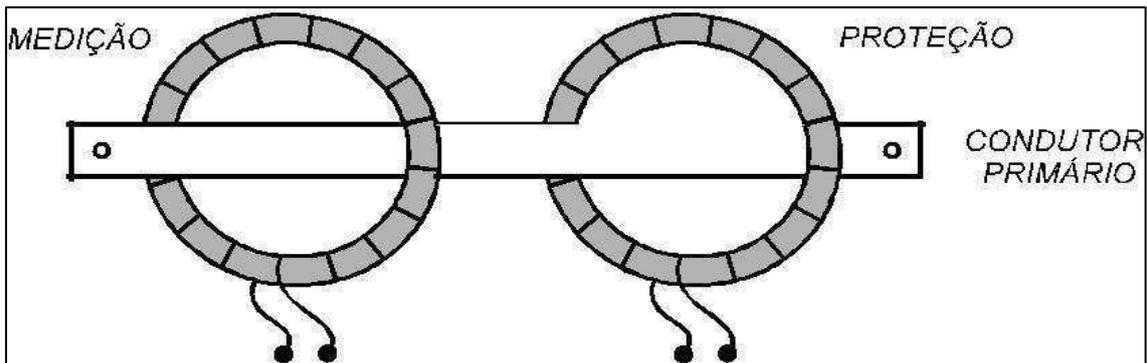


Figura 21. TC de vários núcleos[10].

2.2.2.6 TIPOS DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Os transformadores de corrente têm dois tipos principais de serviços: medição e proteção. Com isso, existem dois tipos principais de classificação.

- Transformador de Corrente para Medição

Utilizados para medição de correntes em alta tensão, possuem características de boa precisão (0,3% a 0,6% de erro de medição) e baixa corrente de saturação – 4 vezes a corrente nominal.

É um equipamento que necessita de uma alta precisão na transformação da corrente secundária, pois alimenta medidores, muitas vezes de faturamento.

- Transformador de Corrente para Proteção

Utilizados para suprir os equipamentos de proteção da subestação e também isolarem o circuito primário do secundário. Requerem uma característica linear até a tensão secundária que corresponda máxima corrente de defeito que circula na carga conectada.

Usados para proteção de circuitos de alta tensão, são caracterizados por não precisarem de alta precisão (10% a 20% de erro de medição) e pela elevada corrente de saturação, da ordem de 20 vezes a corrente nominal. A Fig. 22 abaixo mostra as curvas típicas de saturação dos transformadores de corrente de proteção e medição.

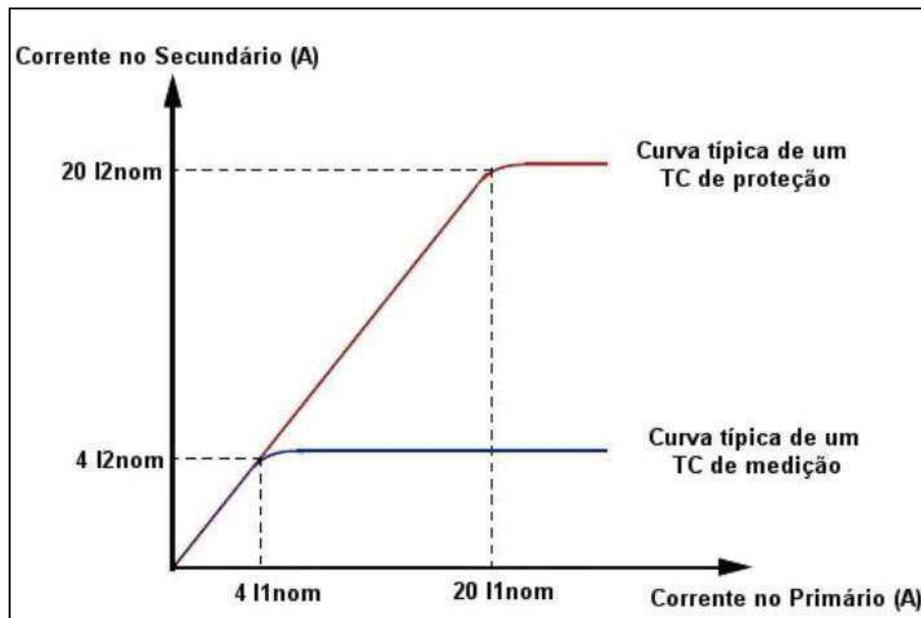


Figura 22. Curva da Corrente do Transformador[9].

2.2.2.7 CLASSES DE EXATIDÃO DOS TRANSFORMADORES DE CORRENTE

A classe de exatidão do transformador de corrente é dada pelo valor máximo do erro do transformador de corrente, em porcentagem, que pode ser causado pelo transformador de corrente aos equipamentos a ele conectados.

Tabela 1. Exatidão para transformadores de corrente.[12]

Transformador de Corrente		
Norma	Medição	Proteção
ANSI	0,3 - 0,6 - 1,2	10
ABNT	0,3 - 0,6 - 1,2 - 3,0	5 - 10

Para os transformadores de corrente para medição utiliza-se o conceito de carga nominal. Segundo a ABNT as cargas nominais são designadas pelo símbolo “C” seguido do número de volt-ampères correspondente à corrente secundária nominal.

Tabela 2. Valores de carga nominal e designações de transformadores de corrente para medição[12].

Designação		Resistência Ω	Indutância nH	Potência Aparente VA	Fator de Potência	Impedância Ω
ANSI	ABNT					
B-0,1	C2,5	0,09	0,116	2,5	0,90	0,1
B-0,2	C5,0	0,18	0,232	5,0	0,90	0,2
B-0,5	C12,5	0,45	0,580	12,5	0,90	0,5
B-1	C25	0,50	2,3	25	0,50	1,0
B-2	C50	1,0	4,6	50	0,50	2,0
B-4	C100	2,0	9,2	100	0,50	4,0
B-8	C200	4,0	18,4	200	0,50	8,0

Assim, no caso de um transformador de corrente de medição, para a especificação da classe de exatidão indica-se a exatidão seguida do símbolo de maior carga nominal com a qual se verifica esta exatidão (por exemplo, 0,3C100).

Para os transformadores de corrente para proteção, utiliza-se o conceito de classe (A ou B).

Tabela 3. Classes e designações de transformadores de corrente para proteção[12].

Características Nominais			Designação	
Impedância Secundária Interna	Potência Aparente VA	Tensão Secundária V	ANSI	ABNT
Alta (A)	2,5	10	T10	A10
	5,0	20	T20	A20
	12,5	50	T50	A50
	25	100	T100	A100
	20	200	T200	A200
	100	400	T400	A400
	200	800	T800	A800
Baixa (B)	2,5	10	C10	B10
	5,0	20	C20	B20
	12,5	50	C50	B50
	25	100	C100	B100
	20	200	C200	B200
	100	400	C400	B400
	200	800	C800	B800

Assim, no caso de um transformador de corrente de proteção, para a especificação da classe de exatidão, indica-se a exatidão seguida da classificação do transformador quanto à impedância interna e logo após a tensão secundária que aparece nos terminais do transformador de corrente (por exemplo, 10B200).

2.2.3 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Transformadores de potencial (TP's) são dispositivos projetados e construídos para alimentar instrumentos de medição, proteção ou controle em redes elétricas. Eles reduzem a tensão da rede a um valor adequado aos instrumentos, estabelecendo uma relação fixa entre os valores instantâneos correspondentes das ondas de tensão de saída e de entrada, com diferenças de fase mínimas possíveis entre elas. Também objetivam promover isolamento elétrica entre os instrumentos e o sistema de potência. Os TP's podem ser do tipo indutivo (TPI) ou capacitivo (TPC).



Figura 23. Transformador de Potencial Soltran - Subestação Seccionadora Jorge Prado Leite. (Fonte: Elaborada pelo autor)

2.2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Os transformadores de potencial podem ser classificados em três grupos, de acordo com a norma ABNT NBR 6546:1991:

- Grupo 1 – Transformadores projetados para ligação entre fases;
- Grupo 2 – Transformadores projetados para ligação ente fase e neutro de sistemas diretamente aterrados;
- Grupo 3 – Transformadores projetados para ligação entre fase e neutro de sistemas onde não se garanta a eficácia do aterramento.

2.2.3.2 TIPOS CONSTRUTIVOS DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Existem basicamente dois tipos construtivos de transformadores de potencial:

- Transformador de potencial indutivo – São semelhantes a um transformador de força, porém conectados a pequenas cargas;
- Transformador de potencial capacitivo – São constituídos basicamente de capacitores, cujas funções são de divisor de tensão capacitivo e de acoplar a comunicação via *carrier* (PLC) ao sistema de potência, associados a uma estrutura de um transformador de potencial indutivo.

Para tensões até 69 kV, há a predominância do uso dos transformadores de potencial indutivos. Entre as tensões de 69 kV e 138 kV, não há preferência de uso, sendo que em sistemas onde se utiliza o PLC (*Power Line Carrier*) é necessário se utilizar o transformador de potencial capacitivo. Acima de 138 kV, os transformadores de potencial capacitivos são predominantes.

2.2.3.3 RELAÇÕES NOMINAIS DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

A relação nominal é a relação entre a tensão primária nominal e a tensão secundária nominal. Apresentam-se na Tabela 14 os valores tabelados pela norma ABNT NBR 6855:2009.

Tabela 4. Relações nominais para transformadores de potencial[9].

Ligação entre fases		Ligação entre fase e terra			
Tensão Primária Nominal (V)	Relação Nominal	Tensão Primária Nominal (V)	Relação Nominal		
			Tensão Secundária Nominal (V)		
			115/3	115/√3	115
115	1:1	-	-	-	-
230	2:1	-	-	-	-
402,5	3,5:1	-	-	-	-
460	4:1	-	-	-	-
2.300	20:1	2.300/√3	36:1	20:1	12:1
3.450	30:1	3.450/√3	52,5:1	30:1	17,5:1
4.025	35:1	4.025/√3	60:1	35:1	20:1
4.600	40:1	4.600/√3	72:1	40:1	24:1
6.900	60:1	6.900/√3	105:1	60:1	35:1
8.050	70:1	8.050/√3	120:1	70:1	40:1
11.500	100:1	11.500/√3	180:1	100:1	60:1
13.800	120:1	13.800/√3	210:1	120:1	70:1
23.000	200:1	23.000/√3	360:1	200:1	120:1
34.500	300:1	34.500/√3	525:1	300:1	175:1
46.000	400:1	46.000/√3	720:1	400:1	240:1
69.000	600:1	69.000/√3	1050:1	600:1	350:1
-	-	138.000/√3	2100:1	1.200:1	700:1
-	-	230.000/√3	3600:1	2.000:1	1.200:1
-	-	345.000/√3	-	3.000:1	1.800:1
-	-	440.000/√3	-	4.000:1	2.300:1
-	-	500.000/√3	-	4.500:1	2.500:1
-	-	525.000/√3	-	4.500:1	2.600:1
-	-	765.000/√3	-	6.600:1	3.800:1

2.2.3.4 CLASSES DE EXATIDÃO DOS TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

O processo de especificação da classe de exatidão dos transformadores de potencial é análogo ao dos transformadores de corrente.

Tabela 5. Exatidão para transformadores de potencial[12].

Transformador de Potencial	
Norma	Proteção e Medição
ANSI	0,3 - 0,6 - 1,2

No caso de um transformador de potencial, para a especificação da classe de exatidão, indica-se a exatidão seguida do símbolo de maior carga nominal com a qual se verifica esta exatidão (indicado pelo símbolo “P” pela norma ABNT). Pode-se observar os valores das cargas nominais na Tabela 6.

Tabela 6. Valores de carga nominal e designações de transformadores de potencial[16].

Designação ABNT	Resistência Ω	Indutância mH	Potência Aparente VA	Cos ϕ	Impedância Ω
P12,5	115,2	3042	12,5	0,10	1152
P25	403,2	1092	25	0,70	576
P35	82,2	1095	35	0,20	411
P75	163,2	268	75	0,85	192
P100	115,2	229	100	0,85	144
P200	61,2	101	200	0,85	72
P400	30,6	50,4	400	0,85	36

2.2.4 CHAVES

As chaves, no sistema elétrico, podem desempenhar diversas funções. Em geral são usadas para o seccionamento de circuitos por necessidade operativa, ou seccionamento do sistema por necessidade de isolar componentes, visando à realização da manutenção dos mesmos. Via de regra, as chaves somente podem operar quando estão desenergizadas (através da abertura dos disjuntores), ou seja, quando a diferença de potencial entre os seus terminais for o menor possível, evitando assim que se ocorra danos à chave.

Um efeito importante para as chaves é o chamado Efeito Corona. No Efeito Corona, uma descarga é formada pela emissão de elétrons por eletrodos de alta tensão, no qual se chocam com os átomos do dielétrico em torno do eletrodo, provocando a liberação de novos elétrons, num processo chamado de Avalanche de Townsend. Este efeito ocorre em superfícies pontudas ou irregulares, onde ocorre uma concentração de campo elétrico, grande o suficiente para ionizar o meio isolante no qual a superfície está imersa, tornando o meio condutivo.

Este efeito traz alguns problemas ao sistema como a geração de ruídos audíveis e de radiofrequência, perda de energia, danificação de isolamentos, como também a produção de ozônio, sendo necessário reduzir a sua ocorrência.

Para evitar este efeito são instalados anéis metálicos no entorno dos contatos das chaves de alta a ultra-alta tensão, a fim de se homogeneizar o campo elétrico heterogêneo

e concentrado no seu entorno, causado pela própria forma construtiva das chaves (contatos, parafusos, soldas).



Figura 24. Chave seccionadora Delmar - Subestação Seccionadora Jorge Prado Leite. (Fonte: Elaborada pelo autor)

2.2.4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS CHAVES

As chaves podem ser classificadas de acordo com diversos fatores. Quando classificadas de acordo com a função que desempenham dentro da subestação, são divididas em:

- Chaves seccionadoras – São utilizadas para contornar (*by-pass*) ou isolar equipamentos das subestações, como disjuntores, capacitores série, dentre outros, a fim de se realizar a manutenção destes equipamentos. Ainda, são utilizadas para se realizar as manobras de transferência entre barramentos de uma subestação (principal, secundário, transferência, dentre outros);

- Chaves de terra – São utilizadas para aterrar os equipamentos do sistema que estão em manutenção, ou para aterrar linhas de transmissão, barramentos, ou bancos de capacitores em derivação;
- Chaves de aterramento rápido – Estas chaves possuem um tempo de fechamento extremamente rápido e possuem várias aplicações, como:
 - Aterrar componentes energizados, provocando uma falta intencional na rede, a fim de solicitar os esquemas de proteção;
 - Aterrar componentes energizados no caso de defeitos em reatores não manobráveis ligados à linha de transmissão sem sistemas de proteção com transferência de disparo;
 - Aterrar componentes energizados no caso de linhas de transmissão terminadas por transformador sem disjuntor no outro lado da linha;
 - Proteção dos geradores contra sobretensão e auto-excitação.

Também, pode-se classificar as chaves seccionadoras de acordo com o tipo de acionamento das suas lâminas.

- **Acionamento manual** – O acionamento manual pode ser feito com ou sem o auxílio de redutores;
- **Acionamento motorizado** – O acionamento motorizado pode ser feito através de motores elétricos, acionadores hidráulicos, pneumáticos ou outros tipos de acionamento.

2.2.4.2 TIPOS CONSTRUTIVOS DAS CHAVES

Existem diversos tipos construtivos para a abertura e o fechamento das chaves, sendo eles: chave de abertura lateral; chave de abertura vertical; chave de abertura vertical reversa; chave de abertura dupla lateral; chave de abertura central; chave de abertura semi-pantográfica horizontal; chave de abertura semi-pantográfica vertical; chave de abertura semi-pantográfica horizontal e vertical; chave de abertura pantográfica.

Na Fig. 25, pode-se observar um esquema construtivo dos tipos de chaves.

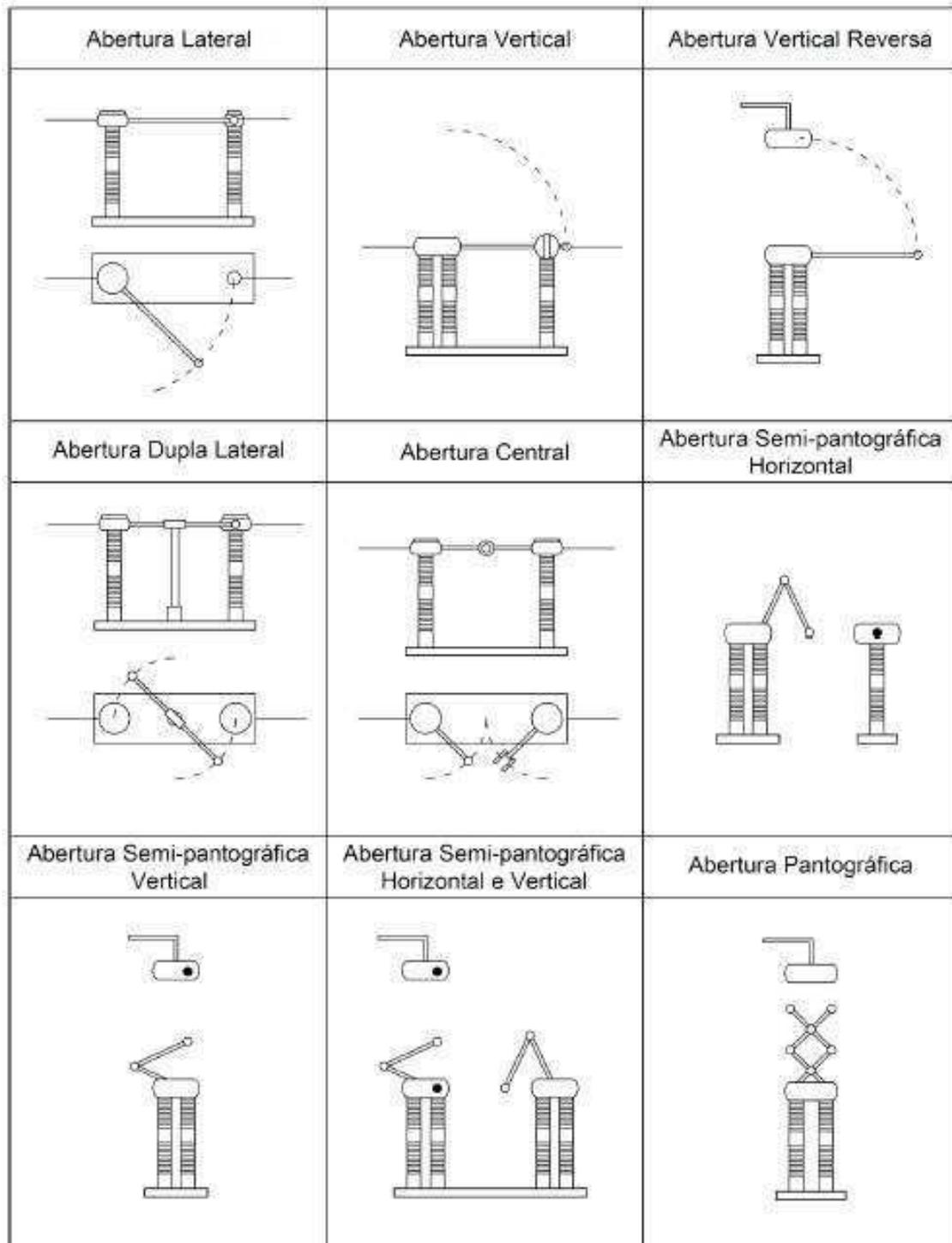


Figura 24. Esquema construtivo dos tipos de chaves[9].

2.2.4.3 ACESSÓRIOS DAS CHAVES

Existem inúmeros acessórios para as chaves. A escolha destes deve ser feita em relação à função e características da chave no sistema. Entre os acessórios, pode-se citar:

- Lâmina de terra;
- Motorização para o acionamento das lâminas da chave;
- Dispositivos de intertravamento entre as lâminas principais e as lâminas de terra;
- Indicadores de posição das lâminas;
- Dispositivos de extinção de arco elétrico;
- Contatos de sacrifício;
- Anéis redutores de Efeito Corona.

2.2.5 PÁRA-RAIOS

O pára-raios é um equipamento de proteção que tem por finalidade limitar os valores dos surtos de tensão transiente que, de outra forma, poderiam causar sérios danos aos equipamentos elétricos.

Para um dado valor de sobretensão, o pára-raios, que antes funcionava como isolador, passa a ser condutor e descarrega parte da corrente, reduzindo a crista da onda a um valor que depende das características desse equipamento.

A tensão máxima, à frequência nominal do sistema a que o pára-raios poderá ser submetida, sem que se processe a descarga da corrente elétrica através do mesmo, é denominada de tensão disruptiva à frequência nominal.

2.2.5.1 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS PÁRA-RAIOS

- Pára-Raios com Gap e Resistor Não Linear

Estes pára-raios constituem-se basicamente de um *gap* em série com um resistor não linear, colocados no interior de um invólucro de porcelana.

O *gap* é o elemento que separa eletricamente a rede dos resistores não lineares. Constitui-se de um conjunto de *subgaps* cuja finalidade é a de fracionar o arco em um número de pedaços, a fim de poder exercer um melhor controle sobre ele, no momento de sua formação, durante o processo e na sua extinção.

Nos pára-raios convencionais o resistor não linear é fabricado basicamente com o carbonato de silício. Com este material pode-se observar que, por ocasião de tensões baixas tem-se uma resistência elevada e, com tensões elevadas, uma resistência baixa.

- Pára-Raios de Óxido de Zinco

Os pára-raios de óxido de zinco constituem-se basicamente do elemento não linear colocado no interior de um corpo de porcelana. Neste pára-raios não são necessário os *gaps* em série, devido às excelentes características não lineares do zinco.

Os pára-raios de óxido de zinco apresentam vantagens sobre os demais convencionais entre as quais podem ser citadas:

- Inexistência de *gaps*, que estão sujeitos a variações na tensão de descarga de um pára-raios que não esteja adequadamente selado, além de que um número elevado de componentes no *gap* aumenta a possibilidade de falhas.
- Pára-raios convencionais absorvem uma quantidade maior de energia do que o pára-raios de óxido de zinco, o que permite a este último uma absorção durante um maior número de ciclos.

2.2.6 EQUIPAMENTOS AUXILIARES

Além dos equipamentos utilizados para a condução, transformação, manobra e monitoramento da energia, é comum o uso de equipamentos auxiliares, que executarão funções secundárias, mas que são essenciais para o perfeito funcionamento da subestação.

Em geral, estas funções envolvem o fornecimento de corrente alternada ou contínua em regime normal de funcionamento ou em momentos de falta de energia no

sistema, para operação e manutenção de algumas das funções essenciais da subestação. Estes equipamentos são de grande importância para a confiabilidade do sistema.

Dentre estes equipamentos, pode-se citar os transformadores, painéis de distribuição, bancos de baterias, bancos de inversores e retificadores e outros equipamentos de suporte.

2.2.6.1 O SISTEMA DE SERVIÇOS AUXILIARES

O conjunto dos equipamentos auxiliares é chamado de Sistema de Serviços Auxiliares (SSA). Este sistema pode ser dividido em Serviços Auxiliares em Corrente Contínua (SACC) e em Serviços Auxiliares em Corrente Alternada (SACA), os quais geralmente são instalados na Casa de Comando, com exceção de alguns equipamentos, que podem ser instalados ao tempo.

Devido à sua importância, o SSA deve ser confiável, mas deve-se entender que a confiabilidade do SSA não está relacionada somente com sistemas redundantes de fontes e equipamentos, mas também da qualidade dos equipamentos empregados, bem como um projeto sólido e consistente do sistema.

2.2.6.1.1 SERVIÇOS AUXILIARES EM CORRENTE ALTERNADA

Os Serviços Auxiliares em Corrente Alternada são responsáveis por suprir energia às cargas de corrente alternada, como motores, iluminação, tomadas, conversores CA/CC. O projeto deste sistema é difícil de ser padronizado, já que depende do número e potência das cargas, do número e potência das fontes, dos níveis de tensão, dentre outros fatores.

Em alguns casos são utilizados sistemas de transferência automática das fontes, a fim de se melhorar a disponibilidade de energia e aumentar a confiabilidade do sistema. Vale salientar que estes sistemas podem representar uma adição de custos considerável, sendo que a sua aplicação deve ser analisada cuidadosamente.

Em geral são empregados sistemas com tensão de 127/220 Vca e/ou 220/380 Vca.

2.2.6.1.2 SERVIÇOS AUXILIARES EM CORRENTE CONTÍNUA

Os Serviços Auxiliares em Corrente Contínua são responsáveis por fornecer energia aos circuitos de proteção, controle e comando, e também aos sistemas de segurança da subestação, ou seja, sistemas que devem ser alimentados permanentemente e com alto grau de confiabilidade.

Assim como no SACA, o SACC é de difícil padronização, dependendo de diversos fatores, como número e potência da cargas, do número e potência das fontes, dos níveis de tensão, dentre outros fatores.

As tensões contínuas são fornecidas por bancos de baterias com os respectivos carregadores, de maneira que as tensões mais utilizadas para o SACC são de 48 Vcc para subestações que possuem cargas de telecomunicações, telemedição ou teleproteção ou de 125 Vcc, sendo esta última a mais usual. Via de regra não se utiliza tensões acima de 125 Vcc por razões de segurança.

2.2.6.2 BANCOS DE BATERIAS

Os bancos de baterias são os acumuladores de energia utilizados nas subestações. Os bancos são formados por células de baterias ligadas em série/paralelo de modo a se alcançar as tensões e capacidades de corrente necessárias aos bancos de baterias.

Os tipos de baterias mais utilizadas são as chumbo-ácidas seladas ou ventiladas, as de níquel-cádmio e as de íon-lítio. Pode-se utilizar ainda as baterias tipo alcalinas, porém estas estão saindo de uso devido ao seu baixo desempenho em relação aos outros tipos de baterias.

A característica mais importante dos bancos de baterias é a sua capacidade de fornecer corrente. Esta capacidade é medida através de uma descarga de corrente constante, até que a tensão dos bancos caia a valor pré-determinado (tensão final de descarga). Deste modo a capacidade do banco é definida pelo produto desta corrente pelo tempo que os bancos mantêm a tensão acima da tensão final de descarga.

2.2.6.3 BANCOS DE RETIFICADORES

Os retificadores de corrente são responsáveis pelo carregamento das baterias e são dimensionados para manter as baterias em regime de flutuação e para fornecer a corrente necessária para a alimentação do quadro de serviços auxiliarem em corrente contínua.

A tensão de flutuação se refere à tensão que os retificadores devem manter sobre as baterias, de maneira que estas se mantenham carregadas sem fornecer corrente às cargas e somente os retificadores alimentem as cargas.

A operação de flutuação é realizada automaticamente em condições normais de operação, enquanto que a operação de carga das baterias pode ser feita automaticamente (através de um sistema que detecta variação na corrente que passa pelo sistema) ou manualmente, através da ação de um operador. Uma maneira menos usual é a de comando remoto, onde, através de um telecomando, a carga é acionada manualmente.

Ao se projetar o sistema de retificadores deve-se ter em mente que o tempo de vida útil das baterias está intimamente ligado ao projeto do carregador, muito mais do que fatores externos.

2.2.6.4 TRANSFORMADORES DE SERVIÇOS AUXILIARES

Os Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA) são os transformadores responsáveis pela alimentação do sistema de Serviços Auxiliares em Corrente Alternada. São em geral transformadores trifásicos de pequeno porte que transformam médias tensões em tensões de 127/220 Vca ou 220/380 Vca.

Podem ser instalados ao tempo ou abrigados e seu enrolamento primário pode estar ligado tanto ao enrolamento terciário do transformador de potência quanto ao barramento de média tensão da subestação.

2.2.6.5 PAINÉIS AUXILIARES

Os painéis de serviços auxiliares são os equipamentos responsáveis por fazer a distribuição e proteção dos circuitos em CA e CC para a alimentação dos equipamentos e funções secundárias da subestação. São separados em Painel de Serviços Auxiliares CA (PSACA) e Painel de Serviços Auxiliares CC (PSACC) e podem ser construídos em um mesmo cubículo (isolados um do outro) ou em cubículos separados, dependendo da dimensão dos circuitos de cada um.

Compreendem ainda os painéis de iluminação, quando para esta finalidade é utilizado um painel à parte.

2.2.6.5.1 PAINÉIS DE SERVIÇOS EM CORRENTE ALTERNADA

Os PSACA's são destinados a alimentar cargas, como:

- Sistema de refrigeração dos transformadores de força, bombas de óleo e comutadores em carga;
- Motores e bombas de ar CA de disjuntores;
- Aquecedores e ar-condicionado;
- Iluminação;
- Banco de retificadores para carregamento das baterias;
- Outras cargas de alimentação alternada.

Então, para projetar o PSACA, é necessário:

- Prever circuitos independentes para cada fonte;
- Prever circuitos independentes para cada carga;
- Dimensionar os disjuntores de proteção de cada circuito;
- Prever chaves seccionadoras em carga (ao invés de disjuntores) para circuitos que exigirem grande número de operações;
- Prever medições de corrente e tensão no barramento principal;
- Prever circuitos para ampliação futura.

2.2.6.5.2 PAINÉIS DE SERVIÇOS EM CORRENTE CONTÍNUA

Os PSACC's alimentam cargas como:

- Relés, Sistema Supervisório, alarmes e equipamentos de controle;
- Iluminação de emergência;
- Motores e bombas de ar CC de disjuntores;
- Outras cargas de alimentação contínua.

3 A SUBESTAÇÃO SECCIONADORA

ENGENHEIRO JORGE PRADO LEITE

3.1 SULGIPE: EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe) tem sua origem no setor de energia elétrica a partir do desdobramento da atividade têxtil da Companhia Industrial de Estância S/A (CIESA). Desde 1938, devidamente autorizada pelo Governo Federal, construiu uma barragem e passou a fazer, através de duas turbinas, o aproveitamento hidráulico dos rios Piauí e Piauitinga, para seu próprio uso industrial e para sua Vila Operária.

A partir de 1952, as suas atividades no setor energético tiveram o seguinte desdobramento:

- **1952** – obteve-se, pelo despacho contido no Processo n.º DAG 1.598/1952, autorização para construção de nova barragem;
- **1955** – o Decreto n.º 37.837, de 31.08.1955, deu concessão para produção, transmissão e distribuição de energia elétrica para o município de Estância, diretamente ou através de empresa que a organizasse;
- **1956** – em 24 de janeiro ocorreu a assinatura do primeiro contrato de suprimento de energia da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf) com a Companhia Industrial da Estância S/A (CIESA);
- **1958** – através do Decreto n.º 45.045, de 11.12.1958, a Companhia Industrial da Estância S/A obteve novas concessões para distribuir energia elétrica, estendendo suas atividades aos municípios de Arauá, Pedrinhas, Boquim e Riachão do Dantas. Ainda nesse ano, através do Decreto n.º 45.105, de 23.12.1958, foi criada a Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe), fato já previsto no Decreto n.º 37.837, de 31.08.1955, que a autorizara a funcionar como empresa de energia elétrica. Cumpre salientar que 98% do

capital social da Sulgipe continuam pertencendo à Companhia Industrial de Estância S/A (CIESA);

- **1959** – por despacho ministerial de 24.02.1959, foi feita a averbação da transferência da concessão referente ao município de Estância para a Sulgipe, recém-fundada. No mesmo ano, pelo Decreto n.º 46.837, de 15.09.1959, foram transferidas para a SULGIPE as concessões contidas no Decreto n.º 45.045, de 11.12.1958; pelo Decreto n.º 47.238, de 16.11.1959, foi ampliada a área de atuação da SULGIPE através da concessão para o município de Itabaianinha;
- **1960** - pelo Decreto n.º 48.825, de 12.08.1960, novamente sua área de concessão foi aumentada, agora pela inclusão do município de Indiaroba;
- **1962** – pelo Decreto n.º 563, de 02.02.1962, foi-lhe outorgada concessão para os municípios de Tomar do Geru e de Rio Real (BA);
- **1963** – pelo Decreto n.º 51.781, de 04.03.1963, passava a ter concessão do município de Tobias Barreto;
- **1965** – pelo Decreto n.º 56.647, de 05.08.1965, prosseguiu-se em sua coordenada ampliação, agora incluindo o município de Cristinápolis;
- **1966** – pelo Decreto n.º 58.617, de 14.06.1966, o município de Umbaúba passou a ser servido de energia elétrica pela Sulgipe e também, no mesmo ano, pelo Decreto n.º 58.646, de 16.06.1966, o município de Jandaíra (BA) foi incluído na área de concessão;
- **1971** – transferência para Sulgipe, pelo Decreto n.º 68.323, de 09.03.1971, das instalações hidráulicas da Cia. Industrial de Estância S/A e concessão à Sulgipe para produzir, transmitir e distribuir a energia elétrica gerada nas mesmas.

3.2 SULGIPE X ENERGISA

Este capítulo contém informações importantes sobre os motivos ensejadores para a construção da Subestação Seccionadora Engenheiro Jorge Prado Leite, ocasionado pelo conflito de interesses existente entre as concessionárias de distribuição de energia elétrica que desenvolvem suas atividades no estado de Sergipe – Sulgipe e Energisa. Para a Sulgipe, o conflito vai além do interesse econômico. A Subestação Seccionadora Eng.º Jorge Prado Leite tem por objetivo a melhoria na rede de distribuição, visando aumentar a confiabilidade e a continuidade dos atendimentos, tendo ainda a função de fechar em anel a sua rede de distribuição.

Suas atividades na comercialização de energia elétrica tiveram início em 1952, a partir da autorização para construção de uma nova barragem. Em 1955, conseguiu concessão para produzir, transmitir e distribuir energia elétrica para o município de Estância, diretamente ou através de empresa que organizasse.

Em 1959, com a criação da Empresa Energética de Sergipe S/A (Energipe), esta absorveu da Chesf o sistema de sub-transmissão, abrangendo as linhas de transmissão e as subestações em 69 kV.

Em 1997, a Energipe foi privatizada. A Sulgipe continuou operando no estado na mesma área, ou seja, Região Centro-Sul, numa abrangência de 14 (quatorze) municípios, sendo que 2 (dois) destes pertencentes ao estado da Bahia.

Numa situação atípica, Sergipe passou a ter 2 (duas) empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica. O conflito de interesse entre ambas se dá por conta de que, após a privatização da Energipe, ficaram na área de concessão da Sulgipe 2 (duas) linhas de transmissão LT 02C8 e LT 02V1 em 69 kV e uma subestação abaixadora 69 kV/13.8 kV (subestação Estância) de propriedade e operada pela Energisa.

Em 2013, a Energisa/SE solicita a Sulgipe a transferência de toda a sua carga para o Regional Itabaianinha da Chesf, objetivando a suspensão da comercialização de energia entre ambas as concessionárias, motivo pelo qual a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) foi provocada para dirimir o conflito.

Por conta desta situação, em 2013, a Sulgipe comprou da Energisa a Subestação Estância e os trechos das linhas de transmissão LT 02C8 e LT 02V1 em 69 kV, localizadas em sua área de concessão. Convém ainda informar que, até 2014, a energia que abastecia o município de Estância e seu parque industrial era comprada à Energisa/SE.

Esse conflito de interesse gerou para a Sulgipe a necessidade da construção da Subestação Seccionadora Eng.º Jorge Prado Leite, pois o maior centro de consumo da Sulgipe se concentra no município de Estância/SE, que além de possuir um significativo núcleo populacional abriga um dos maiores parque industrial do estado, tendo aí instalado indústrias de grande porte, como a Cervejaria Águas Claras (Ambev), Indústria Vidreira do Nordeste (IVN), Companhia Industrial Têxtil – Tecidos Constâncio Vieira, Arumã Produtora de Embalagens – integrante do grupo Crown, todas consumidoras conectadas no barramento de 69 kV, sendo relevante informar o fato de que até hoje as indústrias conectadas às linhas 02C8 e 02V1 são alimentadas por energia comprada pela Sulgipe à Energisa.

A seguir, para uma melhor visualização, será apresentado o diagrama referente à proposta sugerida pela Energisa para que a Sulgipe implementasse em seu sistema. A figura A (Fig. 26) demonstra a situação atual do sistema Sulgipe (junho/2014), já a figura B (Fig. 27) a proposta que a Energisa julga mais conveniente para o sistema da Sulgipe (a partir de 2015).

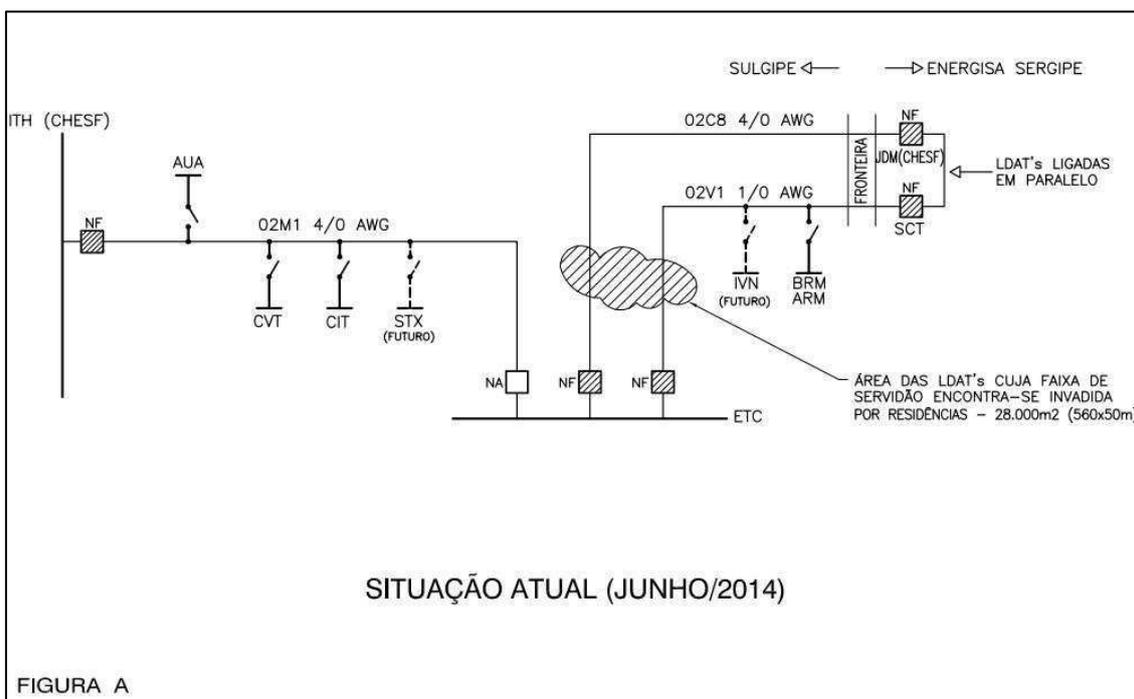


Figura 26. Situação do sistema Sulgipe em 2014[14].

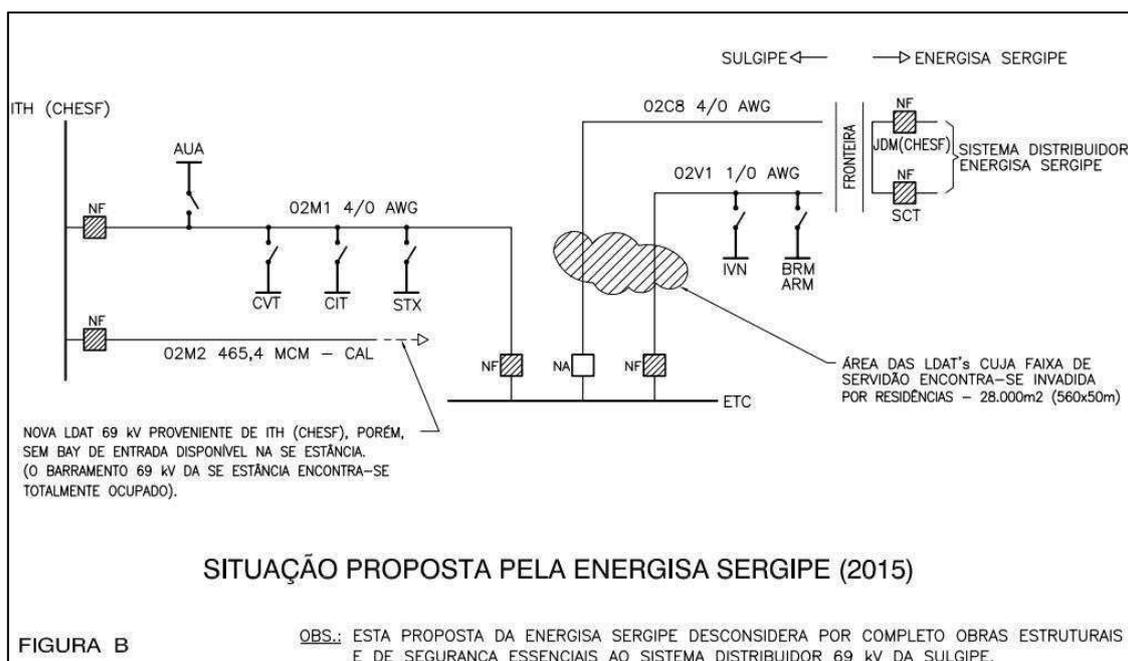


Figura 27. Situação do sistema Sulgipe em 2015 proposta pela Energisa/SE[14].

A Sulgipe, impossibilitada de atender à solicitação da Energisa, imediatamente e estrategicamente, apresentou e propôs a Aneel plano de ação objetivando transferir toda a sua carga para a Regional de Itabaianinha, com prazo de implementação até o ano de 2018, adotando as ações abaixo transcritas:

- Construção da LDAT 69 kV 02M2 – trecho compreendido entre a Subestação Itabaianinha da Chesf e a futura Subestação Seccionadora 69 kV no município de Estância – 30,4 km em cabo alumínio-liga 465.4 MCM. Esta obra encontra-se com o projeto concluído, todo o material já adquirido e em fase de construção. Será concluído em 2015;
- Implementação de uma cabana de medição de faturamento no interior da Subestação Itabaianinha, por exigência da Chesf, de modo a seguir a mesma padronização de suas instalações e não a compartilhar com a distribuidora acessante (Sulgipe). Esta obra encontra-se com o seu projeto concluído, equipamentos e materiais adquiridos e já em fase de construção, sendo prevista sua conclusão até o próximo ano de 2015;
- Construção de uma Subestação Seccionadora 69 kV no município de Estância. Esta instalação terá a função de chaveamento e de manobras entre as linhas 69 kV 02M1, 02M2, 02V1, 02C8 e futura saída para o complexo fabril têxtil

situado em Estância. Além disto, e principalmente, a SE – Estância 69/13,8 kV, recentemente transferida da Energisa Sergipe para a Sulgipe (março/2013), não possui *bay* de entrada de linha 69 kV disponível para a entrada da linha forte 02M2 citada acima. Esta conexão é condição essencial para o pleno atendimento com qualidade às cargas hoje supridas pela Regional Jardim. Objetivando aumentar os níveis de segurança, continuidade e confiabilidade, está-se a projetar para que esta subestação seccionadora seja provida de barramentos principal e transferência, prevendo-se a instalação de seis *bays* de entrada de linha de 69 kV com disjunção;

- d) Remanejamento de aproximadamente 1,7 km das LDATs 69 kV 02V1 (São Cristóvão/Estância) e 02C8 (Jardim/Estância) objetivando a retirada das mesmas do atual caminhamento, principalmente no trecho de sua chegada na subestação no município de Estância. A faixa de servidão de 50 metros atual encontra-se invadida há muito tempo por residências construídas compreendendo uma extensão de aproximadamente 560 metros até adentrar na SE – Estância. Quando da transferência destes ativos da Energisa Sergipe para a Sulgipe, esta questionou a primeira sobre a situação das invasões, porém a Energisa Sergipe informou que não há processo judicial sobre o fato, apenas algumas notificações extrajudiciais aos invasores, e, mesmo assim, não foi repassada a citada documentação referente. Importante salientar que parte dessas LDATs 69 kV (trecho da fronteira entre os municípios Itaporanga d'Ajuda e Estância até chegar na SE SED Estância) foram transferidas da Energisa Sergipe para a Sulgipe em março de 2013, juntamente com a SE – Estância;

Importantíssimo ressaltar a relevância deste trabalho diante das condições inseguras que hoje se apresentam, estando as linhas de 69 kV energizadas e com carga sobre quintais, varandas e telhados de residências de um extenso núcleo urbano que invadiu a faixa de servidão há mais de 20 (vinte) anos.

- e) Recondutoramento de 21 km da LDAT 02V1 para cabo alumínio-liga 155.4 MCM, diante da conjuntura atual que se apresenta esta linha, em operação desde o ano de 1956, cuja situação física é bastante precária e de conhecimento de todos (vide relato da própria Energisa Sergipe na ata de reunião do dia

01/08/2013). Esta obra exigirá grande esforço por parte da Sulgipe, tanto relativo ao planejamento adequado da obra, porquanto a linha encontra-se em operação, quanto ao aporte financeiro necessário para esta finalidade.

- f) Construção de uma Seccionadora 69 kV próxima à fronteira entre os municípios de Estância e de Itaporanga d'Ajuda, que possibilitará a interligação entre as LDATs 69 kV 02V1 e 02C8, obra esta motivada para manter a possibilidade de paralelismo entre as citadas linhas, as quais, hoje, operam nesta condição.

Para uma melhor visualização, serão apresentados a seguir os diagramas demonstrando o reforço e ampliação do sistema 69 kV planejado pela Sulgipe, nas fases de implementação do plano de ação acima descrito. (Figs. 28, 29 e 30)

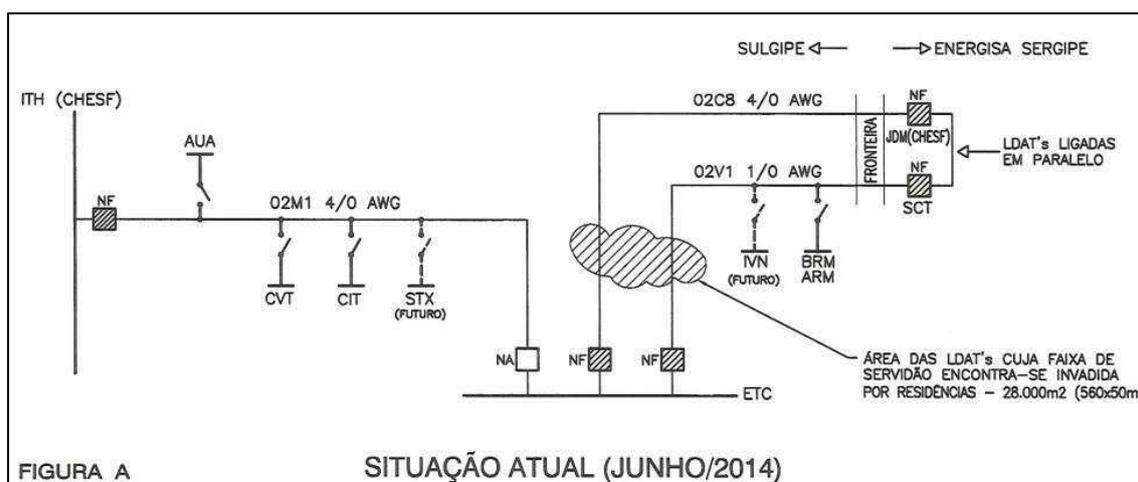


Figura 28. Situação atual do sistema Sulgipe (Junho/2014)[14].

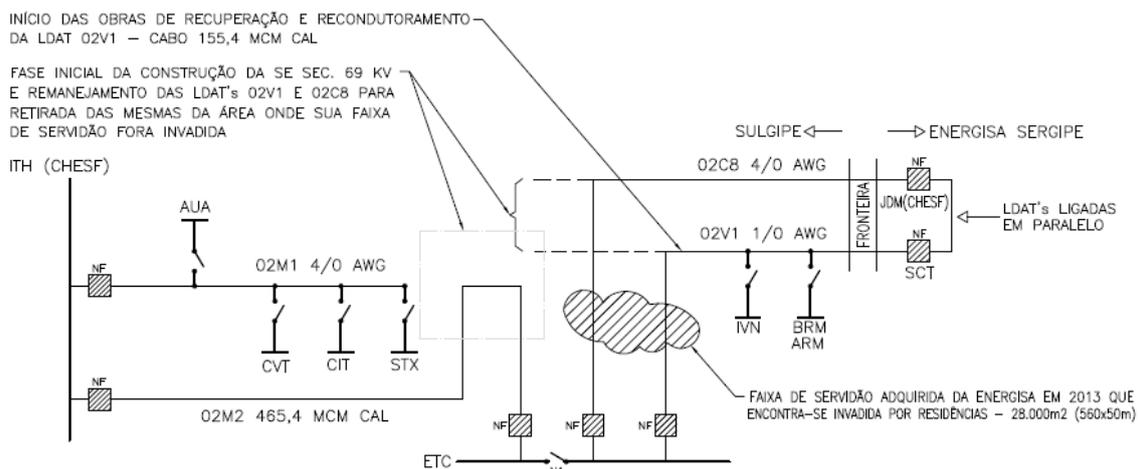


FIGURA B FASE INICIAL DA AMPLIAÇÃO E REFORÇO (EM 2015)

Figura 29. Situação do sistema Sulgipe em 2015[14].

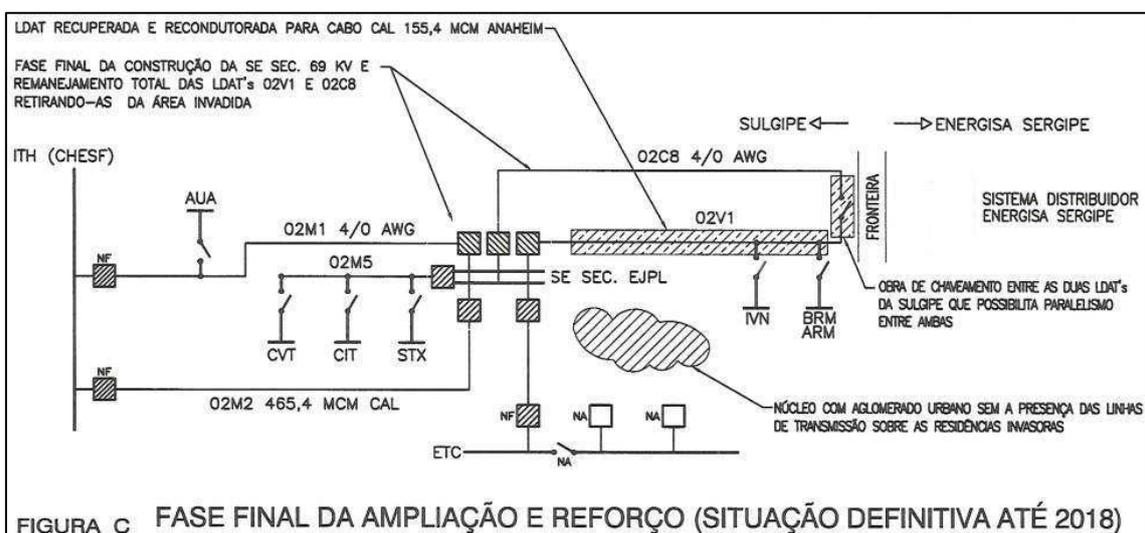


FIGURA C FASE FINAL DA AMPLIAÇÃO E REFORÇO (SITUAÇÃO DEFINITIVA ATÉ 2018)

Figura 30. Situação do sistema Sulgipe na fase final da ampliação e reforço em 2018[14].

3.3 DA NECESSIDADE DA NOVA SUBESTAÇÃO ENG.º JORGE PRADO LEITE

A nova Subestação Eng.º Jorge Prado Leite é parte do Plano de Reforço e Ampliação Sistema 69 kV da Sulgipe e terá a função de realizar interligação entre os Regionais da Chesf Jardim e Itabaianinha, em um único barramento através das entradas e saídas de linhas de transmissão em 69 kV, aumentando a confiabilidade e a continuidade dos atendimentos em função desta instalação ser ligada em esquema de “anel”, isto é, o suprimento é realizado a partir de várias fontes interligadas entre si, de modo a viabilizar

a continuidade do suprimento mesmo quando há desligamento de alguma(s) linha(s) de transmissão.

3.4 LOCALIZAÇÃO

A Subestação Eng.º Jorge Prado Leite está localizada na cidade de Estância/SE, ocupando uma área de 12.195,26 m², de acordo com a planta baixa anexada a este trabalho.

3.5 EQUIPAMENTOS INSTALADOS QUE COMPÕEM A SUBESTAÇÃO ENG.º JORGE PRADO LEITE

1 (um) disjuntor tripolar a gás SF₆, 3 (três) chaves seccionadoras tripolares para manobras, 3 (três) transformadores de corrente monopolares, 3 (três) transformadores de potencial monopolares, 3 (três) pára-raios monopolares, sistema completo e integrado de controle, medição, comando e proteção.

3.5.1 EQUIPAMENTOS EM CADA ENTRADA OU SAÍDA DE LINHA

3.5.1.1 DISJUNTOR 3AP1 FG – SIEMENS

Merece registrar que as informações aqui contidas foram retiradas do “Manual de Instruções de operação Disjuntor 3AP1 FG”, da Siemens.

O disjuntor 3AP1 FG é um modelo tripolar, do tipo auto-compressão, desenvolvido para o uso exterior, utilizando o gás SF₆ como meio extintor e isolante.

Tem como mecanismo de acionamento a mola comum para as três fases, sendo, portanto, apropriado para manobras tripolares rápidas.

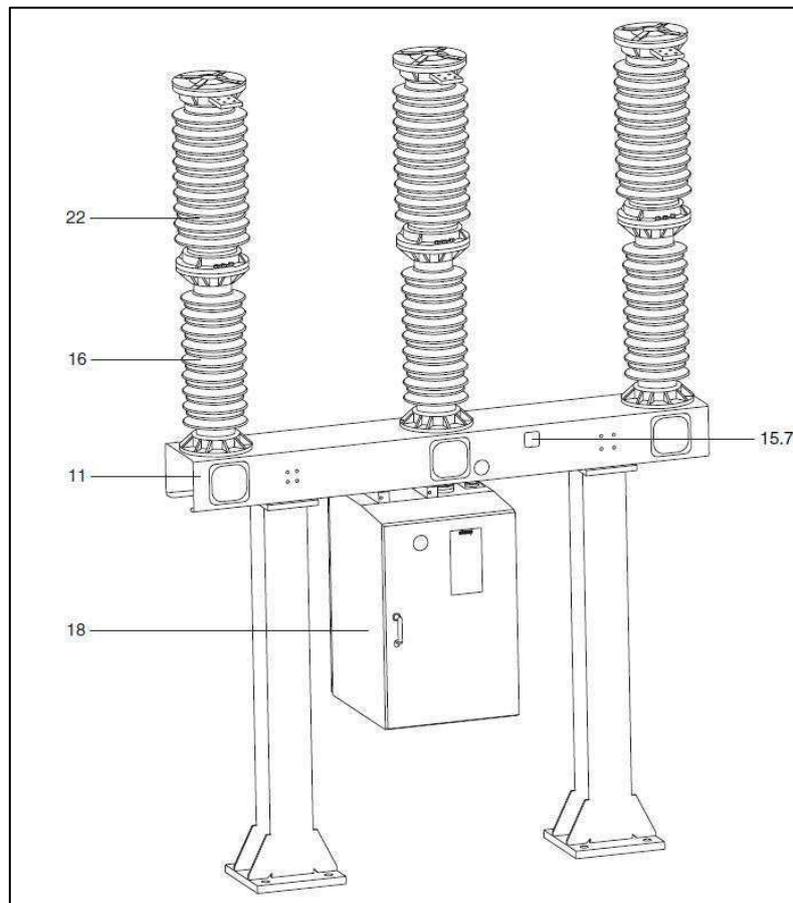


Figura 31. Disjuntor 3AP1 FG[15].

Legenda: 11 Base suporte
 15.7 Indicador de posição
 16 Isolador suporte
 18 Unidade de acionamento
 22 Unidade de interrupção

Tensão nominal	72,5 kV
Frequência nominal	60 Hz
Corrente nominal	2500 A
Corrente de interrupção nominal de curto-circuito	31,5 kA
Ciclo de manobra nominal	O-0,3s-CO-3min-CO
Tempo de fechamento	52 ms +/- 5 ms
Tempo de abertura	31 ms □□□3 ms
Tempo de interrupção nominal	≤ 50 ms

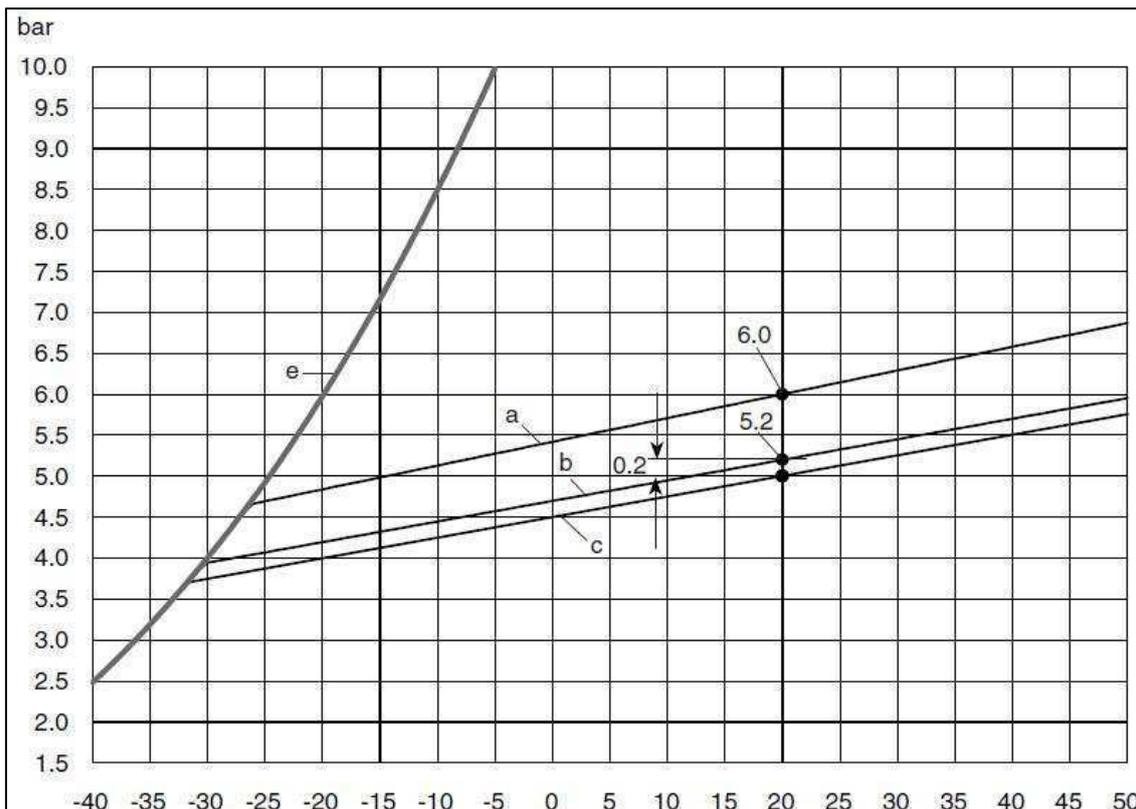


Figura 32. Curva de enchimento de SF6 e valores de resposta do monitor de densidade[15].

Legenda: a Pressão de enchimento de SF6 (linha da densidade nominal)
 b Signal *perda de SF6*
 c Bloqueio de função do SF6
 e Curva de liquefação

Supervisão de SF6	
Sinal Perda SF6 a 20°C	5,2 bar
Bloqueio de funcionamento SF6 a 20°C	5,0 bar

Os pólos possuem uma carga de gás SF6, utilizado como meio extintor e isolante.

Os três pólos são conectados por tubulações ao compartimento de gás. A densidade do gás SF6 é controlada por um densímetro e a pressão indicada por um manômetro.

O disjuntor é dotado de um acionamento – a mola – que se encontra na unidade de comando 18, fixada na base suporte 11. A energia necessária para a operação está armazenada em uma mola de fechamento e em uma de abertura, comuns para os três pólos. As molas de fechamento e abertura encontram-se na unidade de comando.

A força necessária para acionar as três colunas polares, proveniente do acionamento – a mola –, é transmitida às engrenagens de desvio das colunas polares por intermédio da haste de acionamento e da haste de acoplamento.

A chapa de montagem, integrada na unidade de comando 18, contém todos os equipamentos para o comando e a monitorização do disjuntor e as réguas de bornes necessárias para a conexão elétrica.

O movimento da manobra é transmitido para a unidade interruptora (no potencial de alta tensão) pelo acionamento a mola (no potencial terra) via uma haste de acoplamento. O eixo e a haste de acionamento são feitos de material isolante.

3.5.1.1.1 EXTINÇÃO DO ARCO VOLTAICO

No momento da operação de abertura, primeiramente, é aberto o contato principal das lamelas de contato 22.3 e do cilindro de aquecimento 22.41, respectivamente (Fig. 33 posição b). O contato de arco, formado pelo pino 22.9 e pelo tubo de contato 22.11, permanece fechado, comutando a corrente no contato de arco.

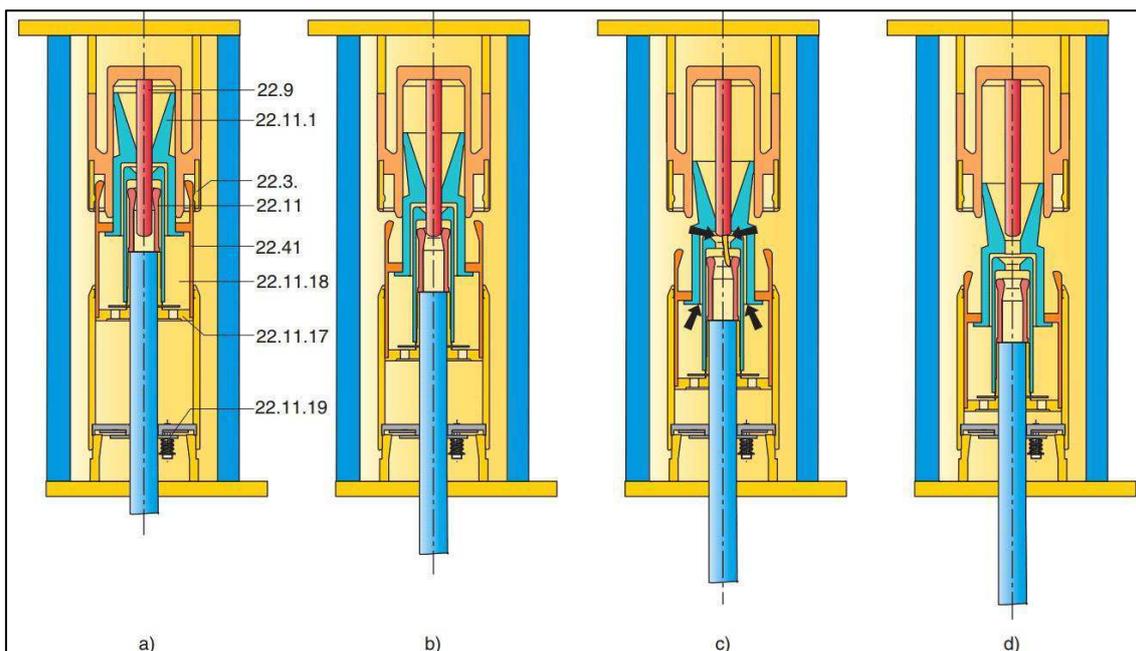


Figura 33. Processo de desligamento, ilustração esquemática[15].

- Legenda: a) Posição FECHADO
 b) Abertura: contato principal aberto
 c) Abertura: contato do arco aberto
 d) Posição ABERTO
 22.11 Contato da tubulação
 22.11.1 Bocal de extinção
 22.11.17 Pistão
 22.11.18 Válvula de
 22.11.19 Bloco de válvulas
 22.3 Lamelas de contato

22.41 Cilindro de aquecimento
22.9 Pino

No próximo passo do processo de abertura, o contato de arco se abre, gerando um arco (Fig. 34). Ao mesmo tempo, o cilindro de aquecimento 22.41 move-se para baixo, comprimindo o gás que se encontra entre o pistão 22.11.17 e o grupo de válvulas 22.11.19. Isto provoca um fluxo forçado do gás no sentido oposto ao movimento do contato móvel, através da válvula de retenção 22.11.18 no cilindro de aquecimento e através do orifício existente entre o tubo de contato 22.11 e o bocal de extinção, extinguindo o arco.

No caso de altas correntes de curto-circuito, o gás de extinção existente na câmara de extinção em torno do pino 22.9 é aquecido através da energia do arco e conduzido a alta pressão para o cilindro de aquecimento 22.41. Quando a corrente passa pelo zero, o gás volta do cilindro para o bocal de extinção e extingue o arco. A válvula de retenção 22.11.18 do cilindro de aquecimento 22.41 evita, neste processo, que a alta pressão atinja o compartimento de compressão entre o pistão 22.11.17 e o grupo de válvulas 22.11.19.

3.5.1.1.2 SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÃO

Na posição de FECHAMENTO do disjuntor as molas de abertura e de fechamento encontram-se carregadas. Desta forma o disjuntor está em condição de efetuar a sequênciA ABERTURA-FECHAMENTO-ABERTURA.

3.5.1.1.3 SUPERVISÃO DO GÁS

O compartimento de gás, a ser monitorizado, do disjuntor de potência, compreende as três colunas polares, um monitor de densidade, um manômetro, uma conexão de enchimento e para teste ou e ainda tubulações para ligar os componentes.

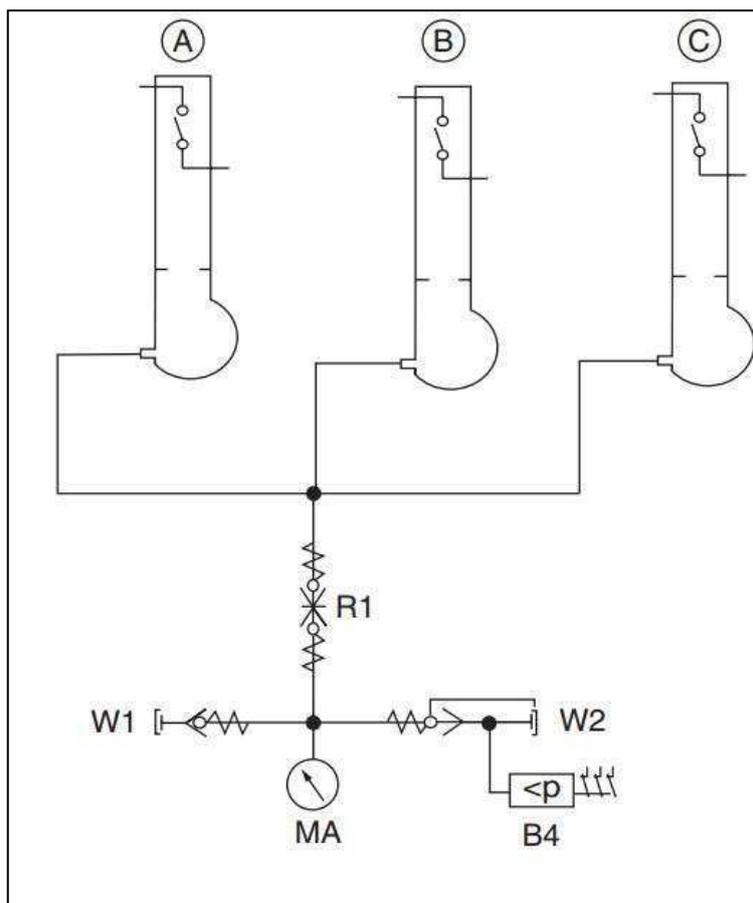


Figura 34. Esquema de monitorização do SF6[15].

Legenda: B4 Densímetro SF6
 MA Manômetro
 R1 Válvula retentora dupla
 W1 Conexão de enchimento
 W2 Conexão para ensaio

A densidade do meio de extinção SF6 na câmara de gás é supervisionada por um densímetro B4. (Fig. 35)

O densímetro compara a densidade do gás SF6, a ser monitorado dentro da câmara de gás, com a de um gás de referência, armazenado dentro do mesmo. Ambos os gases estão expostos à mesma temperatura ambiente. Desta forma, substitui-se a comparação das densidades por uma comparação das pressões (câmara de gás - câmara de referência).

O densímetro atua quando há uma mudança na pressão como resultado de um vazamento entre o compartimento de gás do disjuntor e a atmosfera. Mudanças de pressão como resultado da mudança da temperatura não são consideradas.

O densímetro é ajustado na fábrica, nas densidades-limites solicitadas. Portanto, não é necessário, nem possível, um ajuste posterior.

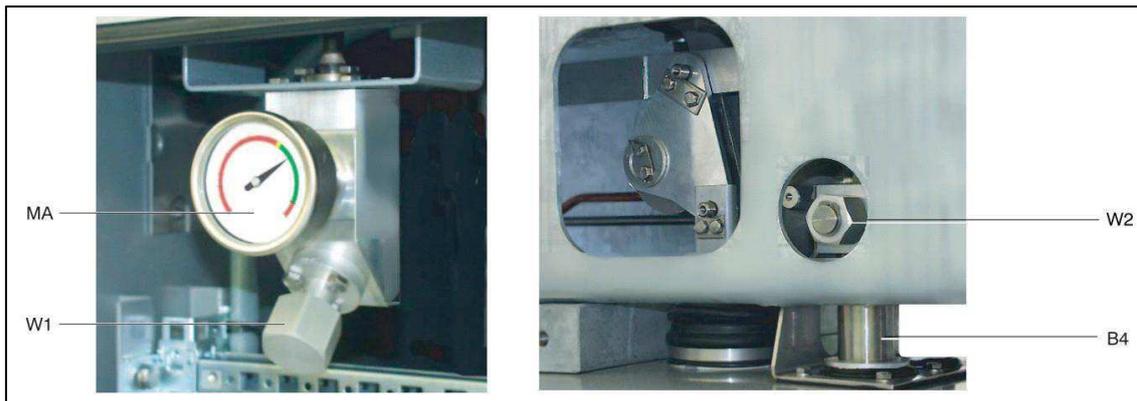


Figura 35. Conexão de enchimento e Conexão de teste (W1 e W2)[15].

3.5.1.1.4 BLOQUEIOS

Um bloqueio de funcionamento SF6 impede qualquer operação do disjuntor se a pressão do SF6 estiver muito baixa.

O bloqueio de fechamento impede a atuação do disparador de fechamento, durante o processo de carregamento da mola de fechamento.

O dispositivo anti-bombeamento impede que o disjuntor seja constantemente fechado e aberto na presença simultânea dos comandos FECHAR e ABRIR.

3.5.1.2 SECIONADOR TRIPOLAR DE ABERTURA CENTRAL

3.5.1.2.1 MODELO “AC” – DELMAR

Secionadores tripolares para aplicação em subestações de geração, transmissão e distribuição, utilizados para manobras. Operação simultânea nas três fases com duas colunas de isoladores rotativos. Utilizam isoladores *Station Post*, possuem mecanismo manual por alavanca, contatos auxiliares, intertravamento mecânico e cadeado Kirk.

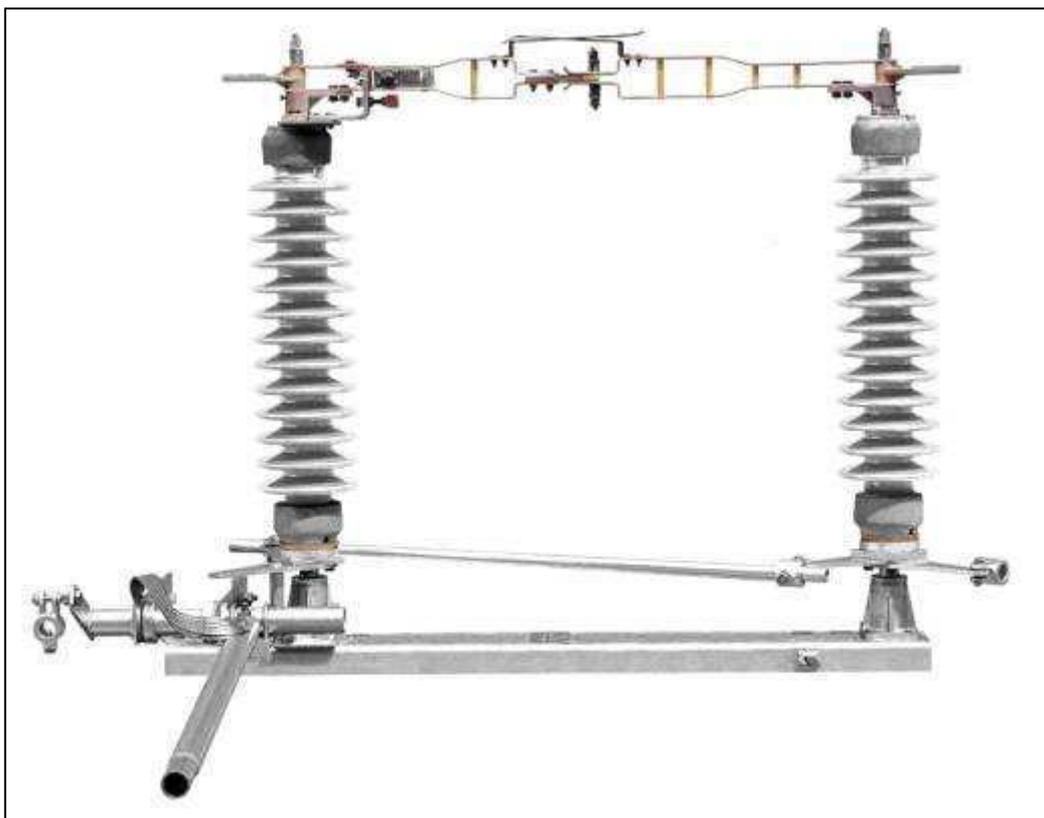


Figura 36. Chave seccionadora tripolar de força, tensão nominal 69 kV, corrente nominal 630 A – DELMAR[5].

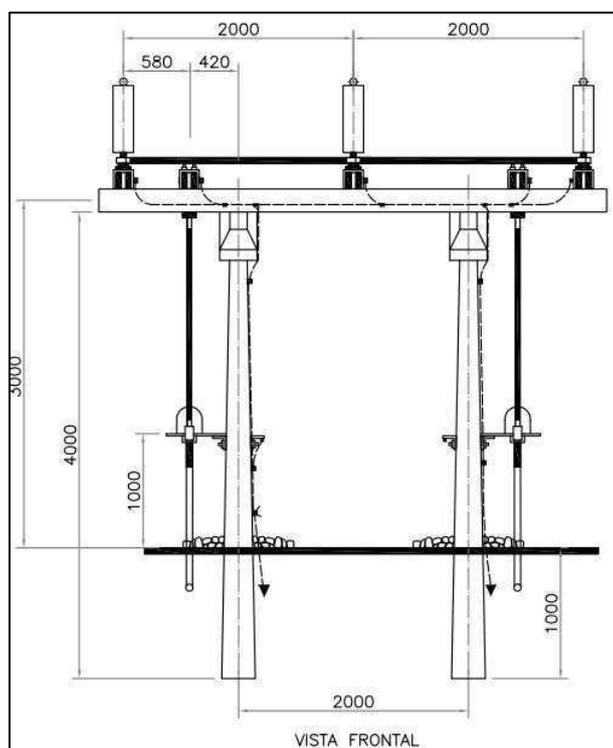


Figura 37. Chave Seccionadora Tripolar, Abertura Central – Vista Frontal[5].

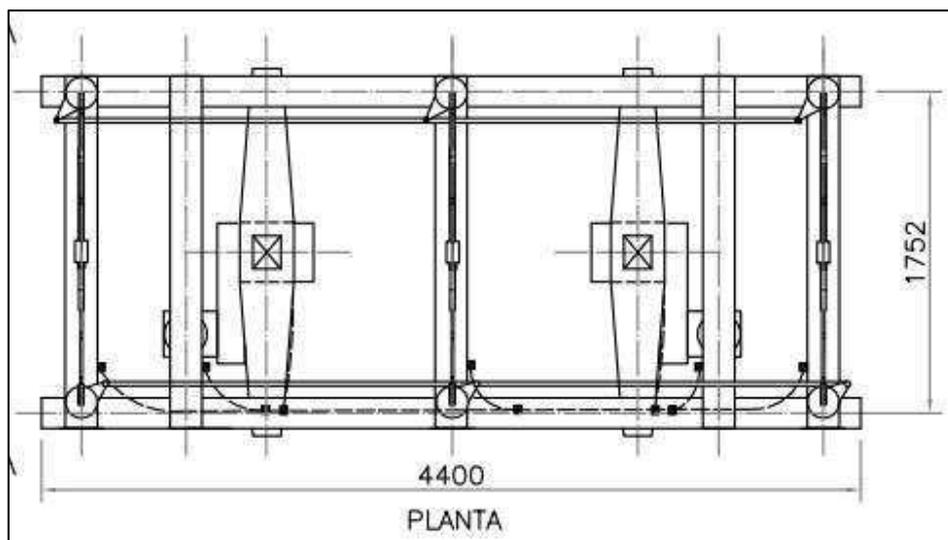


Figura 38. Chave Seccionadora Tripolar, Abertura Central – Planta[5].

3.5.1.3 TRANSFORMADOR DE CORRENTE SOC 72 – SOLTRAN

Transformador de corrente monopolar, tensão nominal 72,5 kV, imerso em óleo isolante, relação múltipla 600-5 A, dois enrolamentos secundários, classe de exatidão para medição 0,3C50, classe de exatidão para proteção 10B200.



Figura 39. Transformador de corrente de alta tensão – óleo – SOC 72[18].

N°132.547 \dot{A} 132.549



TRANSFORMADOR DE CORRENTE

TIPO N°

U_{max} kV

N I kV

I_t/I_d kA

f Hz

M_{total}/ÓLEO kg

ANO

USO

NORMA/ANO

Ft

MANUAL

ENCOM

IP - IS (A)	LIGAÇÃO SEC.	LIGAÇÃO PRIM.	EXATIDÃO
600- 5 A	1S1 - 1S5	P1-P2	0,3C50
500- 5 A	1S2 - 1S5	P1-P2	
450- 5 A	1S3- 1S5	P1-P2	
400- 5 A	1S1 - 1S4	P1-P2	
300- 5 A	1S2 - 1S4	P1-P2	
250- 5 A	1S3 - 1S4	P1-P2	
200- 5 A	1S4 - 1S5	P1-P2	
150- 5 A	1S1 - 1S3	P1-P2	
100- 5 A	1S1 - 1S2	P1-P2	
50- 5 A	1S2 - 1S3	P1-P2	
600- 5 A	2S1 - 2S5	P1-P2	10B200
500- 5 A	2S2 - 2S5	P1-P2	
450- 5 A	2S3- 2S5	P1-P2	
400- 5 A	2S1 - 2S4	P1-P2	
300- 5 A	2S2 - 2S4	P1-P2	
250- 5 A	2S3 - 2S4	P1-P2	
200- 5 A	2S4 - 2S5	P1-P2	
150- 5 A	2S1 - 2S3	P1-P2	
100- 5 A	2S1 - 2S2	P1-P2	
50- 5 A	2S2 - 2S3	P1-P2	

C.G.C. 44690.162/0001-74-SÃO PAULO-IND. BRASILEIRA

Figura 40. Placa característica – SOC 72[18].

3.5.1.4 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL SOP 72 – SOLTRAN

Transformador de potencial monopolar, tensão nominal 72,5 kV; imerso em óleo isolante, relação $69/\sqrt{3}$ kV : 115/115 $\sqrt{3}$ V, dois enrolamentos secundários, classe de exatidão 0,3P12,5 / 0,3P200, potência térmica 1.000VA.



Figura 41. Transformador de potencial de alta tensão – óleo – SOC 72[18].

N°132.550 Á 132.552

SOLTRAN
TRANSFORMADORES LTDA.

TRANSFORMADOR
DE POTENCIAL INDUTIVO

TIPO N° ANO

U_{max} kV USO HT

NI kV NORMAS/NO 1X1

f Hz GRUPO 1X2

P_{term} VA Fst.com/30s 1X3

TERMINAIS	U prim (kV)	Usec(V)	Rn	EXATIDÃO
1X2 - 1X3	69000/√3	115/√3	600 : 1	0,3P200
1X1 - 1X3	69000/√3	115	350 : 1	0,3P200
2X2 - 2X3	69000/√3	115/√3	600 : 1	0,3P200
2X1 - 2X3	69000/√3	115	350 : 1	0,3P200

CARGA DE EXATIDÃO SIMULTANEA VA

M-óleo kg MANUAL 2X2

M-total kg ENCOM 2X3

C.N.P.J. 44.690.162/0001-74 - SÃO PAULO - IND. BRASILEIRA

Figura 42. Placa característica – SOP 72[18].

3.5.1.5 PÁRA-RAIOS POLIMÉRICO PBPE 75/10/2 - BALESTRO

Pára-raios tipo estação, polimérico de silicone, tensão nominal 75 kV, máxima tensão de operação contínua 60kV, corrente de descarga nominal com 8/20 μ s: 10 kA, tensão residual máxima em 10 kA: 195,8 kV. Modelo PBPE 75/10/2.



Figura 43. Pára-raios Modelo PBPE 75/10/2[18].

3.5.1.6 RETIFICADOR CBM-9100 – ADELCO

É um equipamento para uso industrial e subestações, tipo tiristorizado, com controle e supervisão microprocessados. Tem como função principal carregar baterias que alimentam sistemas críticos operados em corrente contínua.

O carregador de baterias é composto basicamente de um transformador de entrada, com ponte retificadora tiristorizada, filtro de saída, circuitos de controle e de supervisão microprocessados e dispositivos de proteção de entrada e saída para bateria e consumidor.

Com a rede elétrica CA presente, o Carregador de Baterias converte a tensão da rede CA em tensão contínua para carregar a bateria e alimentar o consumidor. Na ausência da rede CA, a bateria funciona como uma fonte de energia alternativa e passa a alimentar o consumidor sem interrupção.

O retificador monitora a bateria continuamente e faz o ajuste dos limites de tensão e corrente de saída da bateria de acordo com o estado de carga da mesma, podendo operar com baterias automotivas ou estacionárias, ácidas ou alcalinas, abertas ou seladas. Em situações de emergência, pode operar sem baterias, comportando-se como fonte de alimentação em corrente contínua.

CARACTERÍSTICAS DA ENTRADA C.A.

- Tensão C.A. nominal de entrada : 220Vca/ 3F/ 60Hz
- Variação admissível : $\pm 10\%$ da tensão; $\pm 5\%$ da frequência
- Potência máxima de entrada : 13kVA
- Fator de potência : $> 0,85$ em condições nominais
- Corrente nominal de entrada : 23,6A

CARACTERÍSTICAS DA SAÍDA C.C.

- Tensão Nominal : 125Vcc
- Corrente nominal : 50A
- Tensão de flutuação : 132Vcc
- Tensão de carga : 141Vcc
- Tensão máxima de consumidor : 135Vcc
- Tensão mínima de consumidor : 105Vcc
- Corrente de consumidor : 39,5A
- Regulação Estática : $\pm 1\%$ para variação da rede em $\pm 10\%$ e variação de carga de 10 a 100%
- Regulação Dinâmica: : $\leq 250\text{ms}$ com variação da tensão $\leq 10\%$, após degrau de 50% a 100% ou de 100% a 50% de I_n .
- Ripple : $\leq 2\%$ RMS da tensão de saída, com bateria conectada.
- Rendimento : $\geq 85\%$

BATERIA DE ACUMULADORES

- Tipo : Selada
- Modelo/ Fabricante : 12MF105 / MOURA
- Número de Elementos /Monoblocos : 10 monoblocos (12Vcc)
- Tensão de flutuação : 2,20V/elem
- Tensão de carga : 2,35V/elem
- Tensão mínima : 1,75V/elem
- Capacidade : 105Ah/20h
- Corrente de recarga : 10,5A
- Condição de fornecimento : Carregada úmida
- Montagem : Estante



Figura 44. Retificador carregador de baterias microprocessado ADELCO CBM-9100 (Fonte: Elaborada pelo autor).

 sistemas de energia ltda. AV. DA CACHOEIRA, 660/706 - BARUERI - S.P. C.N.P.J. 61.693.461.0001-81 - INDÚSTRIA BRAS.	
RETIF. / CARREG. DE BATERIAS MICROPROCESSADO	
TAG	
N/S	004584-CB03-01-001
Nº SÉRIE	ANO FABRIC. 2016
REFRIGER. NATURAL	Tamb. (°C) 40
PESO [kg] 215	GRAU PROT. IP-21
ENTRADA C.A.	
TENSÃO [V] 220	FREQ. [Hz] 60
Nº FASES 3	LIGAÇÃO 3φY
FATOR POT. 0,85	POTÊNCIA [kVA] 9
	Inom. [A] 23,6
SAÍDA C.C. BATERIA	
Vflut. [V] 132	Vnom. [V] 125
Vcarga [V] 141	Vmin. [V] 105
	Vmax. [V] 135
I _{max.} [A] 10,5	I _{nom.} [A] 50
SAÍDA C.C. CONSUMIDOR	

Figura 45. Dados de placa do retificador ADELCO CBM-9100 (Fonte: Elaborada pelo autor).



Figura 46. Banco de baterias (Fonte: Elaborada pelo autor).

4 CONCLUSÃO

O presente estudo é fruto do estágio curricular do curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande, realizado na Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe), localizada na cidade de Estância/SE, especificamente na Subestação Seccionadora Engenheiro Jorge Prado Leite.

Os conhecimentos e experiências obtidos permitem chegar à conclusão de que há viabilidade econômica ascendente do mercado de distribuição de energia elétrica no Brasil. No entanto, para se manter no setor de distribuição de energia elétrica, a concessionária deverá investir na qualidade da prestação do serviço, empreendendo em novas tecnologias, a exemplo de equipamentos, manutenção e expansão da rede elétrica, para atender a um mercado de consumidores cada vez mais exigentes.

No caso específico do estado de Sergipe, o mercado de distribuição de energia elétrica é dividido entre duas concessionárias – a SULGIPE e a ENERGISA –, logo, é correto afirmar que a concorrência em um mercado em ascensão exige cada vez mais melhorias na prestação do serviço. Atenta ao comportamento deste mercado, a Sulgipe construiu a Subestação Seccionadora Eng.º Jorge Prado Leite, cuja função é interligar as Regionais da CHESF Jardim e Itabaianinha em um único barramento, através das entradas e saídas de linhas de transmissão em 69 kV, aumentando a confiabilidade e a continuidade dos atendimentos em função desta instalação ser ligada em esquema de “anel”, isto é, o suprimento é realizado a partir de várias fontes interligadas entre si, de modo a viabilizar a continuidade do suprimento, mesmo quando há desligamento de alguma(s) linha(s) de transmissão.

A experiência vivenciada serviu como meio de aprimorar os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Elétrica, aproximando teoria e prática, os quais, sem a menor sombra de dúvidas, serão de grande utilidade para a futura atuação no mercado de trabalho, sobretudo no que se refere à construção, equipamentos e funcionamento de uma subestação seccionadora.

Espera-se, ainda, que este trabalho possa fornecer aos futuros engenheiros elétricos um material atualizado, único e conciso, dando-lhes condições de entrarem no mercado de trabalho com um maior conhecimento sobre as subestações, suas classificações, seus arranjos e proteção.

5 BIBLIOGRAFIA

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Regulação do setor elétrico**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/regulacao-do-setor-eletrico>> Acesso em: 15 jun. 2016.

[1] Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABADEE). **Regulação do setor elétrico**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>> Acesso em: 12 jun. 2016.

[2] Capacidade de geração do Brasil. In: **Banco de Informações da Geração (BIG)**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Capacidadebrasil.cfm>> Acesso em: 15 set. 2016.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). **Visão geral do setor**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>> Acesso em: 15 jun. 2016.

[4] BARROS, João Victor Cavalcante. **Estudo de viabilidade econômica e das proteções da Subestação de 69-13,8 kV do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2010.

[5] COMPANHIA SUL SERGIPANA DE ELETRICIDADE. **História da empresa**. Disponível em: <<http://www.sulgipe.com.br/Home/Empresa>>. Acesso em: 15 set. 2016.

[6] HUBBELL POWER SYSTEMS, INC. – DELMAR. **Secionador tripolar de abertura central modelo “AC”**. Disponível em: <<http://www.delmar.com.br/pdf/ac.pdf>> Acesso em: 5 set. 2016.

[7] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024) (2015)**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

[8] FRONTIN, Sérgio de Oliveira (org.). **Equipamentos de alta tensão: prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas**. Brasília: Teixeira, 2013. v. 2000. 934p.

[9] GONÇALVES, Renato Masago. **Guia de projeto para subestações de alta tensão**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012. (Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos).

[10] GUERRA, Francisco das Chagas Fernandes. **Proteção de sistemas elétricos**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, s/d.

[11] ITAIPU BINACIONAL. **Subestação isolada a gás ganha um novo sistema de avaliação dos disjuntores (2013)**. Disponível em: <<http://jie.itaipu.gov.br/node/53221>> Acesso em: 15 set. 2016.

[12] MUZY, Gustavo Luiz Castro de Oliveira. **Subestações elétricas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

[13] NUNES ELÉTRICA PROJETOS E SERVIÇOS. Projeto e montagem de subestação aérea e abrigada (2014). Disponível em: <<http://www.nuneseletrica.com.br/Servicos-10.html/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

[14] CARTA SULGIPE PARA ANEEL. Estância , julho de 2014

[15] SAB ENGENHARIA. **Subestação em interiores**. Disponível em: <http://static.wixstatic.com/media/e08bfc_715b77b2250b41ccb720ed43cf26805b.png_srz_980_439_85_22_0.50_1.20_0.00_png_srz>. Acesso em: 15 set. 2016.

[16] SIEMENS. **Manual de instruções de operação disjuntor 3AP1 FG**. Disponível em: <<http://www.energy.siemens.com>> Acesso em: 5 ago. 2016.

[17] UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Subestações elétricas – notas de aulas (2014)**. Disponível em: <https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/130058/mod_resource/content/1/Subestacoes-eletricas-1.pdf/>. Acesso em: 15 set. 2016.

[18] SOLTRAN. Transformadores de Alta, Média e Baixa Tensão. Disponível em: <<http://www.soltran.com.br/>> Acesso em: 28 ago. 2016.

[19] BALESTRO. Para-raios. Disponível em: <http://www.balestro.com/_web/produtos/> Acesso em: 30 ago. 2016.

ANEXOS

CARTA ANEEL



intermédio do sistema distribuidor daquela concessionária – LDAT 02V1, em virtude da necessidade de implementar, ainda, todas as obras estruturantes que atendam a esta finalidade do sistema. Importante salientar, também, a importância da manutenção do paralelismo entre as linhas LDATs 02V1 e 02C8, de forma a manter os níveis de qualidade, níveis de tensão confiabilidade e continuidade exigidos pela Aneel.

5. Contrariamente ao exposto pela Energisa Sergipe em sua correspondência ENERGISASE/VPR-ANEEL/Nº007/2014 de 14 de fevereiro de 2014, onde esta afirmava que a condição suficiente para a transferência definitiva do suprimento de toda a carga hoje atendida pelo regional Jardim da Chesf para o regional Itabaianinha da Chesf seria tão somente a ampliação da potência instalada na Subestação Itabaianinha da Chesf, a Sulgipe entende, e é fácil perceber, que devido à necessidade em manter um adequado atendimento aos seus clientes, a condição suficiente para a transferência definitiva de toda a carga de uma regional para outro, tem que passar, obrigatoriamente, pela conclusão da execução dos seguintes investimentos:

a) Construção da LDAT 69 kV 02M2 – trecho compreendido entre a Subestação Itabaianinha da Chesf e a futura Subestação Seccionadora 69 kV no município de Estância – 30,4 km em cabo alumínio-liga 465.4 MCM. Esta obra encontra-se com o projeto concluído, todo o material já adquirido e em fase de construção. Será concluído em 2015.

b) Implementação de uma cabana de medição de faturamento no interior da Subestação Itabaianinha, por exigência da Chesf, de modo a seguir a mesma padronização de suas instalações e não compartilhá-las com a distribuidora acessante (Sulgipe). Esta obra encontra-se com o seu projeto concluído, equipamentos e materiais adquiridos e já em fase de construção, sendo prevista sua conclusão até o próximo ano de 2015.

c) Construção de uma Subestação Seccionadora 69 kV no município de Estância. Esta instalação terá a função de chaveamento e de manobras entre as linhas 69 kV 02M1, 02M2, 02V1, 02C8 e futura saída para o complexo fabril têxtil situado em Estância. Além disto, e principalmente, a SE – Estância 69/13,8 kV, recentemente transferida da Energisa Sergipe para a Sulgipe (março/2013), não possui bay de entrada de linha 69 kV disponível para a entrada da linha forte 02M2 citada acima. Esta conexão é condição essencial para o pleno atendimento com qualidade às cargas hoje supridas pela Regional Jardim. Objetivando aumentar os níveis de segurança, continuidade e confiabilidade, estamos projetando para que esta subestação seccionadora seja provida de barramentos principal e transferência, prevendo-se a instalação de seis bays de entrada de linha de 69 kV com disjunção.

No presente momento, estamos iniciando várias providências deste empreendimento, como a aquisição da área, contratação do projeto básico e licenciamento ambiental. Em seguida, executaremos:

- c1) Projeto executivo e projetos complementares;
- c2) Aquisição dos equipamentos e materiais e
- c3) Implantação e comissionamento para entrada em operação da subestação.



d) **Remanejamento de aproximadamente 1,7 km das LDATs 69 kV 02V1 (São Cristovão/Estância) e 02C8 (Jardim/Estância)** objetivando a retirada das mesmas do atual caminhamento, principalmente no trecho de sua chegada na subestação no município de Estância. A faixa de servidão de 50 metros atual encontra-se invadida há muito tempo por residências construídas compreendendo uma extensão de aproximadamente 560 metros até adentrar na SE – Estância. Quando da transferência destes ativos da Energisa Sergipe para a Sulgipe, esta questionou a primeira sobre a situação das invasões, porém, a Energisa Sergipe informou que não há processo judicial sobre o fato, apenas algumas notificações extrajudiciais aos invasores, e, mesmo assim, não nos foi repassada a citada documentação referente. Importante salientar que parte dessas LDATs 69 kV (trecho da fronteira entre os municípios Itaporanga d’Ajuda e Estância até chegar na SE SED Estância) foram transferidas da Energisa Sergipe para a Sulgipe em março de 2013 juntamente com a SE - Estância. Para esta mudança, serão geradas todas as providências concernentes a um projeto de linha de transmissão, quais sejam:

- d1) Estudo do novo traçado;
- d2) Projeto executivo;
- d3) Aquisição e liberação da faixa de servidão de 50 metros;
- d4) Licenciamento ambiental;
- d5) Aquisição e recebimento de materiais e
- d6) Implantação, comissionamento e entrada em operação.

Importantíssimo ressaltar a relevância deste trabalho diante das condições inseguras que hoje se apresentam, estando as linhas de 69 kV energizadas e com carga sobre quintais, varandas e telhados de residências de um extenso núcleo urbano que invadiu a faixa de servidão há mais de 20 (vinte) anos.

e) **Recondutoramento de 21 km da LDAT 02V1 para cabo alumínio-liga 155.4 MCM**, diante da conjuntura atual que se apresenta esta linha, em operação desde o ano de 1956, cuja situação física é bastante precária e de conhecimento de todos (vide relato da própria Energisa Sergipe nas ata de reunião do dia 01/08/2013). Esta obra exigirá grande esforço por parte da Sulgipe, tanto relativo ao planejamento adequado da obra, porquanto a linha encontra-se em operação, quanto ao aporte financeiro necessário para esta finalidade.

f) **Construção de uma Seccionadora 69 kV** próxima à fronteira entre os municípios Estância e Itaporanga d’Ajuda que possibilitará a interligação entre as LDATs 69 kV 02V1 e 02C8, obra esta motivada para manter a possibilidade de paralelismo entre as citadas linhas, as quais, hoje, operam nesta condição.

Em momento algum, a Sulgipe discordou do fato de que com a entrada em operação do 2º transformador de 100 MVA na Subestação Itabaianinha, do ponto de vista da rede básica de fronteira, seria possível atender a toda a carga da Sulgipe. Isto será possível, pois é o ponto de partida para a transferência. Porém, como verificado nas providências citadas no item 5.



acima, será necessário um aporte significativo do ponto de vista de mobilização e principalmente financeiro por parte da Sulgipe, o qual já estamos iniciando.

Relativo ao aporte financeiro, como para nossa empresa os investimentos necessários à estruturação do sistema indicado no item anterior são altamente significativos, estamos já buscando um empréstimo monetário junto ao Banco do Estado de Sergipe – BANESE, a fim de dar sustentabilidade a todos os investimentos necessários.

Com o intuito de apresentar uma melhor visualização do sistema contendo a sugestão de atendimento apresentada pela Energisa Sergipe e aquela que a Sulgipe entende a de melhor opção para seus clientes, encaminhamos os Anexos I, II e III contendo a seguinte documentação:

- **Anexo I – Proposta da Energisa Sergipe para o Sistema Sulgipe**, sugestão indicada na correspondência “ENERGISASE/VPR-ANEEL/Nº007/2014 de 14/02/2014”. Neste anexo, encontra-se exposta a situação atual do sistema Sulgipe (junho/2014) – **Figura A** e a proposta que a Energisa Sergipe julga mais conveniente para o sistema Sulgipe (a partir de 2015) – **Figura B**.
- **Anexo II – Reforço e Ampliação Sistema 69 kV Sulgipe Planejado pela Sulgipe**. Situação Atual (junho/2014); Fase Inicial da Ampliação e Reforço e Fase Final da Ampliação e Reforço (situação definitiva).
- **Anexo III – Legenda Utilizada nos Anexos I e II**.

Diante do exposto, apesar do objetivo de todos os interessados em migrar toda a carga da Sulgipe para o Regional Itabaianinha / Chesf (inclusive interesse da Sulgipe), temos a obrigação contratual e ética em manter a garantia da qualidade e da confiabilidade do suprimento necessárias aos nossos clientes industriais 69 kV. Por isto, como forma de preservar a integridade do fornecimento adequado destes consumidores até a consecução de todas as obras estruturais necessárias citadas, solicitamos a extensão contratual com a Energisa Sergipe para suprimento das mesmas a partir do Regional Jardim até o ano de 2018.

Ressaltamos que a implantação do Trafo 100 MVA pela CHESF já se justificava, e continua se justificando, apenas com a transferência da SE-Estância, que foi o já contratado.

Certos de ter correspondido às suas expectativas quando à resposta e justificativa técnica esperadas, estamos à disposição para eventuais esclarecimentos complementares que se fizerem necessários ao completo entendimento da presente situação.

Cordiais saudações.

Eng. Ivan Santos Leite
Diretor Presidente

SITUAÇÃO ATUAL (JUNHO/2014) E
SITUAÇÃO PROPOSTA PELA ENERGISA SERGIPE (2015)

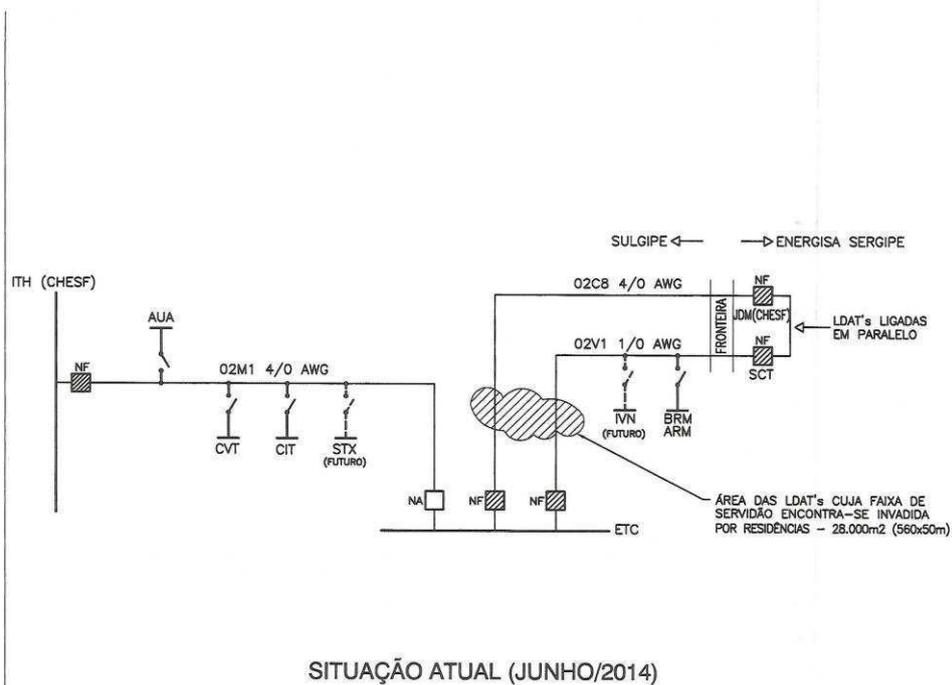


FIGURA A

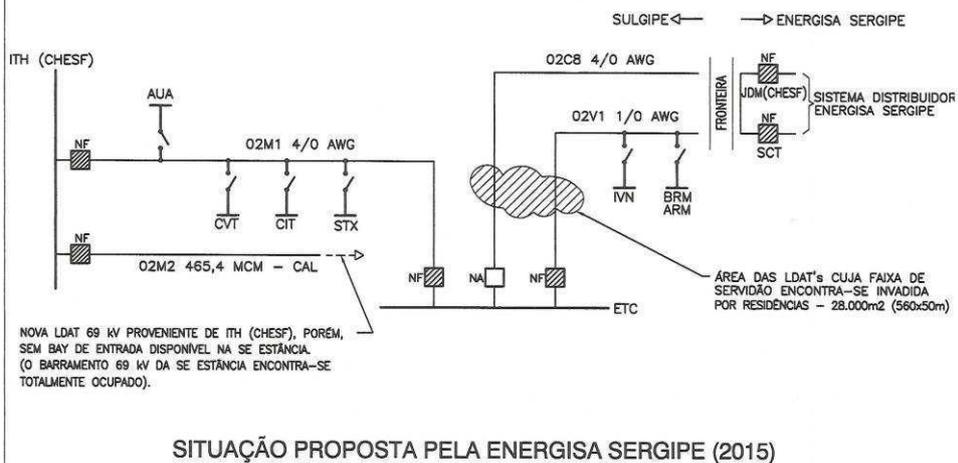


FIGURA B

OBS.: ESTA PROPOSTA DA ENERGISA SERGIPE DESCONSIDERA POR COMPLETO OBRAS ESTRUTURAIS E DE SEGURANÇA ESSENCIAIS AO SISTEMA DISTRIBUIDOR 69 kV DA SULGIPE.

ANEXO I - PROPOSTA DA ENERGISA SERGIPE P/ SISTEMA SULGIPE, CONSTANTE NA CORRESPONDÊNCIA "ENERGISASE/VPR-ANEEL/Nº 007/2014 DE 14/02/2014"

FORMATO A4 - 210x297mm - SULGIPE

SITUAÇÃO ATUAL (JUNHO/2014) E FASE INICIAL DA AMPLIAÇÃO E REFORÇO (EM 2015)

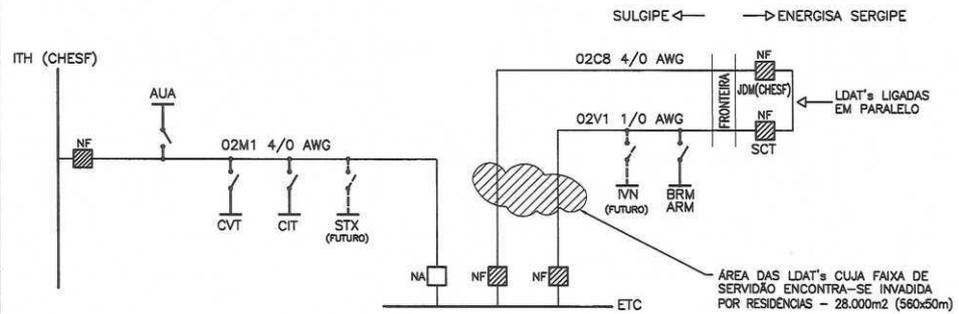


FIGURA A SITUAÇÃO ATUAL (JUNHO/2014)

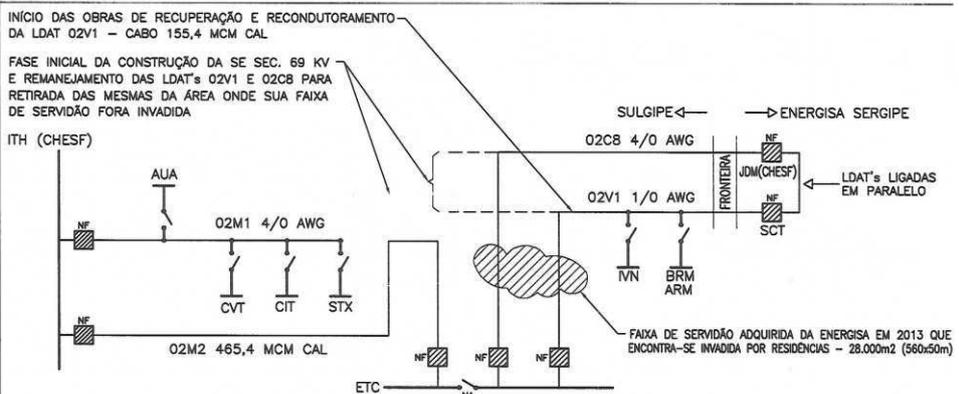


FIGURA B FASE INICIAL DA AMPLIAÇÃO E REFORÇO (EM 2015)

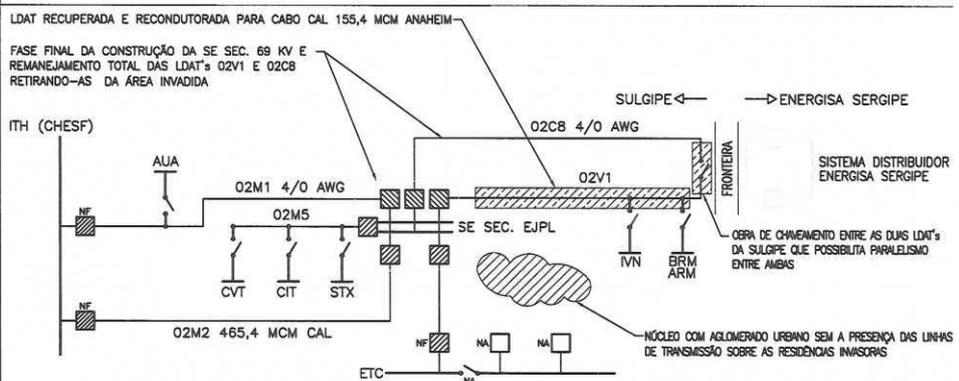


FIGURA C FASE FINAL DA AMPLIAÇÃO E REFORÇO (SITUAÇÃO DEFINITIVA ATÉ 2018)

ANEXO II - REFORÇO E AMPLIAÇÃO SISTEMA 69 kV SULGIPE PLANEJADO PELA SULGIPE

FORMATO A4 - 210x297mm - SULGIPE

LEGENDA UTILIZADA

LEGENDA UTILIZADA NOS DIAGRAMAS APRESENTADOS NOS ANEXOS I E II

ITH (CHESF) - SUBESTAÇÃO ITABAIANINHA - CHESF

AUA - SUBESTAÇÃO ARAUÁ - SULGIPE

CVT - SUBESTAÇÃO CONVENTO - SULGIPE

CIT - SUBESTAÇÃO CONSTÂNCIO VIEIRA - CLIENTE

STX - SUBESTAÇÃO SERGITEX - CLIENTE (2015)

ETC - SUBESTAÇÃO ESTÂNCIA - SULGIPE

IVN - SUBESTAÇÃO IND. VIDREIRA DO NORDESTE - CLIENTE (2015)

BRM - SUBESTAÇÃO BRAHMA - CLIENTE

ARM - SUBESTAÇÃO ARUMÃ - CLIENTE

JDM - SUBESTAÇÃO JARDIM - CHESF

SCT - SUBESTAÇÃO SÃO CRISTÓVÃO - ENERGISA SERGIPE

SE SEC. EJPL - SUBESTAÇÃO SECCIONADORA 69 KV ENG° JORGE PRADO LEITE - SULGIPE

 - DISJUNTOR 69 KV NORMALMENTE FECHADO

 - DISJUNTOR 69 KV NORMALMENTE ABERTO

 - CHAVE SECCIONADORA 69 KV

ANEXO III - LEGENDA UTILIZADA

RELATÓRIO DE SERVIÇOS

SIEMENS		RELATÓRIO DE SERVIÇOS		F-PV 001 Rev.01	
CLIENTE: Companhia Sul Sergipana de Eletricidade (Sulgipe)			DATA: 28/09/2016	PROJETO: 0754/14 e 556/15	
SUBESTAÇÃO E ENDEREÇO: SF Jorge Prado Leite (JPL) - Rodovia da Sergipe, Nº 1137					
CIDADE: ESTÂNCIA			ESTADO: SE	RELATÓRIO Nº JC-034-2016	
RESPONSÁVEL NO CLIENTE: Ricardo Saad				FONE: (78) 3530-2512	
SOLICITANTE: Miguel Aguiar		Setor: EM HP		FONE: (11) 4535-5905	
TÉCNICO DA SIEMENS: Jose Orlando Santimaria				FONE: (19) 98101-4467	
ACOMPANHANTES: Matheus Telles Danelo e Douglas Araújo Silveira Moutão			PERÍODO: 21 a 28/09/2016		

1) OBJETIVO

Supervisão da manutenção e teste em 07 (7) SAP I FGS 72,5 KV nos 7629 a 7633/2016 e 8697 a 8697/2016, na SF Jorge Prado Leite.

2) PROBLEMAS ENCONTRADOS:

DU 7631

- Oxidação de peças internas do painel de comando, provavelmente devido a acúmulo de umidade proveniente de armazenamento por longo período sem as resistências de aquecimento ligadas.
- Bolso na fiação do painel de comando devido à mesma situação acima.
- Oxidação na porta traseira devido a um dano na pintura externa.

DU 7632

- Oxidação na porta traseira devido a um dano na pintura externa.

DU 7633

- Oxidação de peças internas do painel de comando, provavelmente devido a acúmulo de umidade proveniente de armazenamento por longo período sem as resistências de aquecimento ligadas.
- Oxidação na lateral do armário próximo ao aterramento devido a dano na pintura externa.

DU 7628

- Oxidação na porta traseira devido a um risco na pintura externa.

DU 8696

- Oxidação na porta traseira devido a um dano na pintura externa.

3) SERVIÇOS EXECUTADOS

- Aquecimento da tubulação de gás.
- Pressurização de gás SF6.
- Verificação de vazamento com detector de vazamento.
- Medição da resistência ôhmica de contato.
- Medição dos tempos de operação dos disjuntores.
- Ensaio funcional.

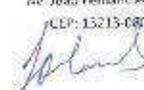
4) OBSERVAÇÕES:

- Os disjuntores foram pré-montados pela empreiteira contratada pelo cliente.
- A Sulgipe deve entrar em contato com a Siemens para tratar dos problemas encontrados.
- Os resultados os testes estão satisfatórios e os disjuntores encontram-se liberados para operação e energização.
- As resistências de aquecimento dos painéis dos disjuntores devem permanecer ligadas até a entrada em operação dos mesmos, a fim de evitar o acúmulo de umidade em seu interior.

5) ANEXOS:

- Fotos dos problemas
- Relatórios de ensaios

ASSINAM OS PARTICIPANTES

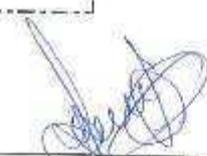
SIEMENS LTDA Av. João Fernandes G. Molina, 1745 CEP: 13215-000 - Jundiaí/SP 	CLIENTE SULGIPE 
Técnico: Jose Orlando Santimaria Email: josesantimaria@gmail.com Fone: (19) 98101-4467 Data: 28/09/2016	Inspetor/Responsável: Ricardo Saad Email: ricardo.saad@sulgipe.com.br Fone: (78) 3530-2512 Data: 28/09/2016

SIEMENS – DISJUNTOR SF₆ 3AP1 FG3-72, 5 KV

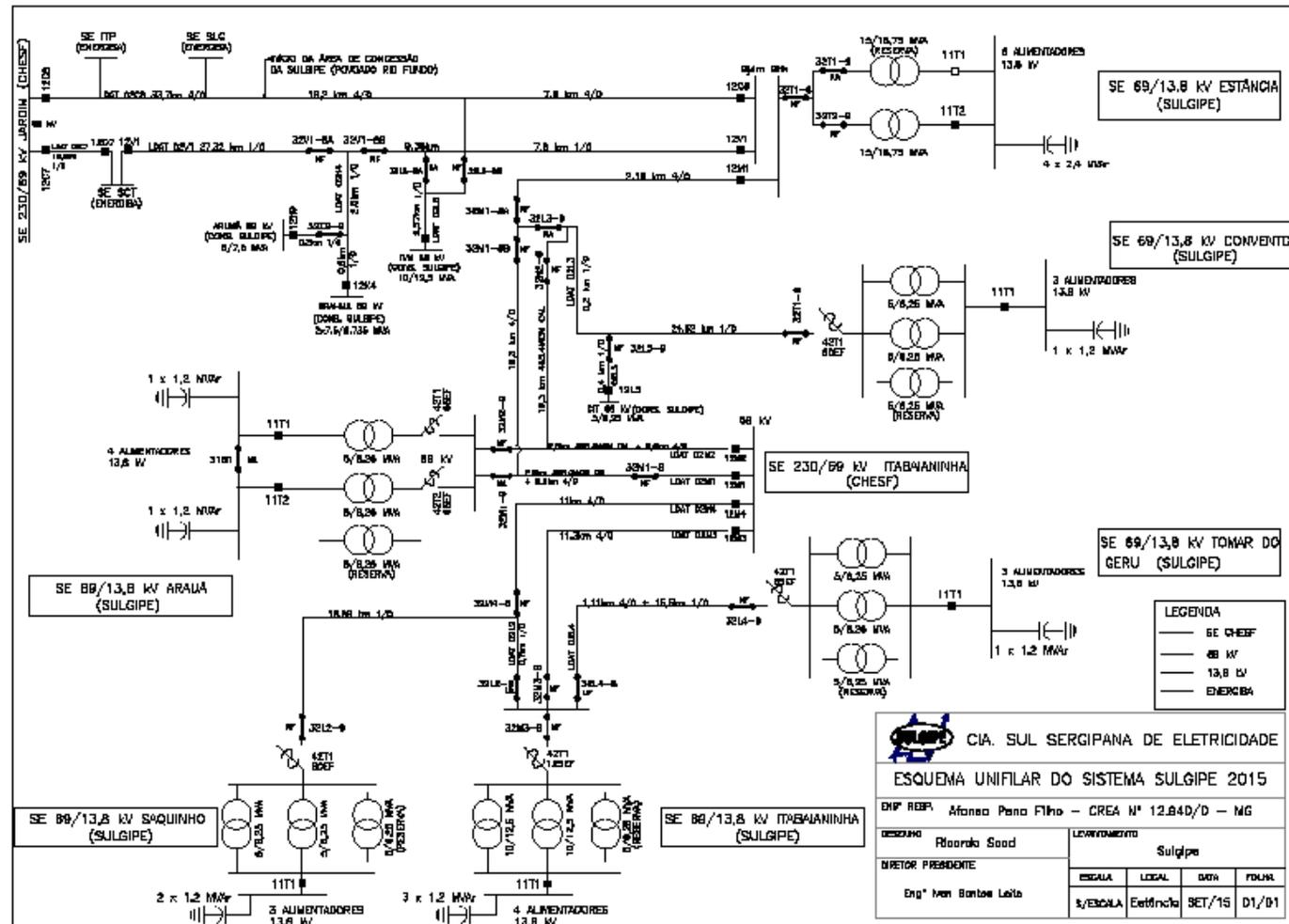
SIEMENS		PTD HP - FÁBRICA DISJUNTOR		DISJUNTOR SF ₆	
		MONTAGEM E COMISSIONAMENTO		3AP1 FG3-72,5 KV	
CLIENTE:	SULGIPE - PROJ 754/14		LOCAL :	ESTANCIA/SE	
LOCAL DA INSTALAÇÃO:	BE JPL				
ENTENDIMENTOS:	MIGUEL AGUIAR				
EXECUTANTE:	JOSÉ ORLANDO SANTIMÁRIA	DATA TÉRMINO:	27/09/2015		
TRABALHO EXECUTADO:	SUPERVISÃO DE MONTAGEM E COMISSIONAMENTO				
UTILIZAÇÃO EM:	LINHA	ESQUEMA ELÉTRICO Nº:	3ME 2107.0754_14-R1		
DADOS DO EQUIPAMENTO:					
Tipo:	3AP1-FG	Tensão nominal:	72,5	KV	
Corrente nominal:	2500	Capacidade de ruptura:	31,6	KA	
Tensão comando:	125 VCC	Tensão de sinalização:	125	Vcc	
Nº fabricação:	7532/2015	Nº. do cliente:			
Pressão de enchimento de SF ₆ a 20 °C:	6,0	bar:	(conforme a placa do controlador)		
Motor:					
Tensão Nominal:	125 VCC				
Corrente Nominal:	6,5 ACC				
<p>ATENÇÃO: Antes dos testes dos intertravamentos do anti-robustezamento, somente operar o disjuntor com a pressão nominal de SF₆, observar a pressão mínima de 3 bar para operações manuais.</p>					
		Polo A	Polo B	Polo C	
Controle de danos no transporte:					
Danos visíveis durante o transporte:	Sim/Não	NÃO	NÃO	NÃO	
Se houveram danos, as mesmas foram notadas:	Sim/Não	NÃO	NÃO	NÃO	
Controle de despacho completo, de acordo com lista de controle:					
Despacho está completo:	Sim/Não	SIM	SIM	SIM	
Parafusos: controle visual (isolador e UI) e danificações no transporte:		OK	OK	OK	
Prova de estanqueidade (suave):					
Carga de SF ₆ com função de desarmar:	Sim/Não	SIM	SIM	SIM	
Suporte base montado nivelado:		OK	OK	OK	
Montar na parte inferior as colunas dos pólos, conforme a marcação LA-LB-LC:		OK	OK	OK	
Montar as barras de acoplamento (LA-LB-LC):		OK	OK	OK	
Fixação dos parafusos conforme momento de torção:		OK	OK	OK	
Acoplar as tubulações de SF₆:		OK	OK	OK	
Controle das unidades rosca das tubos de SF₆:		OK	OK	OK	
Durante a montagem aplicar:					
Lubrificantes:	OK	OK	OK	OK	
Agentes antirruínas:	OK	OK	OK	OK	
Enchimento de SF₆:		OK			
Com a enteca montada em enchimento após a pressão nominal:	(bar)	6,0 Bar a 20 °C			
Se a entrada em funcionamento não for imediata:					
Desliga a energia elétrica do motor:	OK		OK		
Liga o equipamento:	OK		OK		
Retornar a abertura do disjuntor:	OK		OK		
Instalar os parafusos montados no campo:	OK		OK		

Comissionamento			
A) ele da proteção do motor 1.1 In (A) (de acordo no formulário)			
Verificar a corrente de disparo da proteção em In (A)			
Corrente de aquecimento: Exatidão supervisão de aquecimento quando a ele verificada o seu funcionamento corrente, a medida pode ser desproteção (A)	Polo A	Polo B	Polo C
Preencher com SF ₆ à pressão nominal (bar/°C)		6,0 Bar A 20 °C	
Operações de segurança: com comando remoto aproximadamente 60m. fazer 5 aberturas e 5 fechamentos, com pressão nominal do SF ₆ - OK			
OK			
Controle funcional do disjuntor tripolar: OK			
Fechamentos/aberturas, bloqueio, sinalização, sincronismo, anti-bombeario. Módulo de teste, considerar o esquema obtido do disjuntor e diagrama de comando de subestação.			
Fechamento 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Abertura 1	<input checked="" type="checkbox"/>
(Fechamento 2)	<input type="checkbox"/>	Abertura 2	<input checked="" type="checkbox"/>
		(Abertura 3)	<input type="checkbox"/>
SF₆:		tipo	14-09-E2006-016
Densidade: Fato: Trág. Isolaf	Siemens		
Perda SF ₆ 1: PR42M / 11-12 - Sinalização CCB	<input checked="" type="checkbox"/>	Valores de atuação:	
Perda/Abert. SF ₆ 2: PR42M / 21-22 - Sinalização CCB	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura	29,1 °C
Perda/och. SF ₆ 3: PR42M / 31-32 - Sinalização CCB	<input checked="" type="checkbox"/>	Perda do SF ₆ 1	6,36 bar
	<input type="checkbox"/>	Perda do SF ₆ 2	5,88 bar
	<input type="checkbox"/>	Perda do SF ₆ 3	— bar
	<input type="checkbox"/>	Bloqueio fechamento, 1	
	<input type="checkbox"/>	Bloqueio abertura, 1	
Mecanismo de operação:			
Modo de carregamento de modo: Tempo de carga (em carregamento 9 s)		<input type="text" value="7"/>	segundos
Com RB energizado (modo à abertura): Sinalização	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="6,17"/>	A. máximo
Sinalização para de fechamento desenergizado CA19	<input checked="" type="checkbox"/>		
Dec. religamento 1	CCB e CA19	<input checked="" type="checkbox"/>	CCB e CA19
Blq. religamento 2		<input type="checkbox"/>	
Bloqueio Anti-bombeario, 1	CCB	<input checked="" type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
(Relés operadores instalados nos cubículos locais deverão ser testados conforme esquemas e lista da instrução)			
Unidade TRIP	<input type="checkbox"/>	Indicador posição	<input checked="" type="checkbox"/>
		Alarma de defeito	<input type="checkbox"/>
Contador manobras	<input checked="" type="checkbox"/>	Aquecimento: Alarma TRIP	<input type="checkbox"/>
		Supervisão da função	<input type="checkbox"/>
Supervisão do tempo de funcionamento do motor	<input type="checkbox"/>	e sinalização do aquecimento	
Alarma TRIP de motor (teste)	<input type="checkbox"/>	Tempo	<input type="text"/>
Os relés locais foram testados em:	ARMARIO DE COMANDO		
Reservar controles não calibrados			

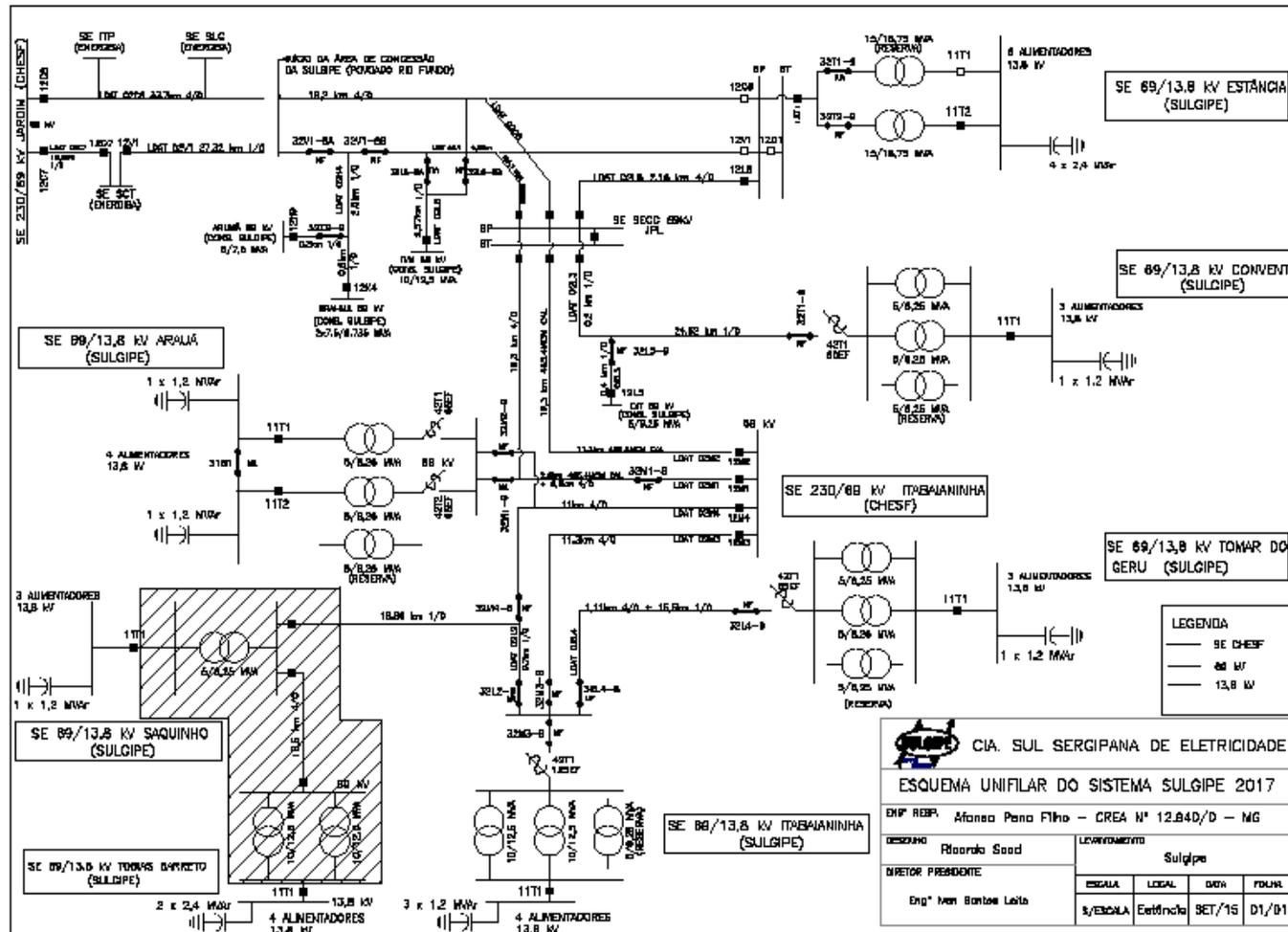
CONTROLES FINAIS:		
Verificar (Se da perda SF ₆ - com coletor de gás)		OK
* Ponto de orvalho temperatura (°C)		
* Percentagem de ar no SF ₆ (%)		
(!) Estas medições não são necessárias quando o gás é novo (contorno real) diretamente da garrafa do fornecedor		
Exatidão final SF ₆	Data: 22/08/16	6,3 Bar a 32 °C
Controle das rasuras de barras (fixação nas flanges e cabos)		OK
Medições após o comissamento		Antes (310) Depois (552)

ENSAIOS:				
1º TEMPOS DE OPERAÇÕES				
Instrumento utilizado: EGIL - Siemens 428470				
FECHAMENTO	PÓLO A =	49,7	ms	DIF. ENTRE POLOS: 1,4 ms
	PÓLO B =	50,9	ms	
	PÓLO C =	49,5	ms	CORRENTE P.C.C: 3425 A
ABERTURA 1	PÓLO A =	27,8	ms	DIF. ENTRE POLOS: 0,0 ms
	PÓLO B =	27,8	ms	
	PÓLO C =	27,8	ms	CORRENTE P.C.C: 312 A
ABERTURA 2	PÓLO A =	27,8	ms	DIF. ENTRE POLOS: 0,0 ms
	PÓLO B =	27,8	ms	
	PÓLO C =	27,8	ms	CORRENTE P.C.C: 317 A
CLOSE-OPEN	PÓLO A =	close=49,2 / open=121,3 / CC=72,1	ms	DIF. ENTRE POLOS: 1,8 ms
	PÓLO B =	close=50,4 / open=121,3 / CC=70,9	ms	
	PÓLO C =	close=48,5 / open=121,3 / CC=72,4	ms	
Q.C.C.	PÓLO A =	open=27,7 / close=149,4 / CC=321,7	ms	DIF. ENTRE POLOS: 0,3 ms
	PÓLO B =	open=27,7 / close=148,2 / CC=321,5	ms	
	PÓLO C =	open=27,7 / close=148,1 / CC=321,4	ms	
2º RESISTÊNCIAS DOS CONTATOS				
Instrumento utilizado: MOM2 - Siemens 428424				
CÂMARAS INDIVIDUAIS	PÓLO A =	38	uΩ	
	PÓLO B =	38	uΩ	
	PÓLO C =	38	uΩ	
3º OBSERVAÇÕES				
ORIGINAL ASSINADO POR				
	Responsável pelo Trabalho	Responsável pelo Circuito		

ESQUEMA UNIFILAR DO SISTEMA SULGIPE 2015



ESQUEMA UNIFILAR DO SISTEMA SULGIPE 2017



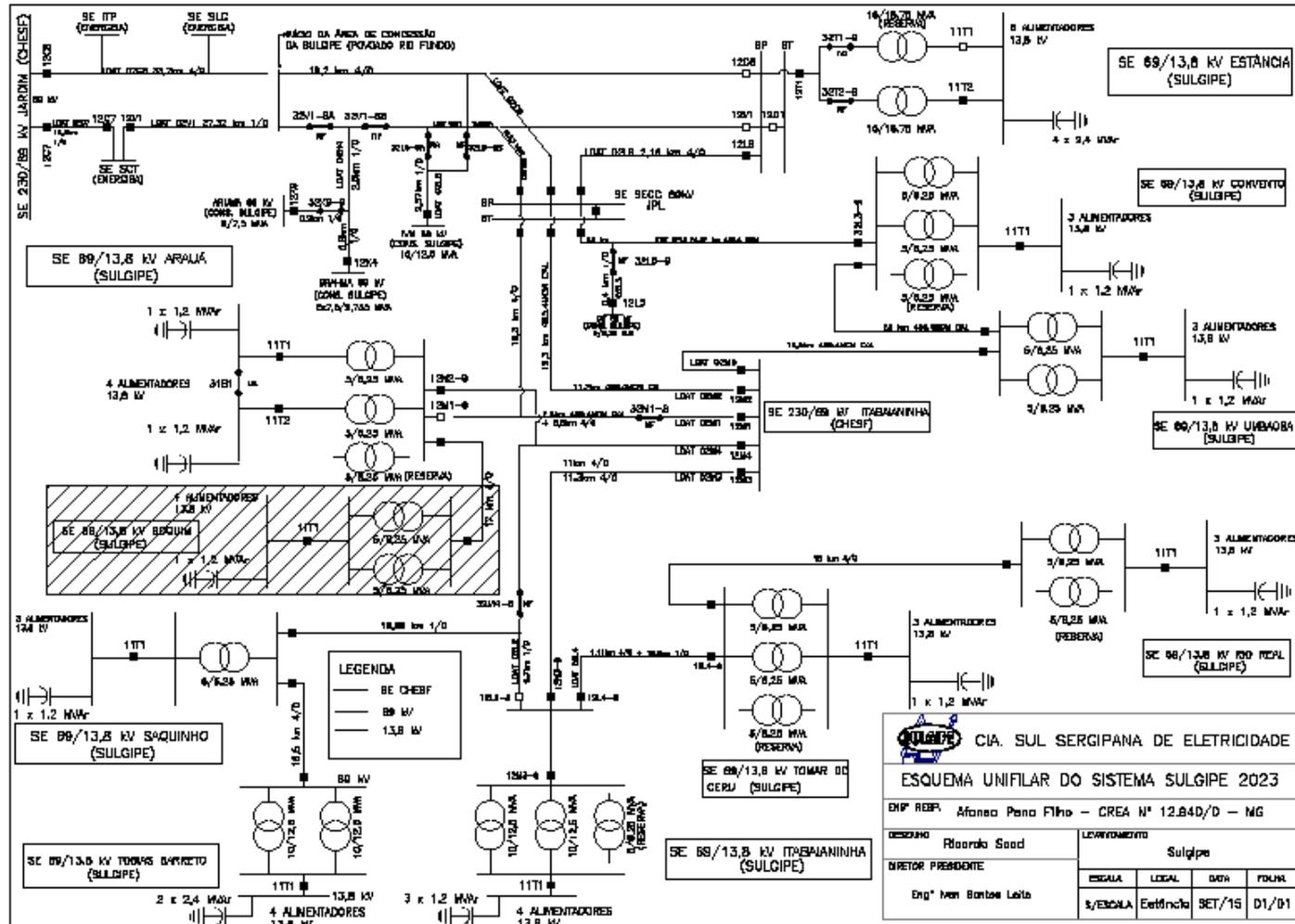
CIA. SUL SERGIPANA DE ELETRICIDADE

ESQUEMA UNIFILAR DO SISTEMA SULGIPE 2017

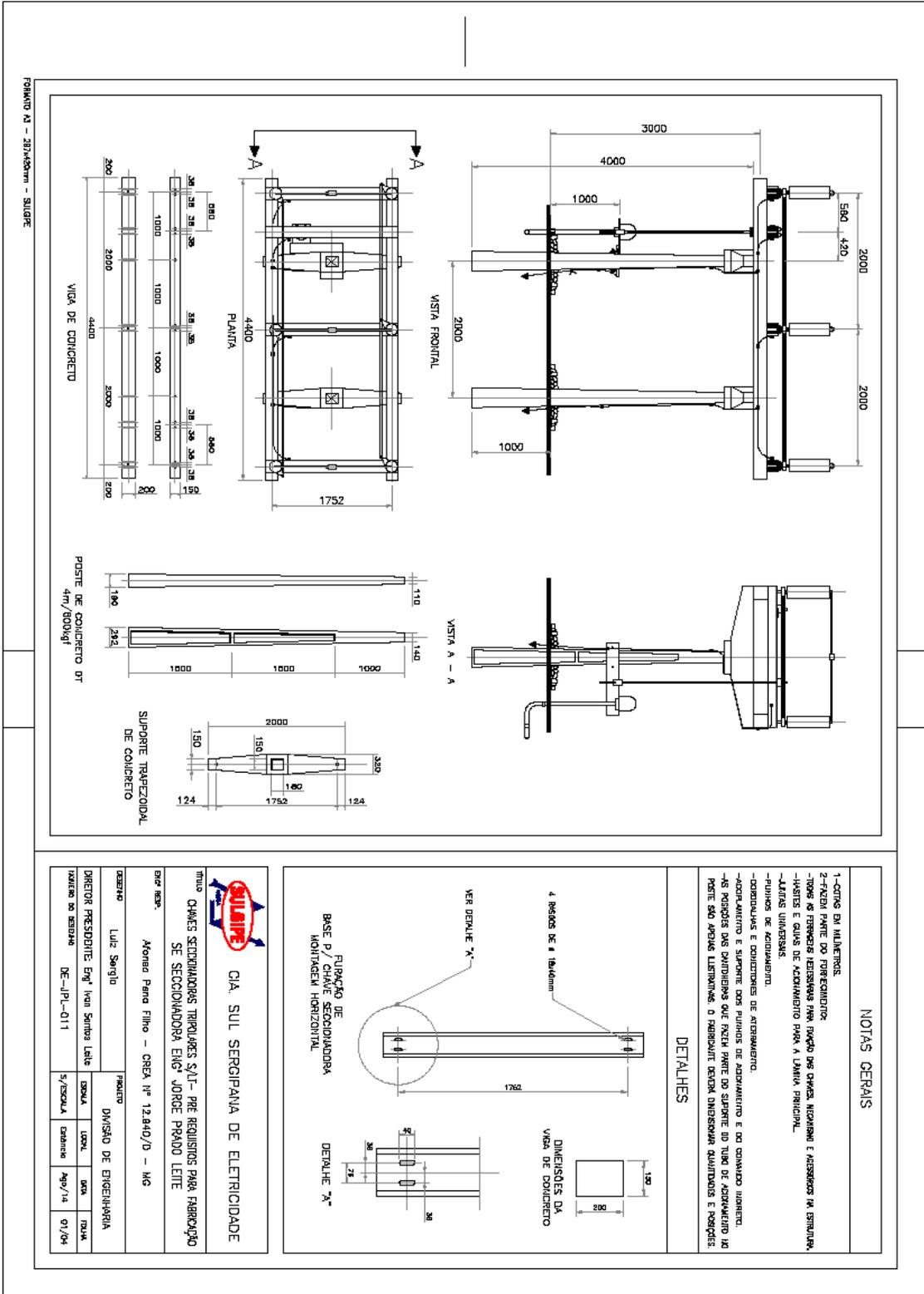
EMP. RESP: Afonso Pena Filho - CREA N° 12.840/D - MG

DESENHO: Roranda Saad	LEVANTAMENTO: Sulgipe
DIRETOR PRESIDENTE: Eng° Ivan Bontas Leite	ESCALA: LOCAL: 1/1000 S/ESCALA: Estática: SET/16 D1/D1

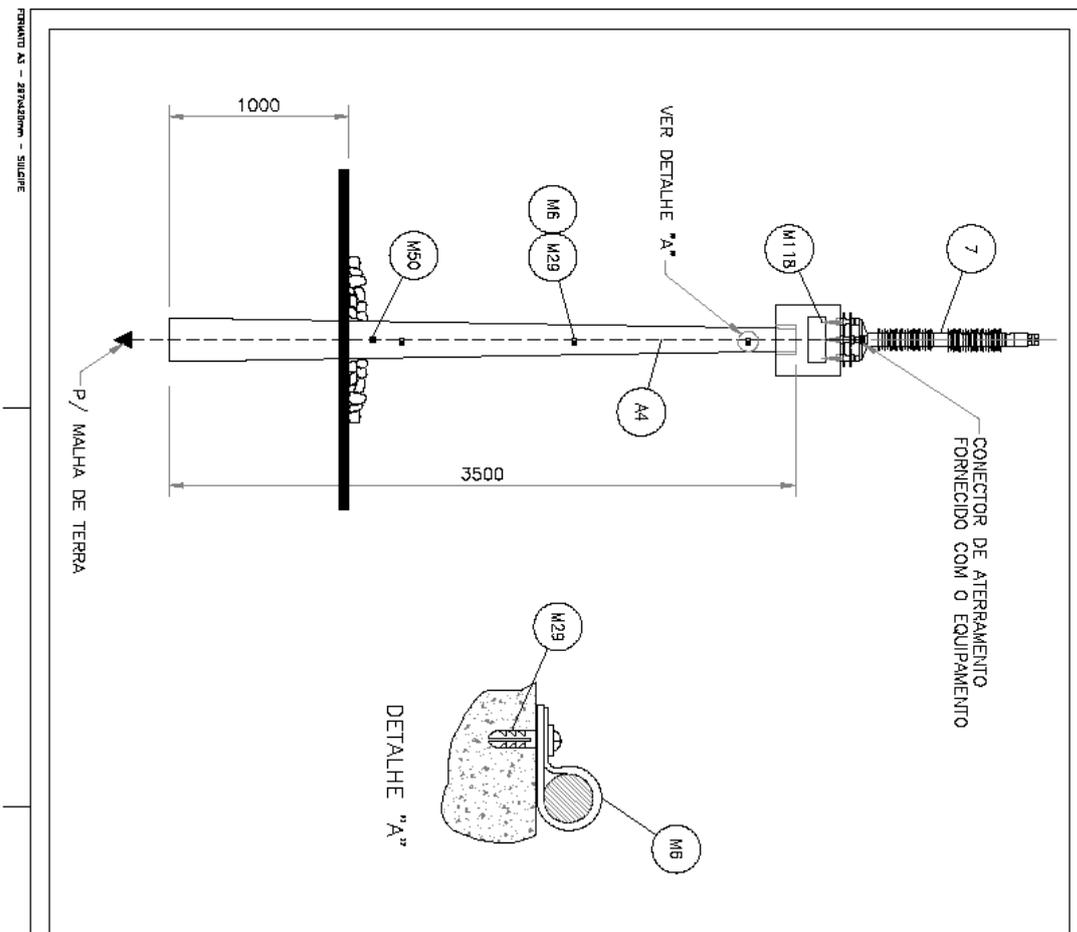
ESQUEMA UNIFILAR DO SISTEMA SULGIPE 2023



CHAVES SECCIONADORAS TRIPOLARES S/LT – PRÉ-REQUISITOS PARA FABRICAÇÃO – SE SECCIONADORA ENG.º JORGE PRADO LEITE



PÁRA-RAIOS 72,5 KV TIPO ESTAÇÃO CLASSE 2
 DETALHES DE MONTAGEM
 SE SECCIONADORA ENG.º JORGE PRADO LEITE



PRADO L.º - 28/04/2006 - SULGIFE

NOTAS GERAIS

1 - DIMENSÕES EM MILÍMETROS.

LISTA DE MATERIAL

ITEM	QUANT	UNID.	DESCRIÇÃO SUJARELA
M6	02	PC	ARVÓZQUELA PLÁSTICA P/ CABO ZINCO (2,0 ANO)
M29	02	PC	BLOCO PLÁSTICO DE ENVIARNO - QUINTELA - S4
M6	06	M	CABO DE CUI (M ZINCO) (2,0/06M)
7	01	Q	PARA RÁDIO POLIURETANO ZINCO TIPO ESTAÇÃO
M50	01	PC	CONECTOR DE ATERRAMENTO PARALELO PARA CABOS ZINCO 16, PASS. E JORNAL
M118	02	PC	PARAFUSO M118X20 COM TORÇÃO DE COMPROMISSO

SULGIFE
SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA RÁDIO

CIA. SUL SERGIPIANA DE ELETRICIDADE

TÍTULO
 PARA - RÁDIO 72,5 KV TIPO ESTAÇÃO CLASSE 2 - DETALHES DE MONTAGEM
 SE SECCIONADORA ENG.º JORGE PRADO LEITE

PROJETA Luz Sergio	VERBO Ricardo Soud	APROVADO Eduardo Duarte Leite
DIRETOR PRESIDENTE Eng.º Ivan Simeão Leite	UNID.	DATA
NÚMERO DO DESENHO DE-JPL-013	ESCALA Escala	DATA 07/01

