

**Joan Francisco Alvarez Burgos**

**Repotencialização em Subestações de Alta Tensão  
Utilizando Módulos de Manobra Híbridos  
Compactos**

**Florianópolis, SC-Brasil**

**9 de novembro de 2017**



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>Motivação . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Metodologia . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.4</b>	<b>Contexto histórico . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Para-Raios . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Muflas e Terminações . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>2.3</b>	<b>Condutores . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>Transformador de Corrente (TC) . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Características construtivas . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>2.4.1.1</b>	<b>Formas Construtivas . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>2.4.1.2</b>	<b>Tipos de isolamento . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Características Elétricas . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2.1</b>	<b>Correntes Nominais . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.2</b>	<b>Cargas Nominais . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.3</b>	<b>Fator de Sobrecorrente . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.4</b>	<b>Corrente de Magnetização . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.5</b>	<b>Tensão Secundária . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.6</b>	<b>Fator Térmico Nominal . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.7</b>	<b>Corrente Térmica Nominal . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.8</b>	<b>Fator Térmico de Curto-circuito . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.9</b>	<b>Corrente Dinâmica Nominal . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.10</b>	<b>Tensão Suportável à Frequência Industrial . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.11</b>	<b>Polaridade . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Classificação . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.3.1</b>	<b>TCs para serviço de medição . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.3.1.1</b>	<b>Fator de sobrecorrente . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.4.3.2</b>	<b>TCs para serviço de proteção . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Transformador de Potencial (TP) . . . . .</b>	<b>17</b>

2.6	Chave seccionadora . . . . .	17
2.7	Painéis . . . . .	17
2.8	Disjuntor . . . . .	17
2.9	Transformador de Potência . . . . .	17
2.10	Capacitores de Potência . . . . .	17
2.11	Resistores de Aterramento . . . . .	17
2.12	Reguladores de Tensão . . . . .	17
2.13	Religadores Automáticos . . . . .	17
2.14	Relés . . . . .	17
3	ESPECIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS . . . . .	19
3.1	Corrente de Curto-Circuito . . . . .	19
4	PROJETO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO .	21
4.1	Introdução . . . . .	21
4.1.1	Entrada de Linha (EL) . . . . .	21
4.1.2	Conexão de Auto/Transformador (CT) . . . . .	22
4.1.3	Alimentador (AL) . . . . .	22
4.1.4	Interligação de Barramentos (IB) . . . . .	22
4.2	Configurações de barra . . . . .	25
4.2.1	Barra Simples (BS) . . . . .	26
4.2.2	Barra Principal e Transferência (BP+T) . . . . .	27
4.2.3	Barra Dupla com Disjuntor Simples a Três, Quatro e Cinco Chaves (BD-Ds-3 ch) . . . . .	27
4.2.4	Anel Simples (AN) . . . . .	30
4.2.5	Anel Múltiplo (ANM) . . . . .	30
4.2.6	Barra Dupla com Disjuntor e Meio (BD-D1/2) . . . . .	32
4.2.7	Barra Dupla com Disjuntor e Meio Modificado (BD- D1/2-M) . . . . .	34
4.2.8	Barra Dupla com Disjuntor Duplo (BD-Dd) . . . . .	34
5	PROBLEMÁTICA DA DEMANDA DE CARGA DA SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ (CBU) – SC . . . . .	39

<b>6</b>	<b>SOLUÇÃO DE AMPLIAÇÃO PARA A SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>COMO É FEITO EM OUTRAS PARTES DO MUNDO</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>47</b>



# 1 INTRODUÇÃO

O estudo de caso consiste na ampliação da Subestação Camboriú de responsabilidade das Centrais Elétricas de Santa Catarina – Celesc que opera em plena carga de 30MVA segundo dados do Centro de Operação do Sistema Elétrico da Celesc desde final de 2013.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

O acadêmico teve a possibilidade de realizar o programa de estágio na empresa Celesc Distribuição S.A. na Divisão de Subestações que possibilitou o contato com projetos de todo o estado de Santa Catarina.

Com o crescente aumento da demanda no município de Balneário Camboriú e os desligamentos acidentais de energia no verão de 2013/2014 visto que a população pode variar de 100 mil habitantes para expressivos 1 milhão nas festas de fim de ano.

A nova tecnologia de Módulo de Manobra Híbridos Compactos que integram dentro de si diversos equipamentos como: disjuntor, seccionadoras, chaves de aterramento, terminais de vedação de cabos, interruptores de chaveamento rápidos e TPs, exceto TCs do tipo anel e dito híbridos, pois combinam as tecnologias de extinção de arco como Air Insulated System (AIS) e Gas Insulated System (GIS) que utiliza gás  $SF_6$  trazendo assim o que tem de melhor das duas tecnologias para confiabilidade e robustez do sistema.

Somando que esta tecnologia tem sido implantada em subestações compactas com tecnologia RDS na Subestação Bombinhas e em subestações abrigadas como a Subestação Agrônômica.

## 1.2 OBJETIVOS

O projeto visa estudar a implantação e execução do projeto já realizado pela Departamento de Planejamento, enumeração e função de componentes da subestação e principalmente estudar a solução que foi lançada com o objetivo de ampliar de 30MVA para 75MVA até final de 2016 e possibilidade de ampliação futura para até 160MVA utilizando o mesmo pátio de manobra,

ou seja, utilizando o mesmo terreno que encontra se sem espaço físico para abrigar mais equipamentos que não sejam compactos.

### 1.3 METODOLOGIA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

### 1.4 CONTEXTO HISTÓRICO



## 2 EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES

Inicialmente para melhor elucidar o trabalho proposto faz-se necessário uma descrição inicial do que é uma subestação e a enumeração dos seus principais equipamentos que a compõe. Somente no [Capítulo 4](#) se fará uma descrição da maneira como esses equipamentos podem ser arranjados para melhor confiabilidade do sistema.

### SUBESTAÇÃO

Uma Subestação é um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica de tensão e corrente, permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização. [\(FILHO, 2007\)](#)

#### 2.1 PARA-RAIOS

O para-raios (mostrado na [Figura 1a](#)) é um equipamento de proteção principalmente constituído por uma série de varistores<sup>1</sup> de alta potência colocados em série, projetado para reduzir o nível dos surtos de sobretensão a valores compatíveis com a suportabilidade desses sistemas provenientes principalmente de descargas atmosféricas.

Os para-raios utilizam a propriedade de não linearidade dos elementos que são fabricados para conduzir a corrente de descarga associados às tensões induzidas nas redes, em seguida interromper as correntes subsequentes e conduzi-las à terra.

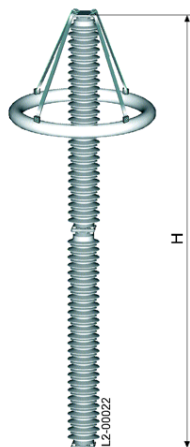
Estes são construídos por meio da escolha de dos materiais: o carbonato de silício (SiC) ou óxido de zinco (ZnO).

---



<sup>1</sup> Um componente elétrico que varia sua resistência conforme a tensão aplicada [\(MILLMAN, 1983, p. 413\)](#)

Figura 1 – Para-raios e sua placa de identificação

(a) Para-raio de Potência



(b) Placa de identificação

<div> <b>SIEMENS</b> </div>			
PARA-RAIOS DE ÓXIDO DE ZINCO		3EL2 120-2PM31-4NA1	
Tensão Nominal	120 kV	Número de série	(*)
Max. TOC	96 kV	ano de fabricação	2008
Nível básico de impulso	650 kV	Massa total da unidade completa	36,0 kg
Frequência Nominal	60 Hz	Corrente suportável sob falta	65 kA/0,2s
Tensão de Referência	117...139 kV	Corrente nominal descarga (8/20µs)	10 kA(pico)
Classe de descarga na linha	3	Norma técnica de projeto e ano de sua Edição IEC 60099-4, Ed 1.2, 2001-12	
Tensão residual com 10 kA, 1/2µs		305 kV	
Tensão residual com 10 kA, 8/20µs		288 kV	
Tensão residual com 1 kA, 30/60µs		236 kV	
Número do CONTRATO		*	
Número do Manual de Instrução		928 00047 179	
MADE IN GERMANY			

## 2.2 MUFLAS E TERMINAÇÕES

## 2.3 CONDUTORES

## 2.4 TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC)

Um transformador de corrente ou simplesmente TC é um dispositivo que reproduz no seu circuito secundário, a corrente que circula em um enrolamento primário com sua posição vetorial substancialmente mantida, em uma proporção definida, conhecida e adequada. Os transformadores de corrente, também chamados de transformadores de instrumentos, utilizados em aplicações de alta tensão (situações essas onde circulam, frequentemente, altas correntes), fornecem correntes suficientemente reduzidas e isoladas do circuito primário de forma a possibilitar o seu uso por equipamentos de medição, controle e proteção.(FILHO, 2013)

### 2.4.1 Características construtivas

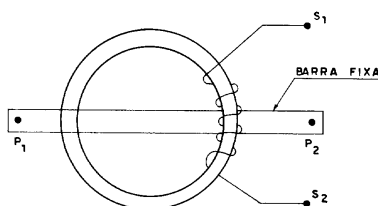
A seguir apresenta-se as diferentes formas para diferentes usos do TC.

### 2.4.1.1 Formas Construtivas

#### a) TC tipo barra

É aquele cujo enrolamento é constituído por uma barra fixada através do núcleo do transformador, conforme mostrado na [Figura 2](#).

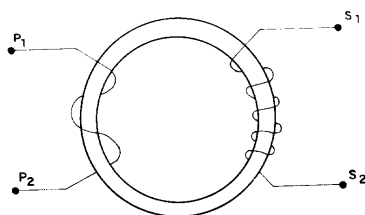
Figura 2 – TC tipo barra



#### b) TC tipo enrolado

É aquele cujo enrolamento é constituído de uma ou mais espiras envolvendo o núcleo do transformador, conforme ilustrado na [Figura 3](#).

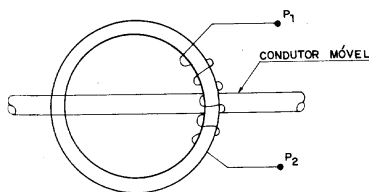
Figura 3 – TC tipo enrolado



#### c) TC tipo janela

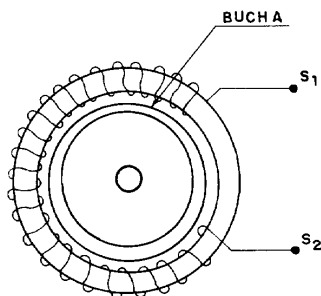
É aquele que não possui o primário fixo no transformador e é constituído de uma abertura através do núcleo, por onde passa o condutor que forma o circuito primário, conforme apresenta na [Figura 4](#).

Figura 4 – TC tipo janela

**d) TC tipo bucha**

É aquele cuja características são semelhantes às do tc do tipo barra, porém sua instalação é feita na bucha dos equipamentos, que funcionam como enrolamento primário, de acordo com a [Figura 5](#).

Figura 5 – TC tipo bucha

**e) TC tipo núcleo dividido**

É aquele cujas características são semelhantes às do tipo janela, em que o núcleo pode ser separado para permitir envolver o condutor que funciona como enrolamento primário, conforme se mostra na [Figura 6](#).

**f) TC tipo vários enrolamentos primários**

É aquele constituído de vários enrolamentos primários montados isoladamente e apenas um enrolamento secundário, conforme a [Figura 7](#).

Figura 6 – TC tipo núcleo dividido

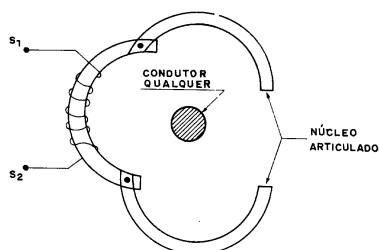
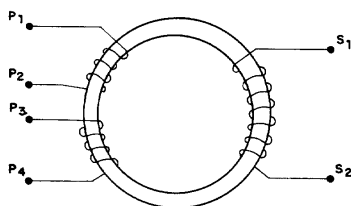


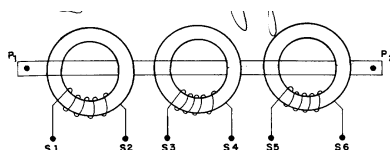
Figura 7 – TC tipo vários enrolamentos primários



#### g) TC tipo vários núcleos secundários

É aquele constituído de dois ou mais núcleos secundários montados isoladamente formando com o enrolamento primário, um só conjunto, conforme se mostra na [Figura 8](#).

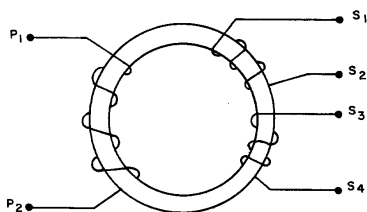
Figura 8 – TC tipo vários núcleos secundários



#### h) TC tipo vários enrolamentos secundários

É aquele constituído de um núcleo envolvido pelo enrolamento primário e vários enrolamentos secundários, conforme se mostra na [Figura 9](#), e que podem ser ligados em série ou paralelo.

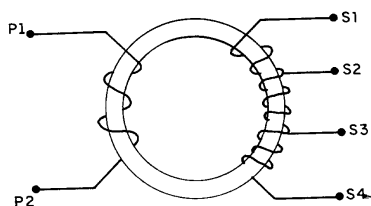
Figura 9 – TC tipo vários enrolamentos secundários



### i) TC tipo derivação no secundário

É aquele constituído de um único núcleo envolvido pelo enrolamentos primário e secundário, sendo este promovido de uma ou mais derivações. Entretanto, o primário pode ser constituído de um ou mais enrolamentos, conforme se mostra na [Figura 7](#). Como os ampères-espiras variam em cada relação de transformadores considerada, somente é garantida a classe de exatidão do equipamento para a derivação que contiver o maior número de espiras. A versão desse tipo de TC é apresentada na [Figura 10](#).

Figura 10 – TC tipo derivação no secundário



### j) TC de barra do tipo relação múltiplas com primário em várias seções

É aquele constituído de múltiplas barras no primário que podem ser ligadas em série-paralelo formando múltiplas relações.

### 2.4.1.2 Tipos de isolamento

#### a) TCs de baixa tensão

Os núcleo e os enrolamentos são encapsulados em resina epóxi que os torna rígidos, tornando-os compactos com características eletromecânicas de grande desempenho. Porém o epóxi tem a desvantagem de ser descartável depois de uma falha interna não sendo possível sua recuperação.

#### b) TCs de média e alta tensão

Para a média tensão o isolamento pode ser em resinas sintéticas e a óleo mineral isolante, geralmente imerso num tanque metálico cheio de óleo. Agora os terminais constituídos por isoladores de porcelana.

Para a alta tensão é usado porcelana-óleo e a hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ ).

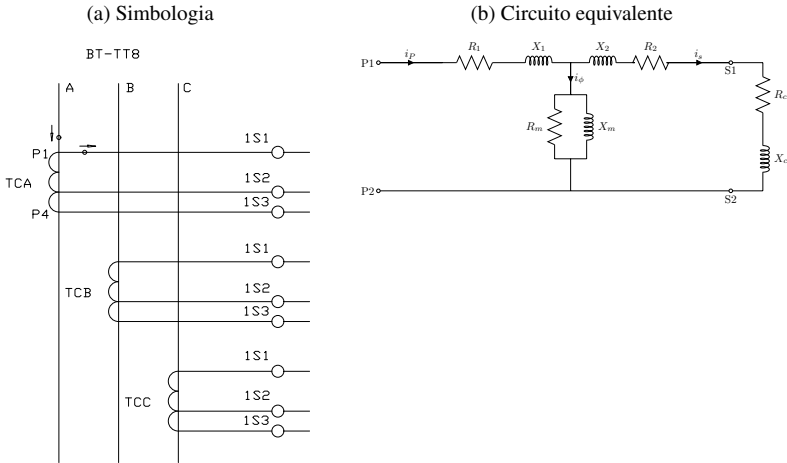
## 2.4.2 Características Elétricas

O circuito equivalente padrão dos transformadores de corrente mostra os terminais primários de alta tensão P1 e P2 e os terminais secundários S1 e S2, como visto na [Figura 11b](#).

O ponto para transformadores com polaridade aditiva, mostrado na [Figura 11a](#) indica onde entra a corrente no primário e onde sai a corrente no secundário (defasagem de  $180^\circ$ ). Modelos industriais de TC's têm os terminais de alta tensão marcados como P1 e P2 (Primário 1 e Primário 2), sendo que em muitos casos pode haver diferentes ligações do circuito primário com diferente relação de transformação. Os terminais secundários são marcados como 1S1, 1S2, 1S3, indicando respectivamente o número do enrolamento, o símbolo de terminal secundário (s) e o número da derivação do terminal secundário. Na [Figura 11a](#) é mostrado a simbologia de três TC's nas fases A, B e C da baixa tensão de um transformador.

O circuito equivalente, de modo geral, para um transformador de corrente pode ser modelado como no esquema da [Figura 11b](#). Onde as resistências e as reatâncias com índice 1 são relativas ao primário, as com índice 2 são

Figura 11 – Simbologia e circuito equivalente simplificado do TC



Fonte: Do autor

relativas ao secundário e o núcleo de ferro do acoplamento magnético representado com o índice m onde o  $R_m$  representa as perdas ôhmicas através das correntes de histerese e de Foulcault e  $X_m$  responsável pela corrente reativa devida à circulação das linhas de fluxo do circuitos magnético. (FILHO, 2013)

Pela Figura 11b pode-se entender que a uma corrente  $I_p$  absorvida da rede provoca uma queda de tensão no primário, em seguida é transmitida ao secundário que alimenta a bobina secundária e a bobina do galvanômetro (ou medidor digital) representado pela impedância  $Z_c = R_c + iX_c$ . As perdas do núcleo por meio da corrente  $I_\phi$  determinam o erro de medição, com isto é possível calcular a corrente do secundário por  $I_s = I_p - I_\phi$ .



Figura 12 – Foto de um Transformador de Corrente



Fonte: Do autor

#### **2.4.2.1 Correntes Nominais**

#### **2.4.2.2 Cargas Nominais**

#### **2.4.2.3 Fator de Sobrecorrente**

#### **2.4.2.4 Corrente de Magnetização**

#### **2.4.2.5 Tensão Secundária**

#### **2.4.2.6 Fator Térmico Nominal**

#### **2.4.2.7 Corrente Térmica Nominal**

#### **2.4.2.8 Fator Térmico de Curto-circuito**

#### **2.4.2.9 Corrente Dinâmica Nominal**

#### **2.4.2.10 Tensão Suportável à Frequência Industrial**

#### **2.4.2.11 Polaridade**

### **2.4.3 Classificação**

#### **2.4.3.1 TCs para serviço de medição**

São os transformadores cuja função é medir, requer reproduzir fielmente a magnitude e o ângulo de fase da corrente, sua precisão deve ser garantida desde uma pequena fração de corrente nominal da ordem de 10% até o excesso de corrente da ordem de 20%, sobre o valor nominal.(MEZA, 2014)

##### **2.4.3.1.1 Fator de sobrecorrente**

Além de representar uma elevada segurança aos operadores e leituristas, os TCs têm a finalidade de proteger os instrumentos de medida contra sobrecargas ou sobrecorrentes de valores muito elevados. Isto é possível, porque o seu núcleo é especificado para entrar em saturação para correntes superiores à corrente nominal vezes o fator de sobrecorrente, conforme se pode mostrar na Equação 2.1.

$$F_s = \frac{I_{ps}}{I_{np}} \quad (2.1)$$

### 2.4.3.2 TCs para serviço de proteção

São os transformadores cuja função é proteger um circuito, requer conservar sua fidelidade até um valor de vinte vezes a magnitude de corrente nominal, quando trata-se de grande redes com altas correntes poder ser necessário requerer trinta vezes a corrente nominal.

No caso dos relés de sobrecorrente, só importa a relação de transformação, mas em outros tipos de relés, como pode ser os de impedância, é requerido além da relação de transformação, manter o erro do ângulo de fase dentro dos valores predeterminados.(MEZA, 2014)

## 2.5 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)

## 2.6 CHAVE SECCIONADORA

## 2.7 PAINÉIS

## 2.8 DISJUNTOR

## 2.9 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

## 2.10 CAPACITORES DE POTÊNCIA

## 2.11 RESISTORES DE ATERRAMENTO

## 2.12 REGULADORES DE TENSÃO

## 2.13 RELIGADORES AUTOMÁTICOS

## 2.14 RELÉS



### 3 ESPECIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

O estudo básico necessários para a especificação das características elétricas dos equipamentos, que consistem basicamente dos estudos de fluxo de potência para a determinação das correntes nominais, dos estudos de curto-circuito para a determinação da suportabilidade a correntes de curto-circuito dos equipamentos e da capacidade de interrupção dos disjuntores e dos estudos de sobretensões para a determinação dos níveis de isolamento. Existe ainda uma série de outros estudos específicos que dependem do tipo de aplicação de cada equipamento (abertura de seccionadores em subestações de  $SF_6$ , chaveamento de banco de capacitores em derivação etc.).

A especificação destas características deverá se basear em quatro fatores principais: experiência, estudos, normas e padronização. Neste ponto, os estudos realizados na etapa de detalhamento se fundamentarão principalmente no diagrama unifilar, consistindo basicamente no estudo do fluxo de potência para a determinação das correntes nominais, no estudo de curto-circuito para a determinação da suportabilidade ao curto-circuito e da interruptibilidade dos disjuntores e no estudo das sobretensões para a determinação dos níveis de isolamento.

Este capítulo irá mostrar alguns equipamentos e sua devida especificação a partir de tabelas de seus manuais e os procedimentos descritos em [D'AJUZ \(1985\)](#), [D'AJUZ \(1987\)](#) e [FRONTIN \(2013\)](#).

#### 3.1 CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

Em geral as características destes equipamentos são semelhantes às dos equipamentos de alta tensão, porém devidamente dimensionadas para médias tensões. No caso das correntes de curto-circuito, entretanto, o método de cálculo utilizado se difere.

Neste método relaciona-se a tensão nominal do circuito, a potência aparente trifásica e a impedância percentual do transformador de força com a corrente de curto-circuito da seguinte forma:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (3.1)$$

$$I_{cc} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot Z} = \frac{I_n}{Z} \quad (3.2)$$

Onde:

- $I_n$  – Corrente Nominal;
- $S$  – Potência aparente do transformado;
- $U_n$  – Tensão nominal;
- $I_{CC}$  – Corrente de curto circuito;
- $Z$  – Impedância percentual do transformador;

## 4 PROJETO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO

A [Standard \(2006\)](#) define os circuitos de alta tensão como sendo aqueles com tensões acima de 1000V em corrente alternada. No presente capítulo serão abordados os diferentes tipos de configuração de barra de subestações de distribuição, ou seja, entre 13,8kV e 138kV. Far-se-á primeiramente algumas definições.

### 4.1 INTRODUÇÃO

Segundo [FRONTIN \(2013\)](#) o módulo de manobra consiste no conjunto de equipamentos, materiais e serviços necessários à implantação dos setores de manobra. Todavia outra denominação usualmente usada como vãos, ou na sua denominação em inglês *bay*, em seu cerne, estas denominações caracterizam o espaço físico para realização de funções (manobras) que permitem a composição da subestação em módulos. Ao longo do capítulo, ficará claro que a subestação pode ser montada como uma espécie de LEGO, cujos diversos tipos de *bays* podem se encaixar conforme necessidade e espaço físico disponível. Os principais vãos (ou módulos de manobra, ou *bays*) em subestações podem ser definidas como:

- Entrada de Linha (EL)
- Interligação de Barramentos (IB)
- Conexão de Auto/Transformador (CT)
- Alimentador (AL)

#### 4.1.1 Entrada de Linha (EL)

A entrada de linha consiste na fonte de energia que alimenta a subestação. Os padrões provêm segundo a [Agência Nacional de Energia Elétrica \(2010\)](#).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> A NT409 informa sobre a metodologia de composição dos módulos construtivos do sistema brasileiro de distribuição de energia elétrica, referente às redes, linhas e subestações de distribuição, com tensão inferior a 230 kv. metodologia de composição dos módulos construtivos do

A [Figura 13](#) mostra o arranjo padrão para entradas de linha em 138kV, verifica-se a utilização do para-raio (PR) como primeiro equipamento para proteção dos equipamentos subsequentes contra descargas atmosféricas, equipamentos de proteção como os transformadores de potencial (TP) e corrente (TC), derivação para as chaves seccionadoras que se dirigem para o disjuntor (DJ) principal (seccionadoras normalmente fechadas) e para o disjuntor TIE (seccionadoras normalmente abertos, caso os disjuntor principal não esteja em manutenção), e a presença dos dois barramentos para execução da manobra de manutenção dos disjuntores.

#### 4.1.2 Conexão de Auto/Transformador (CT)

A conexão de transformador liga o barramento ao transformador. A [Figura 14](#) mostra no lado de alta a conexão em barra principal e de transferência com proteção do disjuntor ligado na barra principal, derivação com uma chave para a barra de transferência. No lado de baixa, a conexão é feita em barra simples comum nestes níveis de tensão, onde se utiliza apenas um *bypass* com uma chave seccionadora.

Já a [Figura 15](#) mostra um exemplo de conexão de transformador quando a alta é ligado aos dois barramentos.

#### 4.1.3 Alimentador (AL)

Os alimentadores são os vãos de ramificação geralmente de saída ligados no setor de baixa do qual a energia elétrica diverge para abastecimento de uma carga. Neste *bays* é utilizado o religador (RL) como dispositivo de proteção como mostrado na [Figura 16](#).

#### 4.1.4 Interligação de Barramentos (IB)

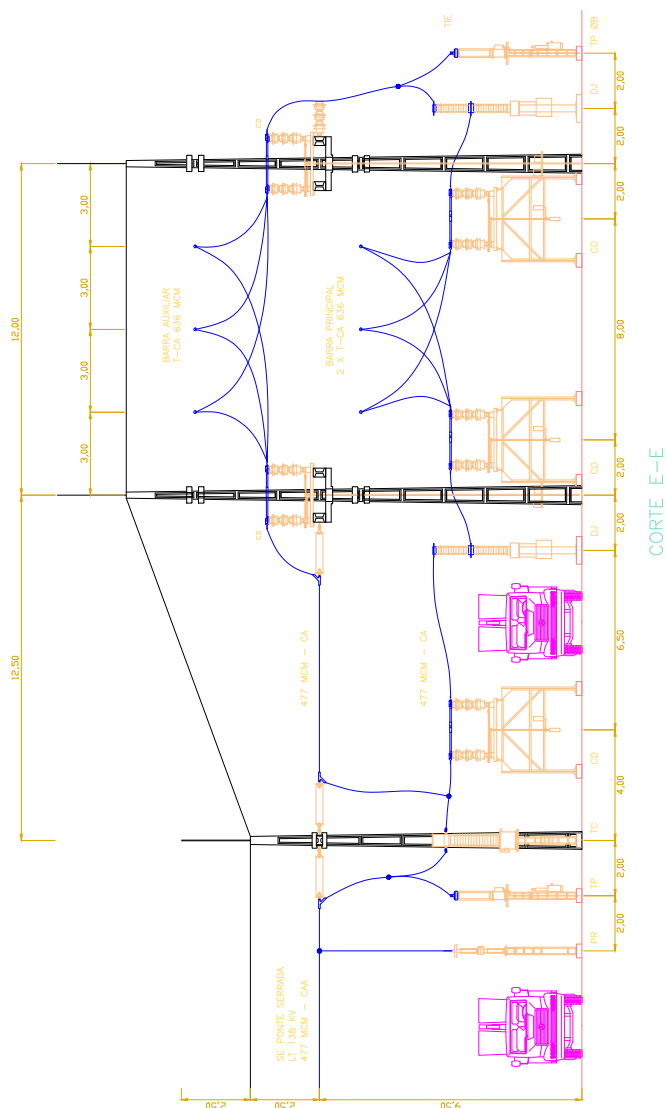
Quando se faz necessário a substituição ou manutenção de um disjuntor de uma entrada de linha ou o religador de um alimentador, entra em ação como substituto o disjuntor ou religador de transferência comumente chamado de

---

sistema brasileiro de distribuição de energia elétrica, referente às redes, linhas e subestações de distribuição, com tensão inferior a 230 kv

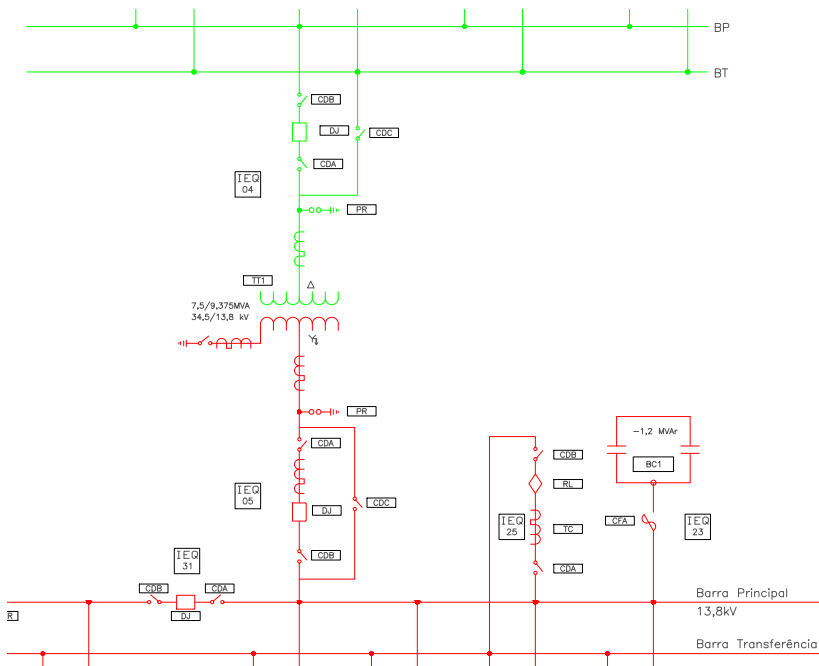


Figura 13 – Corte Lateral de uma Entrada de Linha



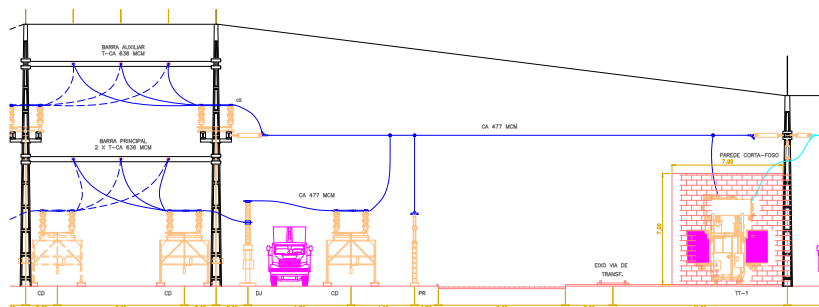
Fonte: Cedido por Celesc S.A. - Subestação Concórdia São Cristóvão - 138/34/13,8kV

Figura 14 – Diagrama unifilar de uma conexão de transformador



Fonte: Do autor

Figura 15 – Corte de uma conexão de transformador em 138kV



Fonte: Cedido por Celesc S.A. - Subestação Concórdia São Cristóvão - 138/34/13,8kV





seja um alimentador.

Como mostrado na entrada de linha 1 da [Figura 18](#), pode-se adicionar uma chave seccionadora CDC para melhoria do arranjo com função de *bypass*, ou seja, passagem direta da energia, entretanto corre risco de caso esta chave CDC estar acionada expor a subestação a falhas.

#### 4.2.2 Barra Principal e Transferência (BP+T)

A [Figura 19](#) apresenta a adição de uma barra de transferência ou também chamada de barra auxiliar, que permite a substituição ou manutenção de qualquer disjuntor sem o desligamento de qualquer linha. Nesta configuração é necessário todavia a adição do TIE, com função de interligação das barras e substituição da proteção para a linha em manutenção como citado na [subseção 4.1.4](#).

As vantagens são de baixo custo, qualquer disjuntor pode ser retirado de serviço para manutenção e os equipamentos podem ser conectados e desconectados à barra principal sem muitas dificuldades.

As desvantagens são o custo de um disjuntor extra para conexão com outra barra, manobras relativamente complicadas para colocar um disjuntor em manutenção, falhas num barramento ou num disjuntor resulta no desligamento da subestação e a barra de transferência opera cerca de toda sua vida útil desenergizada.

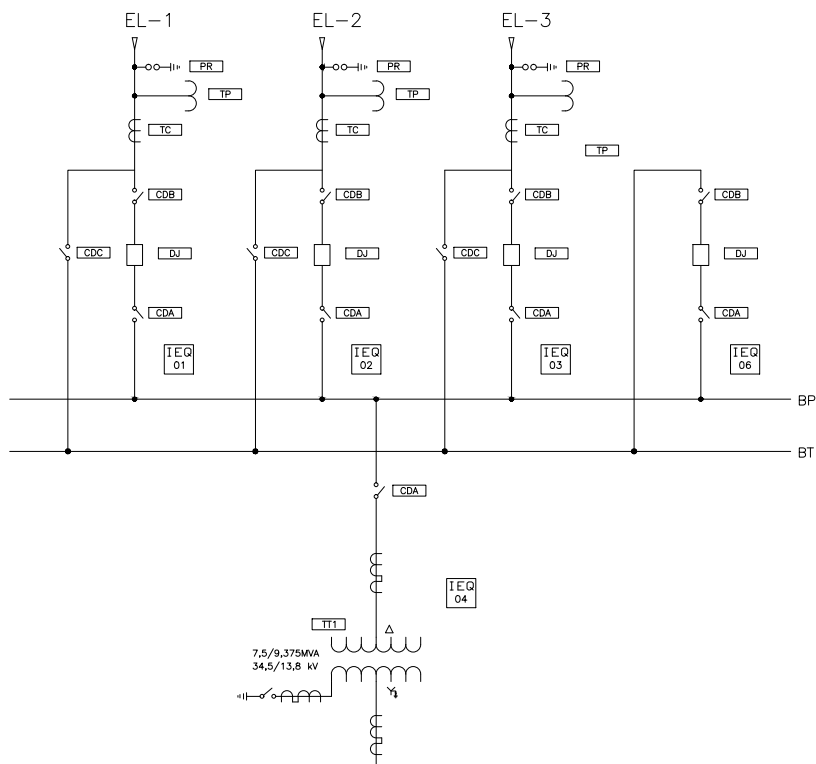
#### 4.2.3 Barra Dupla com Disjuntor Simples a Três, Quatro e Cinco Chaves (BD-Ds-3 ch)

A [Figura 20](#) apresenta três tipos de entrada de linha, a três, quatro e cinco chaves conectados a duas barras que ao contrário da [subseção 4.2.2](#), apresenta estas duas barras energizadas. O direcionamento é feito por meio das chaves seccionadoras das entradas de linha para separação de zona de proteção.

Na entrada de linha (EL-1) com três chaves a inexistência de chaves de *bypass*, a manutenção ou reparos em disjuntores retira de operação o circuito do sistema. Em sistemas em malha (malhado) ou redundantes, este fato torna-se irrelevante. Ainda, não ocorre a perda de configuração normal,



Figura 19 – Configuração Barra Principal e Transferência



Fonte: Do autor

manutenção e reparos sem que seja necessário desligar o circuito da linha. Neste caso se aproveita a operação da barra dupla e uma das barras, escolhida previamente, utiliza-se como barra de transferência, e dedicada a um *bay*. Neste caso é possível liberar apenas um disjuntor de cada vez, ou seja, a proteção é para apenas uma linha.

Segundo [FRONTIN \(2013\)](#) a sequência de manobras para quatro chaves é: remanejar os circuitos para a barra exclusiva de operação (B1), exceto o do *bay* a ser transferido que deve ser conectado à barra B2; fechar a chave de *bypass* do referido *bay*, abrir o disjuntor a ser liberado e abrir as suas chaves de isolamento.

Ainda sobre a configuração a quatro chaves, esta sendo a mais utilizada no Brasil para rede básica, otimiza os investimentos, pois apenas duas chaves operam normalmente abertas.

Na entrada de linha (EL-3) com cinco chaves, segundo (FRONTIN, 2013) é utilizado em subestações de 138kV e 230kV. Apesar de possuir um grau de flexibilidade com aumento de uma chave com relação à configuração anterior, adicionar uma chave significa aumentar o número de intertravamentos e possibilidade de falhas, já que não há como definir a barra de transferência previamente e por apresentar maior quantidade de equipamentos e área energizados.

Geralmente é utilizado apenas um tipo de configuração das três apresentadas a seguir, porém há casos específicos onde podem ser utilizadas soluções mistas quando trata-se de subestações envolvendo geradores que passam desligados parte do tempo que reduzem a necessidade de chaves *bypass*, neste caso utiliza-se a configuração a três chaves e os alimentadores a quatro chaves.

#### 4.2.4 Anel Simples (AN)

A Figura 21 apresenta a configuração em anel simples, onde observa-se a conexão de quatro ramos por meio de um laço elétrico formado por disjuntores, esta configuração permite saída de operação de um disjuntor sem interromper o fornecimento de energia dos outros ramos. Possui a vantagem de ser econômica e simples, porém, expõe a sistema a ocorrências externas.

Segundo GONÇALVES (2012) a configuração possui a desvantagem de os disjuntores serem dimensionados para o dobro da corrente de curto-circuito dos circuitos de alimentação.

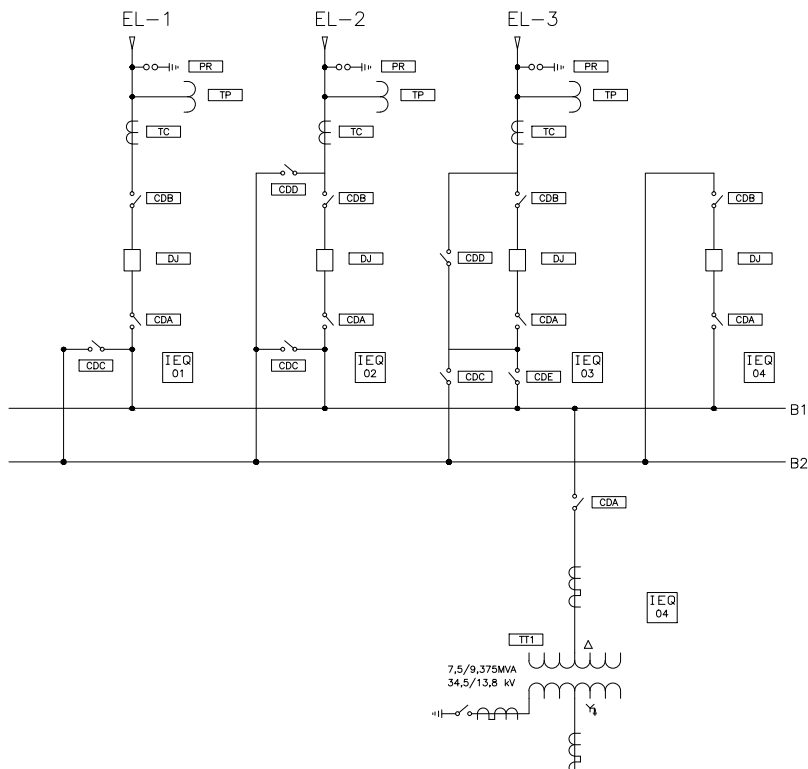
#### 4.2.5 Anel Múltiplo (ANM)

A Figura 22 apresenta a configuração em anel múltiplo para subestações onde é necessário maior segurança e disponibilidade, presentes em subestações de 230kV, 345kV e 500kV.

Ela possui a vantagem de ser mais econômica por apresentar oito conexões com apenas nove disjuntores, o laço elétrico adicionado conduz à estabilidade que minimiza a perda de configuração de configuração da subestação.



Figura 20 – Configuração Barra Dupla com Disjuntor Simples a Três, Quatro e Cinco Chaves

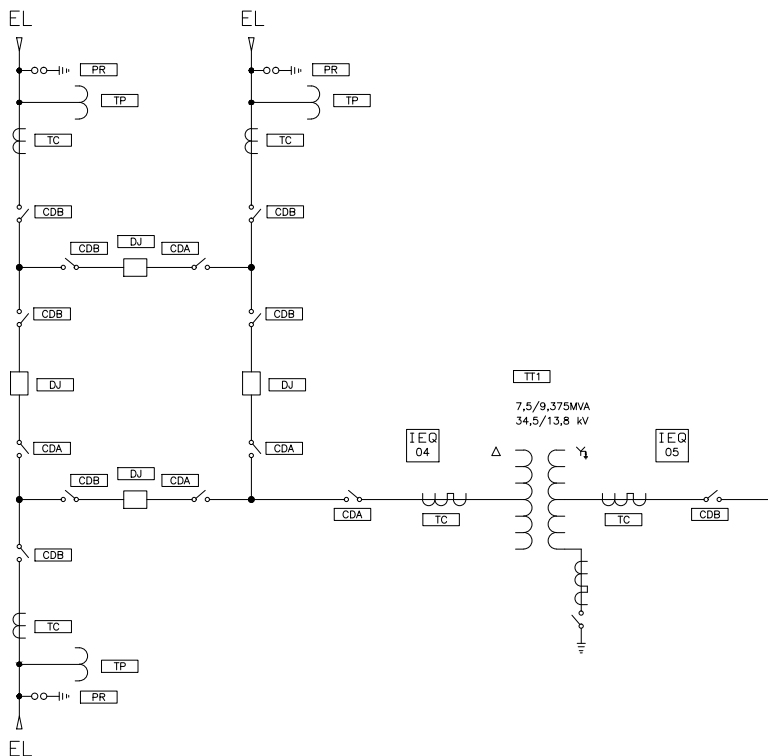


Fonte: Do autor

As desvantagens está em dificuldade de projetos de sua expansão, possibilidade de ser necessário o cruzamento de circuitos que atrapalham na visualização de equipamentos durante ações de manutenções no pátio.

Outro fato está da configuração não ser simétrica, pois há dois nós que são protegidos por três disjuntores enquanto que os demais por dois disjuntores. Segundo [FRONTIN \(2013\)](#) neste caso não é recomendável conectar linhas de transmissão, geradores ou equipamentos de compensação de reativos que requeiram manobras frequentes, pois em uma ocorrência haverá separação dos circuitos e formação de ilhas elétricas com consequências severas para o

Figura 21 – Configuração Anel Simple



Fonte: Do autor

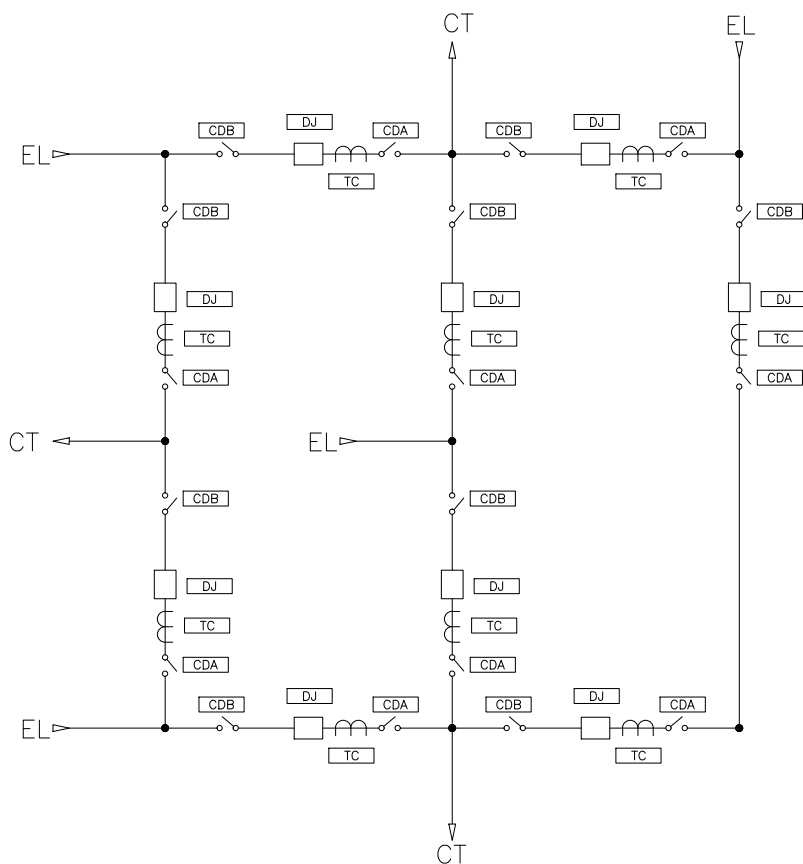
sistema elétrico.

#### 4.2.6 Barra Dupla com Disjuntor e Meio (BD-D1/2)

A [Figura 23](#) mostra a configuração com disjuntor e meio que utiliza três disjuntores para conectar dois terminais, cada terminal é protegido por um disjuntor exclusivo mais um compartilhado entre os dois, deste modo, vem o nome de um disjuntor e meio. É utilizado quando a segurança é um fator essencial.

Esta configuração se torna estável pois há menores perdas de confi-

Figura 22 – Configuração Anel Múltiplo



Fonte: Do autor

guração devido às ocorrências de falhas com a existência do segundo laço elétrico.

Segundo [FRONTIN \(2013\)](#) 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. Portanto, é necessário realizar um balanço entre a real necessidade para o sistema elétrico e os investimentos para a sua implantação e evolução.

#### 4.2.7 Barra Dupla com Disjuntor e Meio Modificado (BD-D1/2-M)

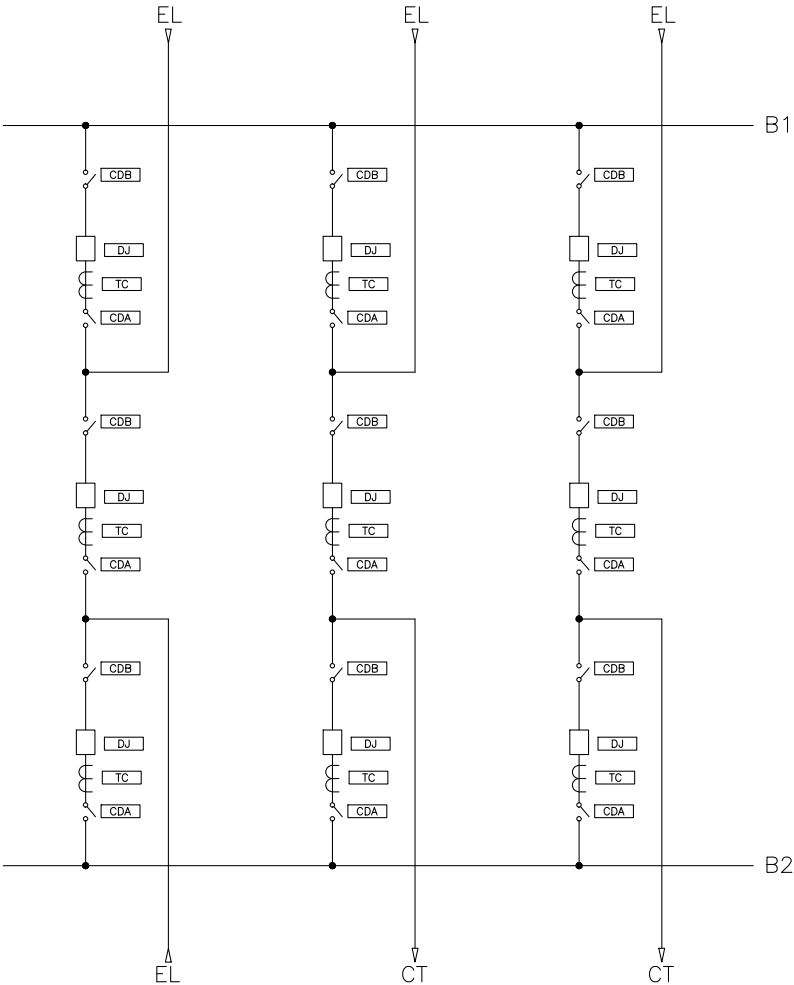
Com intuito de reduzir custos e resguardar uma ampliação que aumente a segurança no futuro neste exemplo é apresentado a mesma configuração de disjuntor e meio, mas com terminais conectados nas barras, com isso a configuração passa a ser um anel simples com seis terminais apresentado na [Figura 24](#).

Segundo [FRONTIN \(2013\)](#) devem ser tomados dois cuidados: (i) o sistema de proteção deve permitir a rápida identificação da falha, separando falha na barra de falha nos autotransformadores conectados diretamente às barras, (ii) não devem ser conectados diretamente às barras linhas de transmissão elementos de compensação de reativos (bancos de capacitores ou de reatores), ou unidades geradoras.

#### 4.2.8 Barra Dupla com Disjuntor Duplo (BD-Dd)

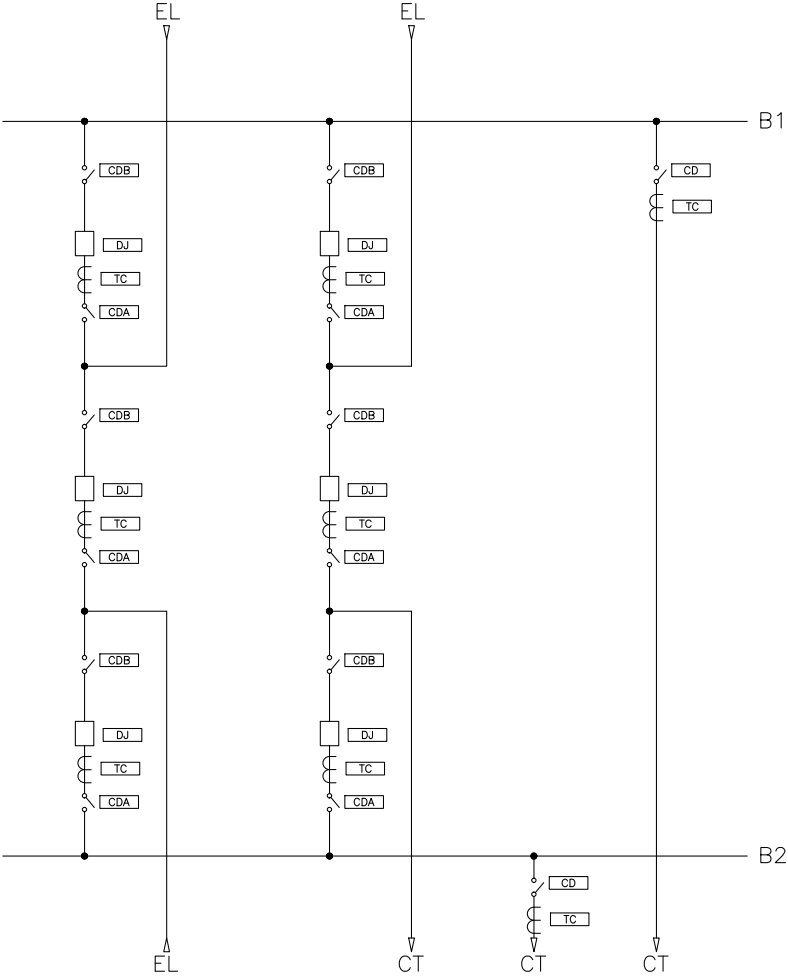
Para subestações muito específicas, com reduzido número de *bays* e alta capacidade de potência por *bay*, como por exemplo, em conexões de usinas nucleares, a configuração em barra dupla com disjuntor duplo pode ser uma solução apropriada. A [Figura 25](#) ilustra a situação. É importante observar que nesta configuração não há disjuntor de interligação de barras. Embora esta configuração seja de alto desempenho, uma eventual perda das duas barras (baixa probabilidade) provoca a perda total de conectividade na subestação, ficando, sob este aspecto, em desvantagem em relação às configurações em barra dupla com disjuntor e meio e barra dupla com disjuntor e um terço. Um pátio com esta configuração de barra é de custo elevado e só deve ser aplicado quando um estudo quantitativo criterioso embasar a decisão.

Figura 23 – Configuração Barra Dupla com Disjuntor e Meio



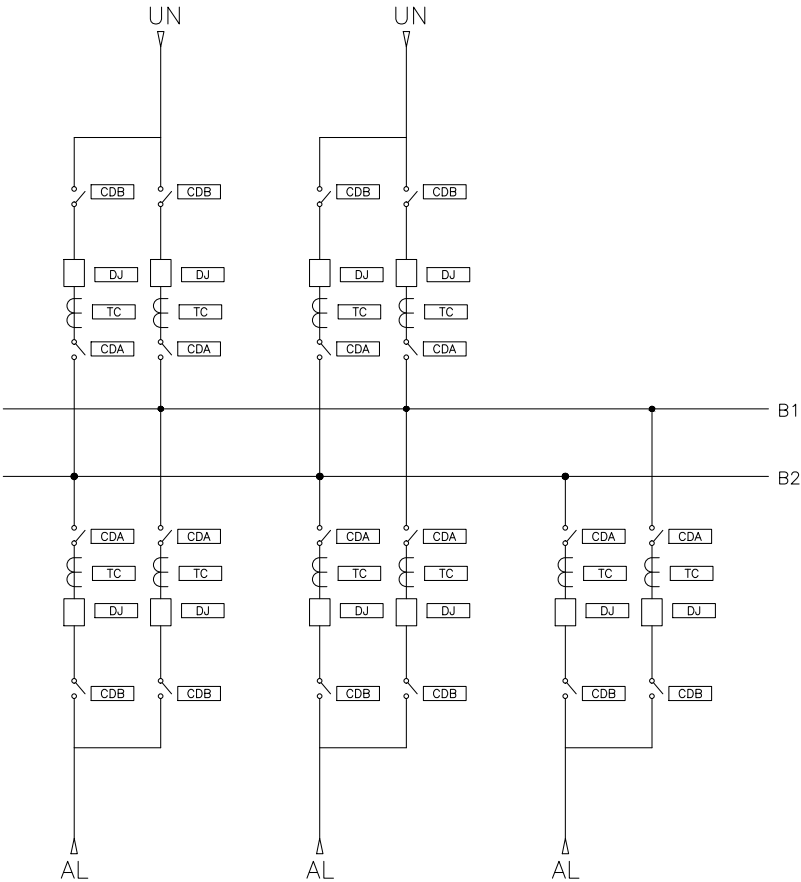
Fonte: Do autor

Figura 24 – Configuração Barra Dupla com Disjuntor e Meio Modificado



Fonte: Do autor

Figura 25 – Configuração Barra Dupla com Disjuntor Duplo



Fonte: Do autor





## 5 PROBLEMÁTICA DA DEMANDA DE CARGA DA SUBESTAÇÃO CAMBORIÚ (CBU) – SC

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing

elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

## 6 SOLUÇÃO DE AMPLIAÇÃO PARA A SUBESTAÇÃO CAMBO-RIÚ

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing

elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

## 7 COMO É FEITO EM OUTRAS PARTES DO MUNDO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam

facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

## CONCLUSÃO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam

facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.



## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Norma Técnica nº409: Banco de preços referenciais: Módulos construtivos*. Brasília, 2010. 10 p. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaDetalhe.cfm?attAnoAud=2009&attIdeFasAud=436&id\\_area=13&attAnoFasAud=2010](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/dspListaDetalhe.cfm?attAnoAud=2009&attIdeFasAud=436&id_area=13&attAnoFasAud=2010)>. 21
- D'AJUZ, A. *Equipamentos Elétricos: especificação e aplicação em subestações de alta tensão*. 1. ed. Rio de Janeiro: Furnas, 1985. 300 p. 19
- D'AJUZ, A. *Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento: aplicação em sistemas de potência de alta tensão*. 1. ed. Niteroi: UFF, 1987. 435 p. 19
- FILHO, J. M. *Instalacoes eletricas industriais*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914 p. ISBN 9788521615200. 7
- FILHO, J. M. *Manual de Equipamentos Elétricos*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 685 p. ISBN 9788521622116. 8, 14
- FRONTIN, S. d. O. *Equipamentos de Alta Tensão: Prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas*. 1. ed. Brasília: Goya Editora LTDA, 2013. 934p p. ISBN 9788588041097. Disponível em: <[http://institucional.taesa.com.br/site/wp-content/uploads/livro/INOVAEQ\\_Livro\\_Completo.pdf](http://institucional.taesa.com.br/site/wp-content/uploads/livro/INOVAEQ_Livro_Completo.pdf)>. 19, 21, 26, 29, 30, 31, 33, 34
- GONÇALVES, R. M. *Guia de projeto para subestações de alta tensão*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012. 245 p. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180450/tce-17042013-151031/>>. 25, 30
- HAFFNER, S. L. *Notas de Aula – Distribuição de Energia Elétrica*. Joinville, 2010. Disponível em: <<http://slhaffner.phpnet.us/>>. 26
- MEZA, O. R. J. *Subestaciones Eléctricas: Transformadores de instrumento*. 1. ed. Nuevo León, Mexico, 2014. 43 p. Apostila. Disponível em: <<http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/>>. 16, 17
- MILLMAN, S. A history of engineering and science in the bell system, physical science. In: \_\_\_\_\_. 1. ed. University of Michigan: ATandT Bell Laboratories, 1983. cap. 11, p. 413. ISBN 0932764037. Disponível em: <<http://etler.com/docs/Books/History/Physical/>>. 7

STANDARD, M. J. *IEC Standard Voltages (IEC 60038:2002, IDT)*. [S.l.], 2006. (Malaysian standard). Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=kSz0oAEACAAJ>>. 21