



engenharia

Rua Alziro Zaruh, 20
Planalto, CEP 59.073-072
NATAL - RN

CNPJ: 02.482.629/0001-40

Telefone (s): 55 84 3223-1111/ 99921-4765
e-mail: ccw@ccwengenharia.com.br

Inscrição Estadual: Não contribuinte
Inscrição Municipal: 131.747-4

MEMORIAL DESCRITIVO



PROJETO DE UMA SUBESTAÇÃO
ABRIGADA DE 1,75MVA, CLASSE 15kV,
PARA O CENTRO DE PESQUISAS DO ISD,
CAMPUS DO CÉREBRO, MACAÍBA-RN.



engenharia

Rua Alziro Zaruh, 20
Planalto, CEP 59.073-072
NATAL - RN

CNPJ: 02.482.629/0001-40

Telefone (s): 55 84 3223-1111/ 99921-4765
e-mail: ccw@ccwengenharia.com.br

Inscrição Estadual: Não contribuinte
Inscrição Municipal: 131.747-4

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. LOCALIZAÇÃO	3
3. CARACTERIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO	3
4. CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
4.1. PROJETOS	4
4.2. CIVIL.....	4
5. QUADRO DE CARGAS E DEMANDA	8
6. PADRÃO DE ENTRADA.....	9
7. DIMENSÕES DOS POSTOS DE ACESSO	10
7.1. ALTURA DA SUBESTAÇÃO.....	10
7.2. POSTO DE TRANSFORMAÇÃO	11
7.3. POSTO DE PROTEÇÃO.....	11
7.4. VENTILAÇÃO E ACESSO.....	11
8. BARRAMENTOS E CONDUTORES.....	12
8.1. MÉDIA TENSÃO	12
8.2. BAIXA TENSÃO.....	13
8.3. CONDUTORES DOS CIRCUITOS DOS TRANSFORMADORES.....	14
8.4. ALIMENTADORES.....	15
9. SPDA.....	22
9.1. Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng].....	22
9.2. Geometria da Estrutura.....	22
9.3. Ad - Área de exposição equivalente [em m ²].....	22
9.4. Fatores de Ponderação	23
9.5. Zonas da Edificação	26
9.6. Risco Total	36
9.7. Nível de Proteção adotada:.....	37
9.8. Métodos Utilizados	37
9.9. Cálculo do Número de descidas [N]	38
9.10. Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente.....	38
9.11. Anéis horizontais de interligação das descidas.....	39
9.12. Seções mínimas.....	39
10. ATERRAMENTO	40



engenharia

Rua Alziro Zaruh, 20
Planalto, CEP 59.073-072
NATAL - RN

CNPJ: 02.482.629/0001-40

Telefone (s): 55 84 3223-1111/ 99921-4765
e-mail: ccw@ccwengenharia.com.br

Inscrição Estadual: Não contribuinte
Inscrição Municipal: 131.747-4

11. GMG – GRUPO MOTOR GERADOR.....	42
11.1. DOS SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA	43
11.2. ACIONAMENTO DOS GERADORES.....	45
11.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	46
11.4. COMISSIONAMENTO	49
12. SISTEMA DE PROTEÇÃO	51
13. REDE DE MÉDIA TENSÃO – 13,8 kV	51
ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS	53
1. PARA-RAIOS.....	53
2. CHAVE FUSÍVEL	53
2.1. ESPECIFICAÇÕES DOS ELOS FUSÍVEIS	53
2.2. ESPECIFICAÇÕES DAS CHAVES FUSÍVEIS	54
3. CHAVES SECCIONADORAS.....	54
4. DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO.....	57
5. TRANSFORMADORES	57
6. RELÉ DE SOBRECORRENTE TRIFÁSICO.....	59
7. PAINÉIS ELÉTRICOS.....	60
8. DISJUNTOR DE BAIXA TENSÃO	61
ANEXO B – ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE	63
1. ESPECIFICAÇÃO DO RELÉ DA SEE PARTICULAR	64
2. DADOS BÁSICO	64
2.1. Potência nominal do sistema	64
2.2. Corrente máxima prevista:.....	65
3. POTÊNCIA DE CURTO - CIRCUITO EM MÉDIA TENSÃO	65
4. CÁLCULO DAS CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO EM BAIXA TENSÃO	65
5. POTÊNCIA DE CURTO-CIRCUITO (BAIXA TENSÃO)	67
6. TRANSFORMADOR DE CORRENTE PARA PROTEÇÃO	67
7. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL PARA PROTEÇÃO	70
8. ANÁLISE DE COORDENAÇÃO.....	73
8.1. COORDENOGRAMA.....	78

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo tem por finalidade apresentar as considerações e ferramentas adotadas no processo de concepção de uma subestação transformadora de energia elétrica, atendida em 13,8 kV, a ser instalada no Centro de Pesquisas do Instituto Santos Dumont (ISD), cuja potência é de 1,75 MVA.

O suprimento energético dar-se-á mediante conexão da nova subestação abrigada à cabine de medição, localizada no próprio ISD.

A concepção deve ainda atender em sua totalidade aos preceitos constantes nas normas técnicas publicadas e mantidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, sobretudo na NBR 14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão e NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

2. LOCALIZAÇÃO

A subestação estará localizada na propriedade do Instituto cujo endereço é Avenida Santos Dumont, 1560 – Zona Rural, Macaíba – RN. Contará com uma área interna disponível para a construção da Subestação e Casa de Máquinas dos grupos motor-geradores de 281,88 m², para instalação dos equipamentos de transformação, proteção e geradores conforme projeto.

3. CARACTERIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO

Atualmente, o Centro de Pesquisas é atendido em tensão primária de fornecimento em 13,8kV, através de subestação aérea tipo poste com transformador de distribuição na tensão secundária de 380/200V, que por sua vez será desativada ao término dos serviços de implementação da subestação projetada nos moldes do presente memorial descritivo.

A subestação transformadora de energia elétrica projetada contará com a operação simultânea de dois transformadores a seco, um de 1.000 kVA e outro 750 kVA, ligados em paralelo a um mesmo barramento no primário e no secundário, com tensões nominais em seus terminais primários de 13,8kV e secundários de 380V/220V.

A subestação possuirá tipologia de proteção e transformação, uma vez que a medição continuará no mesmo cubículo instalado atualmente.

A geração de energia emergencial, que suprirá a necessidade integral da Unidade Consumidora (UC), será realizada através de 3 (três) geradores à diesel, cujas capacidades serão 2 (dois) 750kVA (novos) e 1 (um) de 700kVA (existente), instalados ao lado da Cabine da Subestação.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.1. PROJETOS

O projeto será constituído das plantas de situação e localização, plantas baixas, cortes, fachada, cobertura, instalações elétricas, estrutural, platibanda, devidamente assinadas pelos autores.

A obra obedecerá aos projetos e seus respectivos detalhes, descritos nas pranchas em anexo os quais serão executados com materiais novos, de primeira qualidade e mão-de-obra especializada.

4.2. CIVIL

4.2.1. TERRENO

O terreno é inclinado e possuem árvores a supressão ao corte.

Após a limpeza do terreno e remoção da camada de solo vegetal, será executada a terraplenagem. A execução da terraplenagem atenderá o projeto, com corte e aterro técnicos atendendo o grau mínimo de compactação, e as Normas Técnicas da ABNT. Será executado proteções provisórias e sistemas de drenagens necessárias.

4.2.2. MUROS DE ARRIMO

Serão executados muros de arrimos conforme projeto estrutural. Será executada conforme sequência para o bom prosseguimento da obra verificado a necessidade de execução antes ou posterior a terraplenagem. Será drenagem superficial e profunda da face de montante.

Drenagem: Será executadas as obras de drenagens necessárias para o correto escoamento das águas pluviais, sua condução sobre o passeio público e evitar o carreamento de finos etc.

4.2.3. MOVIMENTO DE TERRA

O Serviço será utilizado para execução da viga baldrame da parede a ser executado no local, nas dimensões de 0,20m de largura e altura 0,45m de altura. Após a terceira fiada de tijolos do baldrame, será feita uma camada betuminosa para impermeabilização nos dois lados e na parte superior dos tijolos.

4.2.3. BALDRAME – ALVENARIA DE ENBASAMENTO

As alvenarias de embasamento serão executadas com tijolos maciços, conforme especificado e obedecerão às dimensões e os alinhamentos determinados no projeto. Os tijolos serão umedecidos e assentados com uma argamassa mista de cimento cal e areia grossa no traço 1:2:8 em volume. As fiadas serão perfeitamente em nível, alinhadas e aprumadas. As juntas terão a espessura máxima de 1,5cm. Os tijolos comuns de barro serão de argila, textura homogênea, bem cozidos, duros, isentos de fragmentos calcários ou outros corpos, arestas vivas e faces planas sem fendas, porosidade máxima admissível de 20% e taxa de carga de ruptura a compressão de 4,0 Mpa

4.2.4. CONCRETO USINADO BOMBEADO, INCLUSIVE LANÇAMENTO E ADENSAMENTO

Toda a execução do projeto estrutural deverá atender às normas vigentes e estarem em total conformidade com o apresentado em plantas. Deverá ser estritamente obedecido os valores de fck e diâmetros de armadura assim como o descrito no projeto estrutural.

Em todos os locais indicados em projeto, o concreto armado será usinado com fck mínimo de 25 Mpa, exceto na laje baldrame (laje do piso).

Todas as formas onde serão aplicados o concreto serão abundantemente molhados imediatamente antes da concretagem. Todas as falhas existentes por ocasião da concretagem deverão ser preenchidas imediatamente após a desforma. Deve ser usada

vibração mecânica para todas as estruturas. Os prazos para a retirada das formas devem seguir as normas pertinentes: pilares e faces laterais de vigas – 7 dias, faces inferiores de vigas até 10 m de vão – 25 dias.

A dosagem do concreto será caracterizada pela resistência, dimensão máxima característica do agregado em função das dimensões das peças a serem concretadas, consistência, média através de “SLUMB TEST”.

Composição granulométrica dos agregados, Fator água/cimento em função da resistência e da durabilidade desejadas. Controle de qualidade a que será submetida o concreto. Adensamento a que será submetida o concreto e índices físicos dos agregados (massa específica, peso unitário, coeficiente de inchamento e umidade).

O transporte do concreto será efetuado de maneira que não haja segregação ou desagregação de seus componentes, nem perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

Deverão ser utilizados espaçadores para garantir a cobertura das ferragens conforme projetos.

Deverão ser adotadas devidas precauções para evitar vibração da armadura, de modo a não formar vazios ao seu redor, nem dificultar a aderência do concreto. A vibração será feita em profundidade não superior à agulha do vibrador. As camadas a serem vibradas terão, preferencialmente, espessura equivalente a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha. As distâncias entre os pontos de aplicação do vibrador da ordem de 6 a 10 vezes o diâmetro da agulha (aproximadamente 1,5 vezes o raio de ação).

4.2.5. ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO DE VEDAÇÃO, USO REVESTIDO

Bloco de barro furado na vertical de 9 x 19 x 19 cm (espessura de 9cm) de massa homogênea, isenta de fragmentos calcários ou qualquer outro corpo estranho; cozidos, leves, duros e sonoros, não vitrificados; arestas vivas e bem definidas, com ranhuras nas faces, textura homogênea, sem defeitos sistemáticos (fendas, trincas ou falhas), conformados por extrusão e queimados.

Para a execução, os blocos devem ser molhados previamente. Devem ser assentados em juntas desencontradas (em amarração). A espessura máxima das juntas deve ser de 12 mm. Deve ser prevista amarração na estrutura de concreto. Na execução

da alvenaria, deve ser obrigatório o uso de armaduras longitudinais (DN = 1/4"), situadas na argamassa de assentamento a cada 4 fiadas, nos cantos e encontros com outras alvenarias ou concreto.

4.2.6. LAJE BALDRAME - PISO EM CONCRETO 30 MPA USINADO, ESPESSURA 10 CM

Execução de piso em concreto FCK=30MPA, desempenado com espessura mínima de 10 cm após acerto e nivelamento total da base. O desempenamento deverá ser feito com equipamento adequado. O piso acabado deverá ser resistente ao tráfego intenso e nivelado para posterior aplicação de contrapiso.

4.2.6. CHAPISCO APLICADO TANTO EM PILARES E VIGAS DE CONCRETO COMO EM ALVENARIAS DE PAREDES INTERNAS

Deverá ser executado o chapisco com argamassa, cimento e areia no traço 1:3 em pilares, vigas de concreto e alvenarias de paredes internas, com colher de pedreiro, o preparo deverá ser feito manualmente.

Todas as superfícies destinadas a receber revestimento de argamassa de areia serão chapiscadas com argamassa de cimento e areia. As superfícies dos pilares, vigas e paredes internas, precisam ser limpas e abundantemente molhadas antes do início da operação. Os revestimentos somente poderão ser iniciados após a completa pega da argamassa de assentamento da alvenaria.

4.2.7. REBOCO - MASSA ÚNICA

A massa deverá ser aplicada após a completa pega do chapisco. A aplicação terá de ser feita sobre superfície previamente umedecida.

Massa única para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparada mecanicamente com betoneira 400 l, deverá ser aplicada manualmente em faces internas de paredes de ambiente com área menor que 10 m², espessura de 20 mm, com execução de taliscas.

4.2.8. PINTURA

Aplicação de fundo selador látex PVA, uma demão, deverá ser executado em todas as paredes internas, externas e concreto aparente.

A superfície deve estar firme, coesa, limpa, seca sem poeira, gordura ou graxa, sabão ou mofo e ferrugem. Deve receber uma demão primária de fundo selador de acordo com o material a ser pintado. As partes soltas ou mal aderidas deverão ser raspadas e ou escovadas.

Nas paredes INTERNAS, deverá ser aplicada a massa de PVA (massa corrida).

A pintura externa deverá de tinta texturizada para aplicação externa, 2 demãos, marca Suvinil ou equivalente técnico. A cor deverá ser escolhida previamente.

A Pintura interna será de tinta PVA Látex, duas demãos, na cor branco neve.

5. QUADRO DE CARGAS E DEMANDA

A natureza da integralidade do carregamento elétrico instalado na unidade consumidora expressa-se predominantemente através de circuitos de ILUMINAÇÃO, TOMADAS DE USO GERAL E ESPECÍFICO, bem como máquinas de ar-condicionados dos tipos split, splitão dutado e Chiller. Para o dimensionamento do quadro de cargas, a máquina chiller será prioritária aos demais, ou seja, não deverá ser utilizada concomitante às demais máquinas.

SUBSOLO:

- Carga Total = 45,7 kVA
- Carga utilizada = 27kVA
- Carga futura = 164,77 kVA (~2 anos - ESTIMATIVA)

TÉRREO:

- Carga Total = 615,46 kVA
- Carga utilizada = 251,18 kVA
- Carga futura = 310,73 kVA (3 anos - ESTIMATIVA)

1º ANDAR:

- Carga Total = 681,37 kVA
- Carga utilizada = 277,55 kVA
- Carga futura = 342,68 kVA (3 anos - ESTIMATIVA)

2º ANDAR:

- Carga Total = 605,38 kVA
- Carga utilizada = 247,14 kVA
- Carga futura = 303,69 kVA (3 anos - ESTIMATIVA)

CHILLER:

- Carga Total: 580,13 kVA

CARGA TOTAL UTILIZADA = 1.383 kVA

CARGA TOTAL FUTURA = 1.702 kVA (POTÊNCIA MÁXIMA)

De acordo com o nível de potência instalada, o cliente deverá ser atendido em tensão primária de distribuição – 13,8 kV, conforme consta nos normativos técnicos de fornecimento energético publicados e mantidos pela concessionária de energia local.

Para atender a demanda por ora suscitada, serão utilizados dois transformadores operando em paralelo, um de **1.000kVA** e outro de **750kVA**, resultando em uma capacidade de transformação nominal da ordem de **1.750kVA**, cujas características de operação pormenorizadas encontram-se disponíveis no abaixo.

A previsão de crescimento de carga do subsolo se dará pela construção de um laboratório - informação disponibilizada pelo cliente.

6. PADRÃO DE ENTRADA

A entrada de serviço responsável pelo suprimento energético da referida subestação partirá de poste localizado em via particular, dentro da propriedade do cliente, através do qual cabos de cobre isolados **50 mm² - XLPE – 12/20kV** serão instalados de

modo subterrâneo para estabelecimento da conexão da cabine de medição com a subestação transformadora de energia. No ponto de conexão será instalado ainda um conjunto de chaves-fusíveis e um conjunto de para-raios, cuja totalidade de suas especificações técnicas encontram-se arroladas no **ANEXO A** do presente memorial.

Para dimensionamento dos cabos categoricamente chamados de ramal de entrada, utilizou-se das regulamentações publicadas e mantidas pela concessionária de energia local conforme exemplifica a tabela abaixo extraída da norma de **Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual – 13,8kV – DIS-NOR-036**.

POTÊNCIA INSTALADA - kVA	BITOLA - mm ²	ELETRODUTO DIAM. (POL.)
Até 2.400	50	4''
2.401 a 4.000	120	

Tabela 12: Dimensionamento dos Cabos Isolados para Ramal de Entrada Subterrânea. Fonte: Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual.

* As bitolas dos condutores foram dimensionadas com base na potência instalada, devendo, para cada caso, ser verificado se atende com relação à corrente de curto-circuito assimétrico no ponto de instalação.

* Os eletrodutos deverão ser em aço galvanizado de classe pesada.

7. DIMENSÕES DOS POSTOS DE ACESSO

7.1. ALTURA DA SUBESTAÇÃO

A altura mínima da subestação deve obedecer ao seguinte equacionamento:

$$H_{\text{pé direito}} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5$$

H₁ = Altura do transformador de 1.000kVA;

H₂ = Afastamento da chave seccionadora;

H₃ = Altura da chave seccionadora;

H₄ = Altura do isolador;

H_1 = Afastamento do barramento;

De acordo com as especificações dos equipamentos, podemos chegar ao valor de:

$$H_{\text{pé direito}} = 1725 + 300 + 550 + 250 + 160 = 2.985\text{mm (altura mínima)}$$

$$H_{\text{pé direito SE}} = 3,70\text{m}$$

Sendo assim, a altura da subestação projetada, $H_{SE} = 3,70\text{m}$, atende ao limite mínimo fixado pela norma de fornecimento da COSERN.

7.2. POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

O posto de transformação, como a própria nomenclatura sugere, consiste no espaço físico destinado à instalação dos transformadores de potência – dispositivos responsáveis pela adequação das amplitudes elétricas a níveis usuais¹ de tensão e corrente a partir do acoplamento magnético entre os circuitos primários e secundários.

A área total destinada aos equipamentos de transformação é de 6,93m².

¹ *Baixa Tensão (BT) – fins residenciais, comerciais e industriais – 380/220V (60Hz)*

7.3. POSTO DE PROTEÇÃO

Espaço físico destinado à instalação dos dispositivos responsáveis pela proteção das instalações elétricas em média tensão durante a ocorrência de sobrecorrentes provocadas por perturbações de caráter fortuito.

As dimensões internas do posto de proteção contam com medidas apropriadamente compatíveis com a totalidade dos equipamentos, a saber:

$$\text{Comprimento} \times \text{Largura} = 3,15 \times 2,30 \text{ m}$$

7.4. VENTILAÇÃO E ACESSO

A porta principal de acesso ao interior da subestação de energia elétrica terá abertura para fora e dimensões de **2,00 x 2,10 m** em folha dupla, bem como janelas para ventilação de acordo com cálculo abaixo, assim respeitando assim as especificações de dimensões mínimas trazidas pelos normativos técnicos da COSERN.

Para potência de transformação superior a 1.000 kVA, considerar 20 cm²/kVA por janela, de área livre mínima para ventilação.

$$\text{Área mínima} = 1750 \times 20 = 35.000 \text{ cm}^2$$

Dessa forma, temos a seguinte área instalada na subestação:

$$\text{Área das janelas de ventilação} = 6 \times 100 \times 100 + 3 \times 100 \times 165 = 109.500\text{cm}^2$$

Nota: A tela metálica deve ser de malha mínima de 5 mm e máxima de 13 mm com arame nº 12 BWG.

Para melhor refrigeração dos equipamentos dentro da subestação, sobretudo os transformadores à seco, os quais não possuem líquido refrigerante, foram previstas aberturas superiores e inferiores com dimensões identificadas em planta baixa, bem como a previsão de um exaustor em cada módulo de transformação para melhor refrigeração do ambiente.

8. BARRAMENTOS E CONDUTORES

8.1. MÉDIA TENSÃO

Os barramentos de média tensão devem seguir dimensões a depender da capacidade instalada em cada subestação. De acordo com a potência instalada obtida por meio dos cálculos constantes no item 4, convém a utilização de um barramento com **10 mm** de diâmetro, em vergalhão de cobre, de acordo com a norma da COSERN - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição de 13,8 kV, conforme exemplifica a tabela 2 representada abaixo. O barramento para cada fase deve ter cor distinta e contínua durante toda a instalação.

POTÊNCIA INSTALADA kVA	TUBO DE COBRE mm ²	BARRA DE COBRE mm ²	VERGALHÃO DE COBRE mm
Até 700	20	25	8,5
De 701 a 2.500	50	40	10,0
2501 a 5000	107	-	12,7

Quadro 02: Barramento de Subestação Abrigada. Fonte: Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual – 13,8kV – DIS-NOR-036.

NOTA:

O barramento deve ser pintado nas seguintes cores:

- Fase A – Vermelha
- Fase B – Branca

- Fase C – Marrom

O afastamento mínimo dos barramentos é estabelecido pela tabela abaixo:

INTERNO (MM)			
FASE/FASE		FASE/NEUTRO	
MÍNIMO	RECOMENDADO	MÍNIMO	RECOMENDADO
150	200	115	150

Quadro 03: Afastamento de barramentos – Distâncias em Tensão Primária 15kV. Fonte: Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual – 13,8kV – DIS-NOR-036.

8.2. BAIXA TENSÃO

A capacidade máxima de condução corrente do barramento de baixa tensão instalados nos painéis será limitada pela potência dos transformadores em paralelo.

Tem-se:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{1750 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * V_L}$$

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{1750 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 380} = 2.658,84 \text{ kA}$$

Com base no livro texto, teremos o seguinte barramento de baixa tensão.

Largura	Espessura	Secção	Peso	Resistência	Reatância	Capacidade de Corrente Permanente					
						Barra Pintada			Barra Nua		
						Número de barras / fase			Número de barras / fase		
						1	2	3	1	2	3
100	10	988	8,89	0,0221	0,145	1810	2850	3720	1490	2480	3260

Tabela 03: Especificações dos barramentos de fase em baixa tensão. Fonte: Instalações Elétricas Industriais, Autor – João Mamede Filho / 8ª Edição.

Tendo em vista o valor obtido de aproximadamente 2,66kA para a corrente máxima por fase do lado de baixa tensão, pela tabela, reconhecemos que 2 (dois)

barramentos pintados por fase à base de cobre em perfil retangular e com capacidade de condução de corrente de **2.850A** condiz adequadamente com as reais necessidades técnicas das instalações locais. As faces de contato entre as duas chapas de cobre devem estar isentas de tinta ou qualquer sujeira para melhor condução da corrente.

NOTAS:

1. Cores distintas entre si conforme as especificadas para o lado de alta tensão.
2. Espaçamento de, no mínimo, 100 mm entre os barramentos de fase.
3. Dimensionamento realizado a partir da Tabela 3.38, página 188, capítulo 03, Edição 09, Livro – Instalações Elétricas Industriais, Autor – João Mamede Filho.

8.3. CONDUTORES DOS CIRCUITOS DOS TRANSFORMADORES

A interligação dos terminais secundários dos 2 (dois) transformadores com o barramento tripolar localizado no Quadro Geral de Baixa Tensão da SE – QGBT-SE será feita através de cabos unipolares isolados (XLPE ou EPR), flexíveis e não propagadores de chamas.

8.3.1. CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE DE PROJETO (TERMINAIS SECUNDÁRIO DE CADA TRANSFORMADOR)

$$I_{m\acute{a}x(TRAFO)} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$

$$I_{m\acute{a}x(TRAFO\ 1)} = \frac{1.000\ kVA}{\sqrt{3} * 0,380\ kV} = \mathbf{1.519,34\ A}$$

$$I_{m\acute{a}x(TRAFO\ 2)} = \frac{750\ kVA}{\sqrt{3} * 0,380\ kV} = \mathbf{1.139,51\ A}$$

Portanto, teremos a seguinte distribuição das fases:

TRAFO 1 (1.000 kVA) = 4 x 240mm²

TRAFO 2 (750 kVA) = 3 x 240mm²

O modo de instalação dos cabos será o método de referência **B1** (Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso, conforme especifica a NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, constante na Tabela 33 da Página 93 da referida norma).

8.3.2. CRITÉRIO DO LIMITE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

De acordo com a tabela de capacidade de condução de corrente elétrica para cabos de cobre com isolamento em EPR ou XLPE (90°C), disponibilizada na ABNT NBR 5410, e os valores encontrados para a corrente de projeto, tem-se as seguintes especificações:

- O condutor **FASE** terá **240 mm²** de secção transversal para cada fase do circuito.
- O Condutor **NEUTRO** terá **240 mm²** de secção transversal para cada circuito trifásico em virtude da presença de correntes harmônicas no sistema e devido aos componentes eletroeletrônicos do Instituto.
- O Condutor **TERRA** terá **120 mm²** de secção transversal para cada circuito trifásico.

NOTA:

1. *Atentar para o fato de que em cada fase proveniente dos terminais secundários do transformador 1 (1.000kVA) serão utilizados 4 (quatro) alimentadores operando em paralelo e para o transformador 2 (750 kVA) serão utilizados 3 (três) alimentadores operando em paralelo;*
2. *Os condutores devem possuir as mesmas dimensões, comprimentos e características para evitar diferença de impedância e, assim, sobrecarga em algum cabo*

8.3.3. CRITÉRIO QUEDA DE TENSÃO

Neste trecho a queda de tensão no cabo especificado é desprezível.

8.4. ALIMENTADORES

8.4.1 ALIMENTADOR QGBT

A alimentação do **Quadro Geral de Baixa Tensão – QGBT**, localizado no subsolo do prédio será feita através de cabos unipolares isolados (XLPE ou EPR), flexíveis e não propagadores de chamas, e conectados aos barramentos do painel **QGEE – Quadro Geral de Energia Essencial, localizado na Subestação.**

8.4.1.1. CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE DO ALIMENTADOR GERAL

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$
$$I_{m\acute{a}x} = \frac{1.750 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,380 \text{ kV}} = \mathbf{2.658,85 \text{ A}}$$

O modo de instalação dos cabos será o método de referência **D** (Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto enterrado, conforme especifica a NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, constante na Tabela 33 da Página 93 da referida norma).

8.4.1.2. CRITÉRIO DO LIMITE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

De acordo com a tabela de capacidade de condução de corrente elétrica para cabos de cobre com isolamento em EPR ou XLPE (90°C), disponibilizada na ABNT NBR 5410, aplicado os devidos fatores de correção, os valores encontrados para a corrente de projeto, tem-se as seguintes especificações:

- O condutor FASE terá 13 cabos de 240 mm² de secção transversal para cada fase do circuito.
- O Condutor NEUTRO terá 240 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico em virtude da presença de correntes harmônicas no sistema e devido aos componentes eletroeletrônicos do Instituto.
- O Condutor TERRA terá 120 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico.

NOTA:

- 1. É imprescindível que os condutores possuam as mesmas dimensões, comprimentos e características para evitar diferença de impedância e, assim, sobrecarga em algum cabo alimentador.***

8.4.1.3. CRITÉRIO QUEDA DE TENSÃO

Neste trecho foi considerado 3% de queda de tensão, a uma distância de 60 metros e considerado o cabo de 240mm².

8.4.1.4. TUBULAÇÃO

Para interligar a subestação ao prédio principal, será utilizado 7 (SETE) eletrodutos flexíveis corrugados, tipo PEAD, de 8” (150mm) com 40% de ocupação.

8.4.2. ALIMENTADOR NOBREAKS

A alimentação dos quadros dos nobreaks, **Quadro dos Nobreaks**, localizado no subsolo do prédio será feita através de cabos unipolares isolados (XLPE ou EPR), flexíveis e não propagadores de chamas, e conectados aos barramentos do painel **QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão**.

Serão 3 (três) quadros que alimentarão 3 (três) conjuntos de nobreaks e cada conjunto alimentará um painel que será destinado a um pavimento distinto, são eles: Térreo; 1º Andar; e 2º Andar.

Foi definido a transferência dos circuitos de iluminação e máquinas de ar-condicionados tipo split que não necessitem de energia ininterrupta.

Caso sejam utilizados nobreaks em paralelo com potências menores que as dimensionadas a fim de compor um conjunto de nobreaks com a potência discriminadas para cada pavimento, deve-se garantir que os nobreaks de cada conjunto paralelo possuam as mesmas características elétricas e construtivas, de preferência do mesmo fabricante, a fim de diminuir riscos de curto-circuito, sobrecarga e níveis de tensão distintos.

8.4.2.1. TÉRREO

Os quadros selecionados para possuírem energia ininterrupta no pavimento TÉRREO são:

QUADROS DE CARGA – QDEI-TE - TÉRREO PAVIMENTO				
QUADRO	POTÊNCIA (VA)	CORRENTE 3F (A)	DISJUNTOR INDICADO (A)	CONDUTOR INDICADO
QDF-06	17.058,82	25,9	32	3F#16+N#16+T#16
QDF-07	21.405,41	32,5	40	3F#16+N#16+T#16
QDF-09	14.927,06	22,7	32	3F#16+N#16+T#16
QDF-12	35.211,76	53,5	63	3F#35+N#25+T#16
QDF-14	20.117,65	30,6	40	3F#25+N#25+T#16
QDF-16	11.764,71	17,9	25	3F#16+N#16+T#16
QDF-18	37.247,06	56,6	63	3F#35+N#25+T#16

DEMANDA TOTAL	157,72 kVA
DEMANDA 1 (3 ANOS)	68,1 kVA
DEMANDA 1 (5 ANOS)	84,9 kVA
DEMANDA 1 (7 ANOS)	94,64 kVA

Demanda Total = 157,72 kVA

Aplicado os fatores de demanda e de utilização, bem como a taxa de crescimento, teremos:

Demanda 1 = 68,1 kVA (3 anos - estimativa)

Demanda 2 = 84,9 kVA (5 anos - estimativa)

Demanda 3 = 94,64 kVA (7 anos - estimativa)

8.4.2.1.1. CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE – NB A – TÉRREO

$$I_{m\acute{a}x(NB1)} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$
$$I_{m\acute{a}x(NB-A)} = \frac{94,64 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,380 \text{ kV}} = \mathbf{143,79 \text{ A}}$$

O modo de instalação dos cabos será o método de referência F (Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical, conforme especifica a NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, constante na Tabela 33).

8.4.2.1.2. CRITÉRIOS CONDUÇÃO DE CORRENTE / CURTO-CIRCUITO / QUEDA DE TENSÃO

De acordo com a norma ABNT NBR 5410, utilizando cabos de cobre com isolamento em EPR ou XLPE (90°C), aplicado os devidos fatores de correção, os valores encontrados para a corrente de projeto, tem-se as seguintes especificações:

- O condutor FASE terá 70 mm² de secção transversal para cada fase do circuito;
- O Condutor NEUTRO terá 35 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico;

- O Condutor TERRA terá 35 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico.

8.4.2.1.3. INFRAESTRUTURA

Para interligar o QGBT ao quadro QNB-A (Quadro do Nobreak A), será utilizado uma eletrocalha de 200 x 50 mm (largura x altura) com 40% de ocupação com os cabos justapostos.

8.4.2.2. 1º ANDAR

Os quadros selecionados para possuírem energia ininterrupta no pavimento 1º ANDAR são:

QUADRO DE CARGAS – QDEI-1A - 1º ANDAR				
QUADRO	POTÊNCIA (VA)	CORRENTE 3F (A)	DISJUNTOR INDICADO (A)	CONDUTOR INDICADO
QDF-38	11.764,71	17,9	25A	3F#16+N#16+T#16
QDF-40	21.541,18	32,7	40A	3F#16+N#16+T#16
QDF-35	37.247,06	56,6	63A	3F#35+N#25+T#25
QDF-31	26.352,94	40,0	50A	3F#35+N#25+T#25
QDF-33	11.764,71	17,9	32A	3F#16+N#16+T#16
QDF-23	16.470,59	25,0	32A	3F#16+N#16+T#16
QDF-24	25.091,76	38,1	50A	3F#25+N#25+T#16
QDF-27	12.352,941	18,8	25A	3F#16+N#16+T#16
QDF-29	25.305,882	38,4	50A	3F#35+N#25+T#16
DEMANDA TOTAL		187,89 kVA		
DEMANDA 1 (3 ANOS)		75,16 kVA		
DEMANDA 1 (5 ANOS)		95,82 kVA		
DEMANDA 1 (7 ANOS)		99,95 kVA		

Demanda Total = 187,89 kVA

Aplicado os fatores de demanda e de utilização, bem como a taxa de crescimento, teremos:

Demanda 1 = 75,16 kVA (3 anos - estimativa)

Demanda 2 = 95,82 kVA (5 anos - estimativa)

Demanda 3 = 99,95 kVA (7 anos - estimativa)

8.4.2.2.1. CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE – NB B – 1º ANDAR

$$I_{m\acute{a}x(NB1)} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$

$$I_{m\acute{a}x(NB-B)} = \frac{99,95 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,380 \text{ kV}} = \mathbf{151,86 \text{ A}}$$

O modo de instalação dos cabos será o método de referência F (Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical, conforme especifica a NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, constante na Tabela 33).

8.4.2.2.2. CRITÉRIOS CONDUÇÃO DE CORRENTE / CURTO-CIRCUITO / QUEDA DE TENSÃO

De acordo com a norma ABNT NBR 5410, utilizando cabos de cobre com isolamento em EPR ou XLPE (90°C), aplicado os devidos fatores de correção, os valores encontrados para a corrente de projeto, tem-se as seguintes especificações:

- O condutor FASE terá 70 mm² de secção transversal para cada fase do circuito;
- O Condutor NEUTRO terá 35 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico;
- O Condutor TERRA terá 35 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico.

8.4.2.2.3. INFRAESTRUTURA

Para interligar o QGBT ao quadro QNB-B (Quadro do Nobreak B), será utilizado uma eletrocalha de 200 x 50 mm (largura x altura) com 40% de ocupação com os cabos justapostos.

8.4.2.3. 2º ANDAR

Os quadros selecionados para possuírem energia ininterrupta no pavimento 1º ANDAR são:

QUADROS DE CARGA – QDEI-2A - 2º ANDAR				
QUADRO	POTÊNCIA (VA)	CORRENTE 3F (A)	DISJUNTOR INDICADO (A)	CONDUTOR INDICADO

QDF-41	31.811,76	48,3	63A	3F#35+N#25+T#25
QDF-42	29.411,76	44,7	63A	3F#35+N#25+T#25
QDF-44	20.000,00	30,4	40A	3F#16+N#16+T#16
QDF-46	14.160,00	21,5	32A	3F#16+N#16+T#16
QDF-49	30.588,24	46,5	63A	3F#35+N#25+T#25
QDF-51	22.352,94	34,0	40A	3F#25+N#25+T#16
QDF-53	35.294,12	53,6	63A	3F#35+N#25+T#25
QDF-55	14.705,88	22,3	32A	3F#16+N#16+T#16
QDF-57	35.294,12	53,6	63A	3F#50+N#25+T#25
QDF-59	20.588,24	31,3	40A	3F#16+N#16+T#16
QDF-61	14.705,88	22,3	32A	3F#35+N#25+T#25
QDF-63	19.411,76	29,5	40A	3F#35+N#25+T#25
DEMANDA TOTAL				
		288,33 kVA		
DEMANDA 1 (3 ANOS)		120,33 kVA		
DEMANDA 1 (5 ANOS)		150,16 kVA		
DEMANDA 1 (7 ANOS)		172,99 kVA		

Demanda Total = 288,33 kVA

Aplicado os fatores de demanda e de utilização, bem como a taxa de crescimento, teremos:

Demanda 1 = 120,33 kVA (3 anos - estimativa)

Demanda 2 = 150,16 kVA (5 anos - estimativa)

Demanda 3 = 172,99 kVA (7 anos - estimativa)

8.4.2.3.1. CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE – NB C – 2º ANDAR

$$I_{m\acute{a}x(NB1)} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$

$$I_{m\acute{a}x(NB-C)} = \frac{172,99 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,380 \text{ kV}} = \mathbf{262,83 \text{ A}}$$

O modo de instalação dos cabos será o método de referência F (Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical, conforme especifica a NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, constante na Tabela 33).

8.4.2.3.2. CRITÉRIOS CONDUÇÃO DE CORRENTE / CURTO-CIRCUITO / QUEDA DE TENSÃO

De acordo com a norma ABNT NBR 5410, utilizando cabos de cobre com isolamento em EPR ou XLPE (90°C), aplicado os devidos fatores de correção, os valores encontrados para a corrente de projeto, tem-se as seguintes especificações:

- O condutor FASE terá 150 mm² de secção transversal para cada fase do circuito;
- O Condutor NEUTRO terá 70 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico;
- O Condutor TERRA terá 70 mm² de secção transversal para cada circuito trifásico.

8.4.2.3.3. INFRAESTRUTURA

Para interligar o QGBT ao quadro QNB-C (Quadro do Nobreak C), será utilizado uma eletrocalha de 200 x 50 mm (largura x altura) com 40% de ocupação com os cabos justapostos.

9. SPDA

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas foi projetado de acordo com critérios estabelecidos pela norma 5419:2015 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas partes 1 a 4 e seguem os dados e análises para o dimensionamento.

9.1. Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]

$$Ng = 0.5 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

9.2. Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 22 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 9.2 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 4.54 \text{ m}$$

9.3. Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

$$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$$

$$Ad = 22 * 9.2 + 2 * (3 * 4.54) * (22 + 9.2) + 3.14159 * (3 * 4.54)^2$$
$$Ad = 1635.07 \text{ m}^2$$

9.4. Fatores de Ponderação

9.4.1. Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos mais altos
Cd = 0.25

9.4.2. Comprimento da Linha de Energia

$$Ll = 600 \text{ [m]}$$

9.4.3. Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Aéreo
Ci = 1.0

9.4.4. Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)
Ct = 0.2

9.4.5. Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)

Rural
Ce = 1.0

9.4.6. Comprimento da Linha de Sinal

$$Llt = 300 \text{ [m]}$$

9.4.7. Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

Enterrado
Cit = 0.5

9.4.8. Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
Ctt = 1.0

9.4.9. Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)

Rural
Cet = 1.0

9.4.10. Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$$\text{Nd} = \text{Ng} * \text{Ad} * \text{Cd} * 10^{-6}$$
$$\text{Nd} = 0.0002$$

9.4.11. Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$$\text{Nm} = \text{Ng} * \text{Am} * 10^{-6}$$
$$\text{Am} = 2 * 500 * (\text{L} + \text{W}) + \text{Pi} * 500^2$$
$$\text{Am} = 816598.16$$
$$\text{Nm} = 0.4083$$

9.4.12. Nl - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$$\text{Nl} = \text{Ng} * \text{Al} * \text{Ci} * \text{Ce} * \text{Ct} * 10^{-6}$$
$$\text{Al} = 40 * \text{Ll}$$
$$\text{Al} = 24000$$
$$\text{Nl} = 0.0024$$

9.4.13. Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]

$$\text{Ni} = \text{Ng} * \text{Ai} * \text{Ci} * \text{Ce} * \text{Ct} * 10^{-6}$$
$$\text{Ai} = 4000 * \text{Ll}$$
$$\text{Ai} = 2400000$$
$$\text{Ni} = 0.24$$

9.4.14. Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\text{Nlt} = \text{Ng} * \text{Alt} * \text{Cit} * \text{Cet} * \text{Ctt} * 10^{-6}$$
$$\text{Alt} = 40 * \text{Llt}$$
$$\text{Alt} = 12000$$
$$\text{Nlt} = 0.003$$

9.4.15. Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

$$\text{Nit} = \text{Ng} * \text{Ait} * \text{Cit} * \text{Cet} * \text{Ctt} * 10^{-6}$$
$$\text{Ait} = 4000 * \text{Llt}$$
$$\text{Ait} = 1200000$$
$$\text{Nit} = 0.3$$

9.4.16. Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura não protegida por SPDA

$$Pb = 1$$

9.4.17. Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada

$$Cld = 1$$

$$Cli = 1$$

9.4.18. Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada

$$Cldt = 1$$

$$Clit = 1$$

9.4.19. Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha W_m ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliado como: $Ks1 = 0,12 \times W_{m1}$

$$Ks1 = 1$$

9.4.20. Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$Uw = 12$$

9.4.21. Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / Uw$

$$Ks4 = 0.08$$

9.4.22. Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

9.4.23. Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

9.4.24. Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe I
Peb = 0.01

9.4.25. Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ($U_w=12$)
Pld = 1

9.4.26. Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ($U_w=1.5$)
Pldt = 1

9.4.27. Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$
Pv = 0.01

9.4.28. Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$P_{vt} = P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$
Pvt = 0.01

9.5. Zonas da Edificação

9.5.1. Zona: Zona 1 (Interna)

9.5.1.1. Número de pessoas na Zona

$n_z = 30$

9.5.1.2. Número total de pessoas na Estrutura

$n_t = 10$

9.5.1.3. Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$t_z = 4000$

9.5.1.4. Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$t_e = 100$

9.5.1.5. L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

9.5.1.6. L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

9.5.1.7. L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Considerar

9.5.1.8. L4 - Perda econômica

Considerar

9.5.1.9. Risco de Explosão / Hospitais

Sim

9.5.1.10. Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Avisos visíveis de alerta
 $P_{tu} = 0.1$

9.5.1.11. Ks2

$K_{s2} = 1$

9.5.1.12. Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe I
 $P_{spd} = 0.01$

9.5.1.13. Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos
Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.

$K_{s3} = 0.0001$

9.5.1.14. Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhum sistema de DPS coordenado
 $P_{spdt} = 1$

9.5.1.15. Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
(área do laço da ordem de 50 m²)
 $K_{s3t} = 1$

9.5.1.16. Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$P_c = P_{spdt} * C_{ld}$
 $P_c = 0.01$

9.5.1.17. Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$
 $P_{ct} = 1$

9.5.1.18. Pms

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$
 $P_{ms} = 0.0001 * 10^{-6}$

9.5.1.19. Pmst

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$
 $P_{mst} = 0.4489$

9.5.1.20. Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$P_m = P_{spdt} * P_{ms}$
 $P_m = 0.0001 * 10^{-8}$

9.5.1.21. Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$
 $P_{mt} = 0.4489$

9.5.1.22. Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por

choque

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_u = 0.001$$

9.5.1.23. P_{ut} - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{ut} = 0.001$$

9.5.1.24. P_w - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$

$$P_w = 0.01$$

9.5.1.25. P_{wt} - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$

$$P_{wt} = 1$$

9.5.1.26. P_{li}

$$P_{li} \text{ para } U_w = 12 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.1$$

9.5.1.27. P_{lit}

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$

$$P_{lit} = 0.5$$

9.5.1.28. P_z - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$

$$P_z = 0.001$$

9.5.1.29. P_{zt} - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$

$$P_{zt} = 0.5$$

9.5.1.30. Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - P_{ta} (Tabela B.1)

Equipotencialização efetiva do solo

$$Pta = 0.01$$

9.5.1.31. Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

Cascalho, tapete, carpete (Resistência de contato entre 10 e 100 ohms)

$$r_t = 0.0001$$

9.5.1.32. Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape

$$r_p = 0.5$$

9.5.1.33. Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Explosão: Zonas 0, 20 e explosivos sólidos

$$r_f = 1$$

9.5.1.34. Perigo Especial - Fator h_z (Tabela C.6)

Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)

$$h_z = 2$$

9.5.1.35. P_a - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.01$$

9.5.1.36. L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

9.5.1.36.1. L_t

$$L_t = 0.01$$

9.5.1.36.2. D2 - Danos Físicos - L_f (Tabela C.2)

Risco de explosão

$$L_f = 0.1$$

9.5.1.36.3. D3 - Falhas de sistemas internos - L_o (Tabela C.2)

Risco de explosão

$Lo = 0.1$

9.5.1.36.4. La

$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$

$La = 0.0014 * 10^{-3}$

9.5.1.36.5. Lu

$Lu = La = 0.0014 * 10^{-3}$

9.5.1.36.6. Le

$Le = 1.0 * (te / 8760)$

$Le = 0.01142$

9.5.1.36.7. Lb

$Lb = rp * rf * hz * (Lf + Le) * (nz / nt) * (tz / 8760)$

$Lb = 0.15262$

9.5.1.36.8. Lv

$Lv = Lb = 0.15262$

9.5.1.36.9. Lc

$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$

$Lc = 0.13699$

9.5.1.36.10. Lm Lw Lz

$Lm = Lw = Lz = Lc = 0.13699$

9.5.1.37. L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

9.5.1.37.1. D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia

$Lf = 0.1$

9.5.1.37.2. D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia

$$L_o = 0.01$$

9.5.1.37.3. Lb

$$L_b = r_p * r_f * L_f * (n_z / n_t)$$
$$L_b = 0.15$$

9.5.1.37.4. L_v

$$L_v = L_b = 0.15$$

9.5.1.37.5. L_c

$$L_c = L_o * (n_z / n_t)$$
$$L_c = 0.03$$

9.5.1.37.6. L_m L_w L_z

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0.03$$

9.5.1.38. L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

9.5.1.38.1. D2 - Danos Físicos - L_f (Tabela C.10)

Museus, galerias

$$L_f = 0.1$$

9.5.1.38.2. cz - Valor do Patrimônio Cultural na Zona (milhões)

$$cz = 2 \text{ milhões}$$

9.5.1.38.3. ct - Valor total da edificação e conteúdo da estrutura (milhões)

$$ct = 4 \text{ milhões}$$

9.5.1.38.4. L_b

$$L_b = r_p * r_f * L_f * (cz / ct)$$
$$L_b = 0.025$$

9.5.1.38.5. L_v

$$L_v = L_b = 0.025$$

9.5.1.39. L4 - Perda econômica

9.5.1.39.1. D2 - Danos físicos - Lf (Tabela C.12)

Risco de explosão
Lf = 1

9.5.1.39.2. D3 - Falha de sistemas internos - Lo (Tabela C.12)

Risco de explosão
Lo = 0.1

9.5.1.39.3. ca - Valor dos animais na Zona (milhões)

ca = 0 milhões

9.5.1.39.4. cb - Valor da edificação relevante à Zona (milhões)

cb = 4 milhões

9.5.1.39.5. cc - Valor do conteúdo da Zona (milhões)

cc = 2 milhões

9.5.1.39.6. cs - Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na Zona (milhões)

cs = 0.5 milhões

9.5.1.39.7. ct - Valor total da estrutura (soma de todas as zonas) (milhões)

ct = 4 milhões

9.5.1.39.8. La

$La = rt * Lt * (ca / ct)$
La = 0

9.5.1.39.9. Lu

Lu = La = 0

9.5.1.39.10. Lb

$Lb = rp * rf * Lf * ((ca + cb + cc + cs) / ct)$
Lb = 0.8125

9.5.1.39.11. Lv

$$L_v = L_b = 0.8125$$

9.5.1.39.12. Lc

$$L_c = L_o * (c_s / c_t)$$
$$L_c = 0.0125$$

9.5.1.39.13. Lm Lw Lz

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0.0125$$

9.5.1.39.14. Le

$$L_e = L_{fe} * (c_e / c_t)$$
$$L_e = 0$$

9.5.1.39.15. Lft

$$L_{ft} = L_f + L_{e1}$$

9.5.1.40. Riscos da Zona

9.5.1.40.1. Ra

$$R_a = N_d * P_a * L_a$$
$$R_a = 0.0002 * 0.01 * 0.0014 * 10^{-3}$$
$$R_a = 0.0003 * 10^{-8}$$

9.5.1.40.2. Rb

$$R_b = N_d * P_b * L_b$$
$$R_b = 0.0002 * 1 * 0.8125$$
$$R_b = 0.00017$$

9.5.1.40.3. Rc

$$R_c = N_d * P_c * L_c$$
$$R_c = 0.0002 * 0.01 * 0.13699$$
$$R_c = 0.0003 * 10^{-3}$$

9.5.1.40.4. Rm

$$R_m = N_m * P_m * L_m$$
$$R_m = 0.4083 * 0.0001 * 10^{-8} * 0.13699$$
$$R_m = 0.0004 * 10^{-10}$$

9.5.1.40.5. Ru

$$\begin{aligned}R_u &= (N_l + N_{d_j}) * P_u * L_u \\R_u &= (0.0024 + 0) * 0.001 * 0.0014 * 10^{-3} \\R_u &= 0.0003 * 10^{-8}\end{aligned}$$

9.5.1.40.6. Rut

$$\begin{aligned}R_{ut} &= (N_{lt} + N_{d_j}) * P_{ut} * L_u \\R_{ut} &= (0.003 + 0) * 0.001 * 0.0014 * 10^{-3} \\R_{ut} &= 0.0004 * 10^{-8}\end{aligned}$$

9.5.1.40.7. Rv

$$\begin{aligned}R_v &= (N_l + N_{d_j}) * P_v * L_v \\R_v &= (0.0024 + 0) * 0.01 * 0.8125 \\R_v &= 0.0195 * 10^{-3}\end{aligned}$$

9.5.1.40.8. Rvt

$$\begin{aligned}R_{vt} &= (N_{lt} + N_{d_j}) * P_{vt} * L_v \\R_{vt} &= (0.003 + 0) * 0.01 * 0.8125 \\R_{vt} &= 0.0244 * 10^{-3}\end{aligned}$$

9.5.1.40.9. Rw

$$\begin{aligned}R_w &= (N_l + N_{d_j}) * P_w * L_w \\R_w &= (0.0024 + 0) * 0.01 * 0.13699 \\R_w &= 0.0033 * 10^{-3}\end{aligned}$$

9.5.1.40.10. Rwt

$$\begin{aligned}R_{wt} &= (N_{lt} + N_{d_j}) * P_{wt} * L_w \\R_{wt} &= (0.003 + 0) * 1 * 0.13699 \\R_{wt} &= 0.00041\end{aligned}$$

9.5.1.40.11. Rz

$$\begin{aligned}R_z &= N_i * P_z * L_z \\R_z &= 0.24 * 0.001 * 0.13699 \\R_z &= 0.0329 * 10^{-3}\end{aligned}$$

9.5.1.40.12. R1z

$$\begin{aligned}R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} + R_c + R_m + R_w + R_{wt} + R_z + R_{zt} \\R_{1z} &= 0.0003 * 10^{-8} + 0.00017 + 0.0003 * 10^{-8} + 0.0195 * 10^{-3} + 0.0004 * 10^{-8}\end{aligned}$$

$$+ 0.0244 \cdot 10^{-3} + 0.0003 \cdot 10^{-3} + 0.0004 \cdot 10^{-10} + 0.0033 \cdot 10^{-3} + 0.00041 + 0.0329 \cdot 10^{-3} + 0.02055$$

$$R1z = 0.02121$$

9.5.1.40.13. R2z

$$R2z = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz + Rvt + Rwt + Rzt$$

$$R2z = 0.00017 + 0.0003 \cdot 10^{-3} + 0.0004 \cdot 10^{-10} + 0.0195 \cdot 10^{-3} + 0.0033 \cdot 10^{-3} + 0.0329 \cdot 10^{-3} + 0.0244 \cdot 10^{-3} + 0.00041 + 0.02055$$

$$R2z = 0.02121$$

9.5.1.40.14. R3z

$$R3z = Rb + Rv + Rvt$$

$$R3z = 0.00017 + 0.0195 \cdot 10^{-3} + 0.0244 \cdot 10^{-3}$$

$$R3z = 0.00021$$

9.5.1.40.15. R4z

$$R4z = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz + Rvt + Rwt + Rzt$$

$$R4z = 0.00017 + 0.0003 \cdot 10^{-3} + 0.0004 \cdot 10^{-10} + 0.0195 \cdot 10^{-3} + 0.0033 \cdot 10^{-3} + 0.0329 \cdot 10^{-3} + 0.0244 \cdot 10^{-3} + 0.00041 + 0.02055$$

$$R4z = 0.02121$$

9.6. Risco Total

9.6.1) R1

$$Ra + Rb = 0.00017$$

$$R1 = 0.02121$$

$$Rt1 = 1 \cdot 10^{-5}$$

$$R1 > Rt1$$

$$(Ra + Rb) > Rt1$$

Requer a instalação de SPDA ou MPS

9.6.2. R2

$$Ra + Rb = 0.00017$$

$$R2 = 0.02121$$

$$Rt2 = 1 \cdot 10^{-3}$$

$$R2 > Rt2$$

$$(Ra + Rb) \leq Rt2$$

Requer a instalação de SPDA ou MPS

9.6.3. R3

$$\begin{aligned}R_a + R_b &= 0.00017 \\R_3 &= 0.00021 \\R_{t3} &= 1 * 10^{-4} \\R_3 &> R_{t3} \\(R_a + R_b) &> R_{t3}\end{aligned}$$

Requer a instalação de SPDA ou MPS

9.6.4. R4

$$\begin{aligned}R_a + R_b &= 0.00017 \\R_4 &= 0.02121 \\R_{t4} &= 1 * 10^{-3} \\R_4 &> R_{t4} \\(R_a + R_b) &\leq R_{t4}\end{aligned}$$

Requer a instalação de SPDA ou MPS

9.7. Nível de Proteção adotada:

Nível de Proteção adotada: I

9.8. Métodos Utilizados

9.8.1. Método Franklin

Ângulo de Proteção (alfa)

Altura do Captor	Ângulo (Graus) [Nível de Proteção I]
Até 2m	70°
3m	67°
4m	63°
5m	59°
6m	56°
7m	53°
8m	50°
9m	48°
10m	45°
11m	43°
12m	41°
13m	38°
14m	36°
15m	34°
16m	32°

17m	30°
18m	27°
19m	25°
20m	23°

maior que 20m * Utilizar Método Eletrogeométrico ou Malha (Gaiola de Faraday) *

9.8.2. Método Eletrogeométrico

Raio da Esfera Rolante [Nível de Proteção I]

$$R = 20 \text{ m}$$

9.8.3. Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção I]

Afastamento máximo da Malha = 5x5 m

9.9. Cálculo do Número de descidas [N]

$$\text{Area} = 202.4 \text{ m}^2.$$

$$\text{Altura} = 4.54 \text{ m.}$$

$$\text{Perímetro} = 62.4 \text{ m.}$$

$$\text{Cantos Salientes da Estrutura} = 6$$

Nível de Proteção I: Espaçamento médio = 10m

$N = \text{Perímetro} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 13] para Nível de Proteção:
I

$$N = \text{Altura} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes}) \quad | \quad N = 4.54 / 10 + 6 \quad | \quad N = 7$$

$N \geq 2$ (Para descidas não naturais)

N = 13 descidas.

9.10. Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$$r = 500 \text{ ohms.m [resistividade do solo]}$$

$$R = 5 \text{ ohms [Resistência de aterramento]}$$

$$L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$$

$$L = (2 * r) / R$$
$$L = (2 * 500) / 5$$
$$L = 200 \text{ m}$$

$$l_1(\text{min}) = 5 \text{ m}$$

$$L = 200 \text{ m}$$

$$R_e = 9.93 \text{ m [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]}$$

Comprimento Adicional [$R_e \geq 11$] [OK]

9.11. Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anel horizontal de aterramento enterrado

Altura: 4.54m \leq 10m (Não é necessário anel horizontal intermediário)

9.12. Seções mínimas

9.12.1. Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça 35mm² Espessura 1.75 mm

Cobre - Arredondado maciço 35mm² Diâmetro 6 mm

Cobre - Encordoado 35mm² Diâmetro de cada fio da cordoalha 2.5mm

Cobre - Arredondado maciço (b) 200mm² Diâmetro 16 mm

Alumínio - Fita maciça 70mm² Espessura 3 mm

Alumínio - Arredondado maciço 70mm² Diâmetro 9.5mm

Alumínio - Encordoado 70mm² Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm

Alumínio - Arredondado maciço (b) 200mm² Diâmetro 16 mm

Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço 50mm² Diâmetro 8 mm

Aço Cobreado IACS 30% - Encordoado 50mm² Diâmetro de cada fio da

cordoalha 3 mm

Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço 50mm² Diâmetro 8 mm

Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordoado 70mm² Diâmetro de cada

3.6 nwn

Aço Galv.a quente - Fita maciça 50mm² Espessura mínima 2.5mm

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço 50mm² Diâmetro 8 mm

Aço Galv.a quente - Encordoado 50mm² Diâmetro de cada fio cordoalha

1.7 mm

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b) 200mm² Diâmetro 16 mm

Aço Inoxidável - Fita maciça 50mm² Espessura 2 mm

Aço Inoxidável - Arredondado maciço 50mm² Diâmetro 8 mm

Aço Inoxidável - Encordoado 70mm² Diâmetro de cada fio cordoalha 1.7

mm

Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b) 200mm² Diâmetro 16 mm

(b) - Aplicável somente a mini captos. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.

9.12.2. Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordoado - 50 mm² - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm

Cobre - Arredondado maciço - 50mm² - Diâmetro 8 mm

Cobre - Fita maciça - 50 mm² - Espessura 2mm

Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm

Cobre - Tubo - Eletrodo cravado 20mm - Espessura da parede 2 mm

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 16mm

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm

Aço Galv.a quente - Tubo - Eletrodo cravado 25mm - Espessura da parede 2 mm

Aço Galv.a quente - Fita maciça - 90 mm² - Espessura 3 mm

Aço Galv.a quente - Encordoado - 70 mm²

Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm

Aço Cobreado - Encordoado 70 mm² - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.45

mm

Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm

Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm

Aço Inoxidável - Fita maciça - 100mm² - Espessa mínima 2 mm

10. ATERRAMENTO

Para o cálculo da malha de aterramento, considerou-se uma resistência do aterramento não superior a 5Ω. Como haverá movimentação de terra, bem como preenchimento com aterro saibro, a empresa executante deverá realizar a estratificação do solo através do **Método de Wenner** para obter a resistividade das camadas e poder tomar alguma ação a fim de diminuir a resistência do solo caso esta seja superior a indicada.

- ❖ *Resistência da malha projetada = 5 Ω*
- ❖ *Quantidade de hastes = 18*
- ❖ *Comprimento do cabo = 264 m*
- ❖ *Bitola do cabo = 50 mm²*
- ❖ *Espaçamento de cabos no eixo X = 2,00 m / 12 cabos*
- ❖ *Espaçamento de cabos no eixo Y = 2,20 m / 6 cabos*

NOTA:

- 1. Todas as partes metálicas não energizadas da subestação deverão ser ligadas a malha de terra.*
- 2. Além das hastes previstas em projeto, os transformadores e o disjuntor de média tensão terão hastes próprias ligadas à malha de terra.*

As hastes de aterramento serão de aço revestido de cobre diâmetro de 5/8" (16 mm) e comprimento de 2,40 m. As conexões haste-cabo serão feitas com conexão mecânica (conectores ou grampos adequados) ou com solda exotérmica. A resistência máxima de terra será de 10 Ohms em terreno úmido e de 25 Ohms em terreno seco, sendo usado para tanto, o número de hastes e as profundidades que forem necessárias. A distância entre hastes será no mínimo igual ao seu comprimento.

Os cabos de cobre nu 50mm² serão fixados nas hastes através de conector de bronze e solda exotérmica que não deverá ter emendas. O cabo que liga o neutro do transformador à terra será de cobre nu de 50mm². As hastes de terra serão fixadas conforme mostra o projeto.

O neutro da CONCESSIONÁRIA será interligado com o neutro/terra das instalações da unidade consumidora. As interligações entre as hastes (malha), serão efetuadas através de cabo de cobre nu com seção mínima de 50 mm², a no mínimo 50 cm de profundidade. Nas paredes, será instalado um anel de aterramento de cabo de cobre nu 35 mm², onde são efetuados os aterramentos dos equipamentos, ferragens e neutro, sendo este interligado à malha. Todas as partes metálicas não energizadas da cabine, serão interligadas ao anel de aterramento através de fio ou cabo de bitola mínima de 35 mm² de cobre nu. A malha de terra que interliga as hastes será construída dentro da própria cabine e antes da concretagem do piso. Haverá acesso às hastes da malha de terra, em doze pontos, através de aberturas no piso em caixas de inspeção com dimensões de 30 cm x 30 cm ou manilha de diâmetro mínimo de 250 mm e localizadas nos cantos internos da cabine. O anel interno da cabine deve ser interligado à malha através destas aberturas, que devem permanecer acessíveis à inspeção e protegidas com tampas removíveis.

A malha de aterramento será sob a cabine, sendo feita a ligação da malha de terra ao anel interno em doze pontos, com condutores de cobre nu 35 mm^2 , no mínimo, conforme NBR-15465.

A de aço CA 60, com diâmetro de 5 mm, espaçamento entre fios de 10 cm, conforme as normas NBR-7481, NBR5916 e NBR-7480, para a laje baldrame (laje de piso) deverá ser interligada ao anel interno através de rabichos de cabo de cobre nu de 35 mm^2 , em no mínimo 6 pontos, distantes um do outro de no máximo 3 metros.

Todas as interligações entre malha, anel e aterramento dos equipamentos e ferragens, serão efetuadas através de conector (conexão mecânica) ou solda exotérmica, sendo vedado o uso de solda de estanho, zinco ou chumbo.

Todas as partes metálicas não energizadas do conjunto serão aterradas, inclusive portas e janelas suplementares (uso externo). O condutor de aterramento da porta será de cobre isolado do tipo extra-flexível, com seção mínima de 25 mm^2 e conectado por terminais em ambas as extremidades. Possuirão comprimento suficiente que permitirá abrir livremente a porta, e estando a mesma fechada mantenha uma distância mínima de 40 mm das partes energizadas.

A cada 12 meses deve ser medida a resistência ôhmica do aterramento.

11. GMG – GRUPO MOTOR GERADOR

A geração de energia emergencial, que suprirá a necessidade da Unidade Consumidora (UC), considerado um fator de demanda de 75% das cargas comuns acrescido da carga integral dos CHILLERS, será realizada através de 3 (três) geradores à diesel, cujas capacidades serão 2 (dois) 750kVA (novos) e 1 (um) de 700kVA (existente), instalados ao lado da Cabine da Subestação trabalhando sincronizados e em paralelo e todos em regime *standby*.

Cada GMG deverá ser equipado com Quadro de Transferência Automática (QTA), para operar em regime automático, de tal forma a executar todos os procedimentos de partida e transferência de carga para os geradores sempre que houver interrupção no fornecimento de energia elétrica pela Concessionária. Esses QTA's deverão ser dotados de dispositivos de bloqueio, com intertravamento elétrico, de tal

forma a nunca permitir que suas contadoras trabalhem juntas ao mesmo tempo e também não permitiram que os GMG's entrem em operação em paralelo com a rede da concessionária.

Haverá um painel de comando, chamado **Painel de Sincronismo e Paralelismo**, cuja função é realizar o sincronismo e paralelismo entre os GMG's antes da energia ser injetada no sistema para alimentar as cargas.

11.1. DOS SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Para a correta interpretação das disposições, considera-se:

GMGs: máquinas geradoras (grupo motor gerador) de energia elétrica de potência nominal de 2x750 kVA e 1x700 kVA, de montagem fixa, destinadas a entrar em operação automaticamente quando ocorrer a interrupção ou o fornecimento inadequado de energia elétrica;

SGE (sistemas de geração de energia): Cada GMG é constituído de motor à combustão acoplado a um gerador de eletricidade, com funcionamento e manutenções de acordo com as orientações dos respectivos fabricantes. Cada GMG abrange os seguintes subsistemas:

- a) armazenamento de combustível;
- b) arrefecimento;
- c) escape de gases da combustão;
- d) controle e proteção;
- e) elementos de potência;
- f) baterias e carregadores de corrente contínua;
- g) motor a combustão;
- h) gerador elétrico;
- i) periféricos em geral.

Subsistema de armazenamento de combustível: compreende os tanques de combustível ligados por meio de tubulação adequada até o motor do gerador, não admitindo qualquer tipo de vazamento (mesmo em caráter temporário). Elementos principais: tanques, tubulações, conexões, válvulas de qualquer tipo, comandos elétricos,

boias, bombas fixas, bombas portáteis e qualquer outro elemento que compõe o subsistema de abastecimento atual.

Subsistema de arrefecimento: compreende todos os componentes necessários para executar o resfriamento adequado de cada GMG, seja o fluido refrigerante a água ou a ar, não admitindo qualquer tipo de vazamento (mesmo em caráter temporário). Elementos principais: tubulações, conexões, exaustores, ventiladores, válvulas de qualquer tipo, comandos elétricos, boias, bombas fixas e qualquer outro elemento que compõe o subsistema de arrefecimento atual.

Subsistema de escape de gases da combustão: compreende todos os componentes necessários para executar o escape de gases de combustão adequado de cada GMG, não admitindo qualquer tipo de vazamento (mesmo em caráter temporário). Elementos principais: tubulações, conexões, isolamento térmico, catalizadores, filtros, caixas de fumaça e qualquer outro elemento que compõe o subsistema de escape atual.

Subsistema de controle e proteção: compreende todos os componentes necessários para executar o controle e a proteção adequados de cada GMG. Elementos principais: sensores, relés, disjuntores, CLP, controladores inteligentes, contadores, reguladores de tensão, reguladores de velocidade e qualquer outro elemento que compõe o subsistema de controle e proteção atual.

Subsistema de elementos de potência: compreende todos os componentes necessários para garantir o fluxo de potência nominal de cada GMG. Elementos principais: disjuntores, quadros elétricos dedicados aos geradores, Quadro de Transferência Automática (QTA), cabos elétricos, contadores e qualquer outro elemento que compõe o subsistema de fluxo de potência. Haverá um painel de sincronismo que integrará os 3 (três) GMG ao sistema.

Subsistema de baterias e carregadores de corrente contínua: compreende todos os componentes necessários para garantir o sistema de corrente contínua de cada GMG. Elementos principais: disjuntores, baterias, carregadores, contadores ou qualquer outro periférico necessário para o funcionamento adequado de cada máquina.

Subsistema motor à combustão: compreende todos os componentes necessários para garantir o correto funcionamento do motor à combustão do GMG. Elementos principais: bloco de cilindros, cilindros, juntas, pistões, cabeçotes, cárter, alternador,

motor de arranque, bombas e qualquer peça interna e externa, ou ainda, qualquer elemento do motor necessário ao funcionamento adequado de cada GMG.

Subsistema gerador elétrico: compreende todos os componentes necessários para garantir o correto funcionamento do gerador elétrico do GMG. Elementos principais: carcaça, rotor, enrolamentos, estator, excitatriz e qualquer peça interna e externa, ou ainda, qualquer elemento do gerador necessário para o funcionamento adequado de cada máquina.

Subsistema de periféricos em geral: compreende todos os componentes periféricos necessários para garantir o funcionamento de cada GMG não mencionados nos subsistemas anteriores. A Contratada não poderá alegar que o dimensionamento desse subsistema provoca defeitos que não são de sua responsabilidade no sistema global de cada GMG.

11.2. ACIONAMENTO DOS GERADORES

Os GMGs serão utilizados para prover energia de backup às cargas e deverão estar programados para acionamento automático. A lógica de acionamento dos GMG's será a seguinte:

1. Após a detecção da falta de energia no sistema, todos os GMG's serão acionados para ligarem seus motores;
2. Um dos geradores será definido como gerador principal e será acionado primeiro;
3. Após o acionamento do gerador principal, os demais geradores serão acionados a fim de sincronizarem suas grandezas às do gerador principal;
4. Após a sincronização, a potência total dos geradores será disponibilizada e transferida para carga;
5. A primeira carga a retornar será um dos CHILLERS, devido à corrente de partida;

6. Após o primeiro CHILLER entrar em regime permanente, o segundo CHILLER deverá ser acionado. O tempo de acionamento entre os CHILLERS deverá ser consultado com a empresa de manutenção ou fabricante;
7. Só após o acionamento do sistema de refrigeração do prédio realizado pelos CHILLERS ser acionado, as cargas comuns do prédio poderão começar a retornar, portanto, deverá haver uma programação de retardo na comutação das cargas atendidas pelos NOBREAKS. Esse retardo/delay para os nobreaks comutarem deverá estar sincronizado com o tempo que os CHILLERS precisam para entrarem em regime permanente e a corrente nominal estabilizar;
8. O controlador de sincronismo e paralelismo dos GMGs deverá dividir as cargas de forma mais igualitária possível a fim de não sobrecarregar qualquer grupo;
9. O controlador de sincronismo e paralelismo dos GMGs deverá analisar a potência demandada e, se necessário, retirar quantos GMG's forem necessários e realizar a transferência de carga aquele que permanecer;
10. Após o reestabelecimento da energia da concessionária os GMG's retornarão para *Standby*.

11.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MOTOR

- Estacionário;
- Injeção direta;
- Turbo alimentado, 8 cilindros em V;
- Motor diesel 4 tempos;
- Tensão de partida 24V;
- Filtro separador de água e óleo (nível visível);
- Regulação eletrônica de velocidade;
- Bolbos de ATA;
- Bolbos de BPA;

- Sensor de nível água radiador;
- Filtro de ar seco;
- Proteções de partes quentes;
- Proteções de partes móveis;
- Sistema de arrefecimento a água, através de radiador tropical, com ventilador soprante, tanque de expansão, bomba centrífuga e sistema de preaquecimento.

ALTERNADOR

- Auto-excitado e auto-regulado;
- Proteção IP23;
- Isolamento classe H;
- 60Hz;
- Ligação estrela com neutro acessível;
- Número de polos 4;
- RPM 1.800;
- Regulador de tensão eletrônico para mais/menos 2% em toda faixa de carga.

SISTEMA ELÉTRICO

- Quadro de força, controle e medição (conforme parametrização);
- Disjuntor motorizado tripolar;
- Chave de desconexão de bateria;
- Proteção diferencial regulável (tempo e sensibilidade) de série em M5 e AS5 com disjuntor;
- Carregador automático de baterias (de série em grupos geradores de partida automática);
- Resistência de pré-aquecimento do motor (de série em grupos de partida automática);
- Alternador de carga de baterias com tomada de terra · Bateria(s) de partida (inclui cabos, conectores e suporte);

- Instalação elétrica de tomada de terra, com conexão prevista para piquete de terra (piquete não fornecido).

DIVERSOS

- Chassis em aço;
- Botão de parada de emergência;
- Kit de extração do óleo do cárter;
- Amortecedores de vibração;
- Tanque de combustível integrado no chassi;
- Boia de nível de combustível;
- Bujão de drenagem do tanque;
- Silenciador hospitalar -35db(A);
- Tanque de combustível diário, capacidade: 740 litros, montado na base do GMG;
- 02 (duas) Baterias seladas, com cabos e terminais de ligação;
- Conjunto de amortecedores de vibração entre GMG/BASE;
- Bacia para contenção de líquidos e fluidos;
- Conjunto de documentação técnica em mídia digital.

PAINEL QTA - PAINEL DE COMANDO, CONTROLE E SINCRONISMO AUTOMÁTICO

- Painel de comando, controle e sincronismo automáticos, com STR - (Sistema de Transferência em Rampa);
- Fabricado em chapa de aço carbono, com tratamento anticorrosivo através de desengraxamento, fosfatização, enxague, secagem em estufa e aplicação de pintura a pó com aderência por aquecimento em estufa, com acabamento final na cor cinza Ral 7035;
- Dotado de módulo de comando microprocessado, digital, Deep-Sea, modelo: DSE-8610/DSE-8660, com controle de partida/parada, medições e proteção do motor/alternador, possibilidade de comando manual, automático, teste e bloqueio de funcionamento do grupo gerador,

transferência (manual e automática) de carga entre rede e gerador, registro dos 10 (dez) últimos eventos;

- Indicação no display das tensões fase-fase e fase-neutro (gerador e rede), corrente, frequência, potência ativa (kW), reativa (kVAr) e aparente (kVA), energia (kWh), fator de potência e distorção harmônica (THD);
- Parada de emergência e proteção para baixa pressão do óleo lubrificante, alta temperatura da água, sub/sobrevelocidade, sub/sobretensão, sub/sobrefrequência, sobrecarga, curto-circuito, sequência de fase, dentre outras;
- Com carregador flutuador de bateria e disjuntor, motorizado tripolar de 1250A, marca: ABB, para sincronismo no SKID.

QTA TOTALIZADOR – QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA DE 2.200 KVA – 380/220V

- Composto de 02 (dois) disjuntores motorizados tripolares, marca: ABB de 3.400A, montado em painel autoportante;
- Dotado de módulo de comando microprocessado, digital, Deep-Sea.

11.4. COMISSONAMENTO

Para realizar o paralelismo e sincronismo entre os grupos geradores que atuarão como uma fonte única é preciso observar algumas condições obrigatórias. Essa análise é importante para evitar retrabalhos e perdas com ajustes.

VELOCIDADE DO MOTOR

O conjunto de geradores deve apresentar um regulador de velocidade ou uma central eletrônica que possibilite o controle da velocidade do motor por meio de uma entrada analógica (motores equipados com reguladores de velocidade) ou por meio da comunicação CAN, disponibilizada pelo motor eletrônico.

TENSÃO DE GERAÇÃO

Além disso, é necessário que o grupo motor gerador (GMG) apresente um regulador com uma entrada analógica para o controle da tensão de geração, uma vez que essa característica deve ser a mesma em todos os geradores.

FREQUÊNCIA E ÂNGULO DE FASES

Deve-se garantir que os GMGs estejam na mesma frequência e possuam os mesmos ângulos de fases para que não haja uma D.D.P. e provoque um curto-circuito.

SINCRONISMO

Os recursos supracitados são necessários para que o sistema possa ter sua tensão, frequência e ângulo de fase monitorados e alterados por meio do controlador do grupo gerador, para que o mesmo possa entrar em sincronismo com o barramento e, após realizar o paralelismo, com outros grupos geradores.

No sistema da Deep Sea Electronics, os controladores que podem trabalhar em paralelo como fonte única são da linha de módulos DSE 8×10, quando podem ser configuradas funções, como compartilhamento de carga, demanda de carga e outras opções.

Para efetuar o sincronismo é preciso seguir 4 passos importantes. São eles:

- Realizar os ajustes dos reguladores de frequência e tensão (exatamente nessa ordem);
- Realizar um teste com carga, para verificar se todas as medições estão positivas — caso contrário, a instalação pode estar incorreta (possivelmente a referência dos TC's estará incorreta);
- Certificar que todos os geradores desse link estejam se comunicando por meio da porta MSC LINK;
- Conferir se a sequência de fase do gerador está na mesma sequência do barramento.

12. SISTEMA DE PROTEÇÃO

A proteção da subestação se inicia já no poste particular de recebimento do ramal com jogo de para-raios conforme especificações técnicas nesse memorial. Também serão instalados para-raios internamente à cabine junto às muflas de entrada. O disjuntor de média tensão será instalado em compartimento individual com proteções concentradas em um único relê através de leituras de parâmetros elétricos indiretamente (por TCs e TPs conforme descrições no memorial das características dos equipamentos).

Para o correto funcionamento dos relés eletrônicos e para o funcionamento da bobina de abertura do disjuntor, durante a ocorrência de curtos-circuitos próximos ao seu ponto de instalação, serão previstas fontes auxiliares para a sua alimentação através de TPs, trip capacitivo, no-break e relê.

Do lado da entrada do disjuntor e antes de cada transformador, será instalada uma chave seccionadora tipo faca de abertura sob carga, de classe de tensão e corrente nominal adequados, para possibilitar a manutenção do disjuntor.

Os ajustes, calibração e aferição do relê serão executados por profissional qualificado e responsável pela execução e informados a CONCESSIONÁRIA através de laudo técnico. Quando da solicitação de inspeção será encaminhado imagem da ART referente ao ajuste, calibração e aferição dos relés através de responsabilidade pela execução.

13. REDE DE MÉDIA TENSÃO – 13,8 kV

Será necessário a extensão do alimentador de 13,8kV que atende atualmente a unidade consumidora, visto que a subestação abaixadora, atualmente aérea, será transferida para o novo projeto de acordo com a planta de situação **05 - Projeto SE 1.75MVA ISD CCW ELÉTRICO 2**.

Deverá ser seguindo todos os parâmetros das nomas DIS-NOR-036 - Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual e DIS-NOR-013-rev-05 - Projeto de Rede de Distribuição Aérea Compacta.

Será adicionado na estrutura N3, existente, a qual atualmente suporta a subestação aérea do consumidor, uma estrutura CE3 para rede SPACE (COMPACTA) com

alimentador de 35mm² em alumínio protegido e suportado pelo cabo guia, bem como os espaçadores normatizados.

Após a estrutura N3.CE3, início da extensão da rede, haverá uma estrutura intermediária do tipo CE2, a qual foi escolhida devido um poste de iluminação próximo ao trecho e, portanto, possivelmente haverá um ângulo superior a 6° entre as duas estruturas. Para suportar tal estrutura deverá ser implantado poste Duplo-Tê (DT) de 12metros e 300 daN.

A estrutura CE3 DS será instalada ao final da extensão da rede. Nela serão instalados os para-raios, aterramento e 3 (três) chaves fusíveis, bem como estrutura de descida de acordo com os detalhes construtivos do arquivo **05 - Projeto SE 1.75MVA ISD CCW ELÉTRICO 2.**

ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

1. PARA-RAIOS

Os para-raios do padrão de entrada e da cabine de disjunção deverão ser de óxido metálico em invólucro polimérico providos de suporte, classe de tensão $12kV/10kA$ e munidos de desligador automático. Será instalado 01 por fase. O condutor de interligação dos para-raios com a haste de aterramento deverá ser de aço cobreado com bitola de 2 AWG ($33,63\text{ mm}^2$).

Tensão Nominal (V_{nom})	12 kV
Corrente Nominal (I_{nom})	10 kA
Corrente Máxima ($I_{máx}$)	100 kA
Tensão Disruptiva (V_{disrup})	71,25 kV
NBI	95 kV
Fator de aterramento (F_{at})	0,75

Tabela 04: Especificações técnicas dos para-raios.

2. CHAVE FUSÍVEL

2.1. ESPECIFICAÇÕES DOS ELOS FUSÍVEIS

Os elos das chaves fusíveis obedecerão à norma da COSERN, conforme tabela a seguir. Assim, será utilizado um elo fusível de 80K por fase.

ELOS FUSÍVEIS PARA PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES ATÉ 2 MVA	
POTÊNCIA EM KVA	ELO FUSÍVEL
15	1H
30	2H
45	3H
75	5H
112,5	6K
150	8K

225	10K
300	12K
500	25K
750	30K
1000	40K
1200	50K
1500	65K
2000	80K

Tabela 05 - Elos fusíveis para proteção de transformadores até 2 MVA. Fonte: Fornecimento de Energia Elétrica em tensão primária de distribuição – 13,8kV.

2.2. ESPECIFICAÇÕES DAS CHAVES FUSÍVEIS

Com base nas normas técnicas fornecidas pela concessionária de energia local, será utilizado um conjunto de chaves fusíveis unipolares conforme especificações abaixo:

Tensão Nominal (V_{nom})	15 kV
Corrente Nominal (I_{nom})	100 A
Frequência	60 Hz
Corrente de Interrupção Assimétrica Mínima	10 kA
Elo Fusível	80K
NBI	95KV

Tabela 06: Especificações técnicas das chaves fusíveis.

3. CHAVES SECCIONADORAS

Serão utilizados três conjuntos de chaves seccionadoras tripolares com abertura sob carga, com punho de manobra, suporte para punho de manobra para instalação em alvenaria e prolongador.

O primeiro conjunto será instalado a montante da proteção primária – Disjuntor de Média Tensão – e os outros dois conjuntos a montante de cada transformador.

Nas chaves seccionadoras a montante dos transformadores será incrementado a proteção por fusíveis limitadores de corrente tipo HH acoplados às duas chaves seccionadoras.

CHAVE SECCIONADORA 1 – ENTRADA

Tensão Nominal (V_{nom})	15 kV
Corrente Nominal (I_{nom})	400 A
Operação	Com Carga
Comando	Simultâneo
Aplicação	Uso interno
NBI	95 kV
Travamento	Mecânico
Acionamento	Manual, através de Alavanca de manobra
Corrente de curta duração simétrica	16 kA
Valor da Crista de corrente suportável de curta duração	40 kA
Suporte para fusível HH	Não
Fusível limitador de corrente tipo HH	–

Tabela 07: Especificações técnicas das chaves seccionadoras.

CHAVE SECCIONADORA 2 – TRAFÓ 1 – 1.00kVA

Tensão Nominal (V_{nom})	15 kV
Corrente Nominal (I_{nom})	400 A
Operação	Com Carga
Comando	Simultâneo
Aplicação	Uso interno
NBI	95 kV
Travamento	Mecânico
Acionamento	Manual, através de Alavanca de manobra
Corrente de curta duração simétrica	16 kA

Valor da Crista de corrente suportável de curta duração	40 kA
Suporte para fusível HH	Sim
Fusível limitador de corrente tipo HH	90A

Tabela 08: Especificações técnicas das chaves seccionadoras.

CHAVE SECCIONADORA 3 – TRAFÓ 2 – 750kVA

Tensão Nominal (V_{nom})	15 kV
Corrente Nominal (I_{nom})	400 A
Operação	Com Carga
Comando	Simultâneo
Aplicação	Uso interno
NBI	95 kV
Travamento	Mecânico
Acionamento	Manual, através de Alavanca de manobra
Corrente de curta duração simétrica	16 kA
Valor da Crista de corrente suportável de curta duração	40 kA
Suporte para fusível HH	Sim
Fusível limitador de corrente tipo HH	60A

Tabela 09: Especificações técnicas das chaves seccionadoras.

4. DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO

De acordo com a norma da COSERN, para subestações com potência instalada acima de 225 kVA, faz-se necessário o uso de disjuntores de alta tensão de acionamento automático na abertura e com capacidade de interrupção nominal mínima de 350 MVA, em 13,8 kV e com corrente nominal mínima de 350 A. O disjuntor deverá ser comandado por meio de relés de sobre corrente de ação indireta (com uso de TC e TP), com unidades instantâneas (50/50N) e temporizadas (51/51N). Desse modo, seguem as especificações do disjuntor requisitado:

Sistema	Trifásico
Tensão Nominal	15 kV
Frequência Nominal	60 Hz
Tipo	A vácuo
Instalação	Interna
Capacidade de Interrupção Mínima de Curto	≤ 350 MVA
Corrente Nominal	≤ 350 A
Acionamento	Automático
Mecanismo de Abertura	Mola
Nível Básico de Isolamento (NBI)	95 kV
Sequência de Operações	O-0,3s-CO-15s-CO

Tabela 10: Especificações técnicas do disjuntor de média tensão.

5. TRANSFORMADORES

Serão utilizados dois transformadores à seco de 1.000 kVA e 750 kVA operando em paralelo.

Potência	1.000 kVA
NBI	95kV
Norma de Fabricação	NBR 5356/93
Refrigeração	ANAN – Ar natural, Ar Natural
Classe de Tensão	15 kV
Tensão Primária	13,8/13,2/12,6/12,0/11,4/10,8/10,2 kV
Tensão Secundária	380/220 V
Primário	Triângulo (Delta)
Secundário	Estrela com Neutro Acessível
Deslocamento Angular	30°
Frequência Nominal	60 Hz
Perdas em Vazio	Sob Consulta
Perdas Totais	Sob Consulta

Corrente de Excitação	1,5%
Impedância a 75°C	6%
Comprimento	1580 mm
Largura	793 mm
Altura	1725 mm
Peso	2.170 kg

Tabela 11: Especificações técnicas dos transformadores potência de 1.000kVA.

Potência	750 kVA
NBI	95kV
Norma de Fabricação	NBR 5356/93
Refrigeração	ANAN – Ar natural, Ar Natural
Classe de Tensão	15 kV
Tensão Primária	13,8/13,2/12,6/12,0/11,4/10,8/10,2 kV
Tensão Secundária	380/220 V
Primário	Triângulo (Delta)
Secundário	Estrela com Neutro Acessível
Deslocamento Angular	30°
Frequência Nominal	60 Hz
Perdas em Vazio	Sob Consulta
Perdas Totais	Sob Consulta
Corrente de Excitação	1,5%
Impedância a 75°C	6%
Comprimento	1510 mm
Largura	760 mm
Altura	1565 mm
Peso	1.750 kg

Tabela 12: Especificações técnicas dos transformadores potência de 750kVA.

NOTA:

1. Os transformadores à seco dispensam reservatório para óleo.

6. RELÉ DE SOBRECORRENTE TRIFÁSICO

FASE (A-B-C)			
Parâmetro	Curva vermelha	Descrição do parâmetro	Faixa de ajuste recomendada
TC	VM	Relação de transformação de corrente (RTC)	1...250 (degrau de 1) ou 10...1250 (degrau de 10)
$I_{partida}$	VM	Corrente de partida da unidade de temporização curva inversa de fase	$I_n = 1A (0,01...6,50A) \times RTC$ $I_n = 5A (0,25...16,0A) \times RTC$
Curva	VM	Tipo de curva de atuação para fase	NI-MI-EI-LONG-IT-I2T
D. T.	VM	Ajuste do dial de tempo para fase	0,10 ... 2,00 s
I_{def}	VM	Corrente de partida da unidade de tempo definido de fase	$I_n = 1A (0,01...20,0 A) \times RTC$ $I_n = 5A (0,25...100,0 A) \times RTC$
T_{def}	VM	Tempo da unidade definido de fase	0,10 ... 240 s
I_{inst}	VM	Corrente da unidade instantânea de fase	$I_n = 1A (0,01...20,0 A) \times RTC$ $I_n = 5A (0,25...100,0 A) \times RTC$

Tabela 13: Parâmetro de ajustes do relé.

NEUTRO (D)			
Parâmetro	Curva vermelha	Descrição do parâmetro	Faixa de ajuste recomendada
$I_{partida}$	VD	Corrente de partida da unidade de temporização curva inversa de neutro	$I_n = 1A (0,01...6,50A) \times RTC$ $I_n = 5A (0,15...6,5A) \times RTC$
Curva	VD	Tipo de curva de atuação para neutro	NI-MI-EI-LONG-IT-I2T

D. T.	VD	Ajuste do dial de tempo para neutro	0,10 ... 2,00 s
I_{def}	VD	Corrente de partida da unidade de tempo definido de neutro	$I_n = 1A (0,01...10,0 A) \times$ RTC $I_n = 5A (0,15...50,0 A) \times$ RTC
T_{def}	VD	Tempo da unidade definido de neutro	0,10 ... 240 s
I_{inst}	VD	Corrente da unidade instantânea de neutro	$I_n = 1A (0,01...20,0 A) \times$ RTC $I_n = 5A (0,15...50,0 A) \times$ RTC

Tabela 14: Parâmetro de ajustes do relé.

NOTA:

- 1. O ajuste do relé deverá ser feito com base no estudo de coordenação e seletividade da proteção, disponível no ANEXO B.*

7. PAINÉIS ELÉTRICOS

Serão instalados painéis de baixa tensão do tipo comando na subestação, GMG, na sala dos quadros de distribuição e na sala dos nobreaks, esses dois últimos localizados no subsolo do prédio principal.

Deverão possuir dimensões compatíveis para instalação dos barramentos, disjuntores, transformadores de corrente, multimetro, cabos e demais acessórios, considerando espaço livre reservado para circulação do ar no interior dos painéis. As exigências quanto à organização e segurança prevista na NBR-5410 e NR-10 deverão ser cumpridas. Todos os disjuntores e cabos deverão ser identificados.

Os medidores instalados nos QGBTs serão do tipo multigrandezas digital. Devem possibilitar a leitura das seguintes grandezas: Tensões de linha; Tensões de fase; Correntes por fase; Potências ativa, reativa, aparente, por fase e total; Fator de potência por fase e total.

Seguem as especificações mínimas:

- Tensão nominal: 380/220 V;
- Frequência nominal: 60 Hz;
- Tensão de isolamento: 600 V;
- Tensão do sistema de controle: 24 Vcc ou 220 Vca;
- Tensão de serviços auxiliares: 220 V;
- Corrente máxima suportável de curto-circuito, valor de crista: 100 kA;
- Corrente suportável de curto-circuito simétrica (1s): 48kA;
- Corrente nominal do barramento principal: 2.850 A;
- Manutenção do painel: frontal e posterior;
- Tipo de instalação: abrigado;
- Entrada e saída de cabos: inferior e superior;
- Estrutura do painel: Aço-carbono;
- Tratamento das chapas: fosfotizada;
- Acabamento interno e externo: Cinza RAL 7032 – tinta epóxi em pó;
- Altura + base: 2.000 + 100 mm;
- Largura: 800 mm;
- Profundidade: 1.000mm.

8. DISJUNTOR DE BAIXA TENSÃO

Os disjuntores de baixa tensão instalados nos painéis da subestação (QGBT-SE), do GMG (QGEE – Quadro Geral de Energia Essencial) e o disjuntor geral da sala distribuição do prédio principal (QGDE – Quadro Geral de Distribuição de Energia Elétrica) deverão possuir as características mínimas a seguir:

- Corrente Nominal máxima I_n (A) à 40°C: 3.200 a 4.000 A;
- Ajuste de Corrente: $(0,4 \sim 1) \times I_n$;
- Tensão Nominal de Operação U_e - (V): 400 V;
- Tensão Nominal de Isolamento U_i - (V): 690 V;
- Tensão de Impulso U_{imp} - (kV): 12 kV;
- Frequência (Hz): 60 Hz;
- Número de polos: 3;
- Versão: Fixo;
- Proteção: Relé eletrônico;
- Interface Homem-Máquina (IHM);
- Capacidade de Interrupção de curto-circuito - I_{cu} (kA): 100 kA;
- Capacidade de Interrupção de curto-circuito - I_{cs} (kA): 80 kA;
- Corrente Suportável - I_{cw} (kA) / 1s: 80 kA;
- Categoria de Utilização: B;



engenharia

Rua Alziro Zaruh, 20
Planalto, CEP 59.073-072
NATAL - RN

CNPJ: 02.482.629/0001-40

Telefone (s): 55 84 3223-1111/ 99921-4765
e-mail: ccw@ccwengenharia.com.br

Inscrição Estadual: Não contribuinte
Inscrição Municipal: 131.747-4

- Tempo de Operação (ms) – Abertura: 40 ms;
- Tempo de Operação (ms) – fechamento: 80 ms;
- Terminais de conexão: Vertical;
- Norma: NBR IEC 60.947-2.

CCW Engenharia

ANEXO B – ESTUDO DE COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE

O memorial de cálculo a seguir servirá de base para atender aos critérios estabelecidos pela COSERN a fim de proporcionar a coordenação e a seletividade entre os dispositivos de proteção da concessionária com os da Subestação de energia elétrica particular.

Dados referentes ao PG U41019 / Alimentador BRO-01Z1:

- Impedâncias equivalentes de Thévenin no ponto de entrega:

$$Z_1 = 2,6162 + j 2,0999 \text{ pu}$$

$$Z_0 = 3,2182 + j 6,5688 \text{ pu}$$

$$V_{base} = 13,8 \text{ kV}$$

$$S_{base} = 100 \text{ MVA}$$

- Ajustes do relé associado ao religador de proteção do alimentador da concessionária:

$$RTC = 600/5$$

Relé PL – 300

- **Fase:**

Unidade 51: $Tap = 3,8 \text{ A}$ - Curva 0,1 MI-IEC

Unidade 50: $Tap = 18 \text{ A}$ - Tempo: 0,07 s

- **Neutro:**

Unidade 51N: $Tap = 0,25 \text{ A}$ - Curva 0,4 MI-IEC

Unidade 50N: $Tap = 1,5 \text{ A}$ - Tempo: 0,07 s

- **Neutro Sensível:**

Unidade 51 NS: $Tap = 0,1 \text{ A}$ - Tempo: 10 s

- **Religamentos automáticos:**

- ❖ Número de religamentos: 3

- ❖ Tempos de religamentos: 5 / 15 / 20 s
 - ❖ Sequência de operações: (50/51N/50/50N/51Ns) / (51/51N/51Ns) / (51/51N/51Ns) / (51/51N/51Ns)
 - ❖ Funções que bloqueiam o religamento: 51NS
 - ❖ Tempo de Reset: 60 s
- **Níveis de curtos-circuitos:**
 - ❖ Trifásico = 1.247,11 A
 - ❖ Fase - Fase = 1.080,03 A
 - ❖ Fase - Terra = 916,91 A
 - ❖ Fase -Terra Mínimo = 173,67 A

NOTAS:

1. *Dados fornecidos pela COSERN através do protocolo nº 1394899219.*
2. *Os dados dos ajustes associados ao religador referem-se ao secundário do TC de proteção.*

1. ESPECIFICAÇÃO DO RELÉ DA SEE PARTICULAR

- Relé de sobrecorrente Pextron – URPE 7104/ Versão 7.18
- Código de encomenda: **URPE 7104 – 5A – 60Hz – 72 ... 250 Vca / Vcc**
- Frequência: 60 Hz
- Corrente Nominal (Entrada de Medição): In = 5 A
- Alimentação auxiliar - Faixa: 72 ... 250 Vca / Vcc
- Funções: 50/50N/51/51N

2. DADOS BÁSICO

2.1. Potência nominal do sistema

O sistema possuirá a potência de 1.750kVA subdividida em 2 TRAFOS, um de 1.000kVA e outro de 750 kVA.

2.2. Corrente máxima prevista:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L}$$
$$I_{m\acute{a}x} = \frac{1.750 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,380 \text{ kV}} = \mathbf{2.658,85 \text{ A}}$$

3. POTÊNCIA DE CURTO - CIRCUITO EM MÉDIA TENSÃO

➤ Trifásico:

$$S_{CC3\phi} = \sqrt{3} * I_{CC3\phi} * V_{Base}$$
$$S_{CC3\phi} = \sqrt{3} * 1.247,11 * 13,8k = \mathbf{29,81 \text{ MVA}}$$
$$S_{CC3\phi} = \mathbf{29,81 \text{ MVA (POTÊNCIA MÁXIMA NO LADO DE ALTA)}}$$

➤ Monofásico:

$$S_{CC1\phi} = \sqrt{3} * I_{CC1\phi} * V_{Base} = \sqrt{3} * 916,91 * 13,8k = \mathbf{7,31 \text{ MVA}}$$

4. CÁLCULO DAS CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO EM BAIXA TENSÃO

➤ Corrente de base:

$$I_{Base-BT} = \frac{S_{Base}}{\sqrt{3} * V_{Base}} = \frac{100MVA}{\sqrt{3} * 380V} = \mathbf{151,93 \text{ kA}}$$

➤ Impedância equivalente dos transformadores:

$$Z_{TRAF01} = j0,06 * \frac{100MVA}{1.000kVA} = j6$$

$$Z_{TRAF02} = j0,06 * \frac{100MVA}{750kVA} = j8$$

$$Z_{eq} = \frac{j6 * j8}{j6 + j8} = j3,4286$$

➤ Curto-circuito trifásico:

$$I_{CC3\phi} = \frac{V_{pu}}{Z_{th1} + Z_{eq}} = \frac{1 \angle 0^\circ}{2,6162 + j2,0999 + j3,4286} = 0,1635 \angle - 64,6755^\circ pu$$

$$I_{CC3\phi} = I_{CC3\phi(pu)} * I_{Base} = \mathbf{24,84 kA}$$

Se referindo a alta tensão:

$$I_{CC3\phi} = 24.840 * \frac{380}{13.800} = 684 A$$

➤ Curto-circuito bifásico:

$$I_{CC2\phi} = \frac{j\sqrt{3}}{2} * \frac{V_{pu}}{Z_{th1} + Z_{eq}} = 0,1416 \angle - 64,6755^\circ pu$$

$$I_{CC2\phi} = I_{CC2\phi(pu)} * I_{Base} = \mathbf{21,51 kA}$$

Se referindo a alta tensão:

$$I_{CC2\phi} = 21.510 * \frac{380}{13.800} = 592,30 A$$

➤ Curto-circuito monofásico:

$$I_{CC1\phi} = \frac{3V_{pu}}{2Z_{th} + 3Z_{eq}} = \frac{3 \angle 0^\circ}{15,4016 \angle 70,1396^\circ} = 0,1948 \angle - 70,1396^\circ pu$$

$$I_{CC1\phi} = I_{CC1\phi(pu)} * I_{Base} = \mathbf{29,60 kA}$$

Se referindo a alta tensão:

$$I_{CC1\phi} = 29.600 * \frac{380}{13.800} = 815,07 A$$

5. POTÊNCIA DE CURTO-CIRCUITO (BAIXA TENSÃO)

➤ Trifásico:

$$S_{CC3\phi} = \sqrt{3} * I_{CC3\phi} * V_{Base}$$

$$S_{CC3\phi} = \sqrt{3} * 24,84 \text{ kA} * 0,38 = \mathbf{16,35 \text{ MVA}}$$

$$S_{CC3\phi} = \mathbf{16,35 \text{ MVA}}$$

➤ Monofásico:

$$S_{CC1\phi} = \sqrt{3} * I_{CC1\phi} * V_{Base}$$

$$S_{CC1\phi} = \sqrt{3} * 29,60 \text{ kA} * 0,38 = \mathbf{19,48 \text{ MVA}}$$

$$S_{CC3\phi} = \mathbf{19,48 \text{ MVA (POTÊNCIA MÁXIMA NO LADO DE BAIXA)}}$$

6. TRANSFORMADOR DE CORRENTE PARA PROTEÇÃO

Para a escolha adequada dos transformadores de potencial, observou-se os critérios definidos a seguir:

1º Condição – Máxima corrente de curto-circuito:

$$I_{nominal(AT)} > \frac{I_{cc,3\phi}}{FS}$$

$$I_{nominal(AT)} > \frac{1.247,11}{20} > \mathbf{62,36 \text{ A}}$$

2º Condição – Máxima corrente de carga:

$$I_{carga,max(AT)} > \frac{S_{Trafos}}{\sqrt{3} * V_L}$$

$$I_{carga,max(AT)} > \frac{1750 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 13,8 \text{ kV}} = 73,21 \text{ A}$$

$$I_{Nominal,Primário-TC(AT)} > 73,21 * F = 73,21 * 1 = \mathbf{73,21 \text{ A}}$$

Obs.: Sendo “F” o fator de crescimento variando de 1 a 1,5.

Desse modo, de acordo com os valores de correntes definidos acima, pode-se escolher um transformador com uma relação de transformação ($RTC = 100/5 = 20$). Devem ser utilizados 3 (três) transformadores de corrente (TC's) de mesmas especificações, instalados um em cada fase, e serão responsáveis pela transformação de corrente em níveis adequados para parametrização do relé de sobre corrente, equipamento microprocessado responsável por comandar o disjuntor de média tensão.

Para dimensionamento do TC, faz-se necessário o cálculo da carga (burden) do mesmo, no intuito de assegurar que os requisitos de tensão e saturação no secundário do transformador de corrente estão satisfeitos. A carga total conectada ao transformador de corrente é apresentada abaixo:

- Impedância dos cabos:

Considerando-se cabos de **cobre**, admitindo-se cabos de bitola **2,5 mm²**, temos uma resistência elétrica de **8,87 Ω/km** e as ligações totalizam 30 metros de cabo, tem-se:

$$Z_{cabo} = 8,87 * 0,03 = 0,27 \Omega$$

- Impedância do relé:

As funções de sobrecorrente estarão ativas para cada uma das três fases assim como a função de sobrecorrente para proteção de neutro, remetendo assim a atuação de quatro (4) elementos do referido relé. Segundo o manual do fabricante, cada unidade representa uma impedância de $Z_{Relé} = 0,007 \Omega$. Sendo a impedância total dada por:

$$Z_{Relé} = 4 * 0,007 \Omega = 0,028 \Omega$$

- Impedância do TC:

Escolhendo-se uma potência de 12,5 VA para o TC, tem-se como sua impedância:

$$Z_{TC} = \frac{S}{I^2} = \frac{12,5}{5^2} = 0,5 \Omega$$

Impedância total conectada ao TC:

$$Z_{carga} = Z_{cabo} + Z_{relé}$$

$$Z_{carga} = 0,27 + 0,028$$

$$Z_{carga} = 0,298$$

Fator de aproximação da impedância do TC:

$$R_{TC} = 0,2 \times R_{BURDEN}$$

$$X_{TC} = 0,2 \times X_{BURDEN}$$

De acordo com a tabela 8 da norma NBR 6856/2021, para o TC de 12,5VA, a resistência e reatância de *BURDEN* são:

$$R_{TC-12,5} = 0,45 \Omega$$

$$X_{TC-12,5} = 0,218$$

Portanto, para determinar a impedância total utilizaremos a fórmula abaixo:

$$Z_{total} = \sqrt{(R_{carga} + 0,2 * R_{tc})^2 + (0,2 * X_{tc})^2}$$

$$Z_{total} = \sqrt{(0,298 + 0,2 * 0,45)^2 + (0,2 * 0,218)^2}$$

$$Z_{total} = 0,39\Omega$$

A tensão de saturação deste TC, será:

$$V_{SAT-calculado} = \frac{I_{cc \text{ máx}}}{R_{TC}} * Z_{total}$$

$$V_{SAT-calculad} = \frac{1.247,11}{20} * 0,39$$

$$V_{SAT-calculado} = 24,32 V$$

Saturação do TC 12,5VA:

$$V_{SAT-T} = I_s * M * Z_{BURDEN}$$

$$V_{SAT-TC} = 5 * 20 * 0,5$$

$$V_{SAT-TC} = 50V$$

Dessa forma, o TC selecionado, 12,5VA, não irá saturar na pior condição de corrente de falta no sistema, sendo, portanto, o TC utilizado: **100:5, 12,5VA, 10P20 (10B50)**.

- Corrente térmica:

$$I_{térmica(1s)} = \frac{I_{cc-3f\ sim}}{I_{n-prim\ TC}}$$

$$I_{térmica(1s)} = \frac{10.000}{100}$$

$$I_{térmica(1s)} = 100$$

Portanto, a corrente térmica deve ser igual ou superior a 100 (cem) vezes por 1 (um) segundo.

Aplicação	Uso interno
Tipo	Seco
Relação Nominal	100/5
Erro	± 10%
Designação	10P20 (10B50)
NBI	≥ 95 kV
Carga Nominal	12,5VA
Corrente térmica	100x
Quantidade	3
Ligação	Y-t

Tabela 15: Especificações técnicas dos transformadores de corrente.

7. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL PARA PROTEÇÃO

O enrolamento primário dos TP's é constituído de várias espiras sendo o secundário dimensionado para uma tensão nominal padronizada de 115 V (de uma maneira geral, $n_1 > n_2$ e o equipamento é um redutor de potencial). A relação de transformação de um TP (RTP) é o quociente entre a tensão primária nominal e a tensão secundária nominal.

Como o enrolando primário é ligado em derivação deve atender a um dos seguintes grupos de ligação:

- Grupo 1: conectado entre fases;
- Grupo 2: conectado entre fase e neutro em um sistema solidamente aterrado;
- Grupo 3: conectado entre fase e neutro.

Nosso TP será do grupo 1 (conectado entre fases). Como nosso ponto de entrega é de 13,8 kV, então temos:

$$U_{n,p} = 13.800V$$

$$U_{n,s} = 115 V$$

- a) Relação de transformação (RTP)

$$RTP = \frac{13.800}{115}$$

$$RTP = 120$$

Os TP's são projetados e construídos para suportarem, em regime permanente, uma sobretensão de até 10%, sem que ocorra nenhum dano.

- b) Nível de isolamento

Como o potencial do primário é maior que o do secundário, então a proteção tomará como padrão $U_{n,p}$ a fim de determinar o NI, portanto o nível de isolamento será de 15 kV.

Tensão máxima do equipamento	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico kV crista (NBI)
15 kV	34 kV	95 kV

- c) Frequência nominal

A frequência nominal do sistema interligado brasileiro é de 60 Hz.

- d) Carga nominal

Como para um bom funcionamento de TP deve-se utilizar impedâncias secundárias superiores ao mínimo admitido, que corresponde ao valor nominal:

$$|\bar{Z}_s| \leq Z_{n,s}$$

$\bar{Z}_s \rightarrow$ impedância dos instrumentos e cabos.

$$\bar{S}_s = \frac{U_s^2}{\bar{Z}_s}$$

Agora iremos calcular a impedância do TP, para isso é necessário calcular a impedância do cabo, a impedância do relé e a impedância do circuito de mola do disjuntor.

- **Impedância do cabo de interligação**

Considerando-se cabos de cobre, admitindo-se cabos de bitola $2,5 \text{ mm}^2$, temos uma resistência elétrica de $8,87 \Omega/\text{km}$ e as ligações totalizam 30 metros de cabo, tem-se:

$$Z_{\text{cabo}} = 8,87 * 0,03 = 0,27 \Omega$$

- **Impedância do relé**

A impedância do relé é de $7 \text{ m}\Omega$, lembrando que são três fases e um neutro.

$$Z_{\text{total,relé}} = 4 \cdot Z_{\text{relé}}$$

$$Z_{\text{total,relé}} = 4 \cdot 7 \cdot 10^{-3}$$

$$Z_{\text{total,relé}} = 0,028 \Omega$$

A potência do circuito de mola do disjuntor (potência absorvida no arranque) é de 500 VA , sendo assim temos:

$$Z_{\text{disjuntor}} = \frac{V^2}{S} = \frac{115^2}{500} = 26,45 \Omega$$

Com as impedâncias definidas podemos calcular a impedância dos instrumentos e cabos, logo:

$$\bar{Z}_s = Z_{\text{cabo}} + Z_{\text{relé}} + Z_{\text{disjuntor}}$$

$$\bar{Z}_s = 0,27 + 0,028 + 26,45$$

$$\bar{Z}_s = 26,748 \Omega$$

Portanto, teremos os TP's com as seguintes características:

Aplicação	Uso interno
Tipo	Seco (Epóxi)
Tensão primária	13.800V
Tensão secundária	115V
RTP	120:1
Designação	0,3P75
NBI	≥ 95 kV
Carga Nominal	75VA
Carga térmica	500VA
Quantidade	2
Ligação	Delta Aberto
Grupo de ligação	1

Tabela 16: Especificações técnicas dos transformadores de potencial.

8. ANÁLISE DE COORDENAÇÃO

➤ Unidade de Fase Temporizada e Instantânea (51/50)

Cálculo da corrente mínima de atuação da unidade 51 da SEE do consumidor:

$$I_{atf} \geq \frac{F * I_{carga, Máx}}{RTC}$$

$$I_{atf} \geq \frac{1,1 * 73,21}{20} \geq 4,03A$$

$$I_{atf} = 4,03 A$$

$$I_{actf} = I_{atf} * RTC = 80,6 A$$

Corrente de partida das unidades de fase do relé $I_{atf} = 80,6 A$ primários. Este ajuste libera uma corrente 10,09% acima da corrente nominal (73,21 A).

$$I_{actf} > I_n$$

$$80,6 > 73,21 \rightarrow \text{CONDIÇÃO SATISFEITA}$$

Ajuste da Curva de sobrecorrente temporizada das fases, 51:

$$m = \frac{I_{CC3\phi}}{RTC * I_s} = \frac{1.247,11}{120 * 3,8} \Rightarrow m = 2,73(\text{concessionária})$$

$$t = \frac{K_1 * TMS}{(I/I_s)^{K2} - 1} = \frac{13,5 * 0,1}{2,73 - 1} = 0,780s(\text{concessionária})$$

$$t_{relé_cons} \leq t_{relé_conc} - 0,2s$$

$$t_{relé_cons} \leq 0,780 - 0,2s$$

$$t_{relé_cons} \leq 0,58s$$

$$t_{relé_cons} \leq 0,5s$$

Fator de ajuste:

$$m = \frac{F_{assim} * I_{CC3\phi}}{RTC * I_{atf}} = \frac{1,02 * 1.247,11}{20 * 4,03} \therefore m = 15,78 (\text{consumidor})$$

$$m = 15 (\text{consumidor})$$

Corrente de ajuste da unidade de tempo definido:

$$I_{aif} = m * I_{atf} = 15 * 80,6 = 1.209A$$

A corrente de acionamento deve ser inferior à corrente de curto-circuito trifásica assimétrica:

$$I_{acif} < I_{assim-CC3\phi}$$

$$1.209 < 1.272,05 \rightarrow \text{CONDIÇÃO SATISFEITA}$$

A corrente de acionamento deve ser inferior à corrente de magnetização do transformador (F=14, para transformador a seco):

$$I_{inrush} = 14 * 73,21 = 1.024,94A$$

$$I_{acif} > I_{inrush}$$

$$1.209 > 1.024,94 \rightarrow \text{CONDIÇÃO SATISFEITA}$$

Portanto,

$$t = \frac{K_1 * TMS}{(I/I_s)^{K2} - 1} \leq 0,58 \Rightarrow \frac{13,5 * TMS}{15 - 1} \leq 0,5(\text{consumidor})$$

$$TMS \leq 0,198(\text{consumidor})$$

$$TMS \leq 0,1(\text{consumidor})$$

Portanto, termos os seguintes ajustes:

51: Tap: 4,03 A → Curva 0,1 MI-IEC

50: Tap: 15 A → t = 0,05 s

➤ Unidade de Neutro Temporizada e Instantânea (51/50N)

Cálculo da corrente de partida do consumidor para ajuste do relé:

$$I_{S,51N} = I_{atn} \geq \frac{0,3 \times 1 \times I_{Cmax}}{RTC}$$

$$I_{Iatn} \geq \frac{0,3 * 1 * 73,21}{20}$$

$$I_{atn} = 1,1 A$$

$$I_{actn} = I_{atn} * RTC = 22 A$$

Ajuste da Curva de sobrecorrente temporizada do neutro 51N:

$$m = \frac{I_{\varphi T-min}}{RTC * I_S} = \frac{173,67}{120 * 0,25} \Rightarrow m = 5,789(\text{concessionária})$$

$$t = \frac{K_1 * TMS}{(I/I_S)^{K2} - 1} = \frac{13,5 * 0,4}{5,789 - 1} = 1,12s(\text{concessionária})$$

K1 é o tempo máximo de atuação do relé para esta função. Portanto,

$$t_{relé_cons} \leq t_{relé_conc} - 0,2s$$

$$t_{relé_cons} \leq 1,12s - 0,2s$$

$$t_{relé_cons} \leq 0,92s$$

$$t_{relé_cons} = 0,9s$$

$$m = \frac{F_{assim} * I_{CC\phi-min}}{RTC * I_S} = \frac{1,02 * 173,67}{20 * 1,1} \rightarrow m = 8,05 \text{ (consumidor)}$$

$$m = 8 \text{ (consumidor)}$$

$$t = \frac{K_1 * TMS}{(I/I_S)^{K2} - 1} \leq 0,9 \Rightarrow \frac{13,5 * TMS}{8,0 - 1} \leq 0,9 \text{ (consumidor)}$$

$$TMS \leq 0,4 \text{ (consumidor)}$$

$$TMS = 0,4 \text{ (consumidor)}$$

Portanto, termos os seguintes ajustes:

51N: Tap: 1,1 A → Curva 0,4 MI-IEC

50N: Tap: 8 A → t = 0,05 s

É importante observar que devido à ligação do transformador (delta – estrela aterrada) a proteção de neutro não atuará para faltas monofásicas no lado secundário dele. Porém, as unidades de fase deverão atuar, desde que essas faltas contribuam com correntes superiores 80,6A (corrente de partida), referidas ao lado primário, como também no caso de faltas fase-terra mínima.

➤ Unidade de neutro sensível temporizada instantânea (51NS)

A concessionária informa que possui um relé parametrizado para unidade 51NS, unidade referente à sobrecorrente no neutro. Apesar do relé do consumidor não ter a unidade 51NS, a unidade 51N é seletiva com a unidade 51NS da proteção da concessionária, uma vez que atua para 12A (corrente de *pick-up* da unidade 51NS), num tempo de 10s como demonstrado abaixo.

$$I_{P,51NS} = 0,1A \text{ (Pr i m á r i o) – CORRENTE DE PARTIDA}$$

$$I_{S,51N} = 10A \text{ (Pr i m á r i o)}$$

$$t \geq 0,5 s$$

A corrente de partida mínima para sensibilizar o relé de proteção é 10 A.

➤ Unidade de Sobretensão (59)

Está proposto pela concessionária o ajuste de 120% a tensão nominal, logo:

$$V_{s,59} = V_n * 1,2$$

$$V_{s,59} = 115 * 1,2$$

$$V_{s,59} = 138 V$$

➤ Unidade de Inversão de fases (47)

Esta unidade deve estar ativada no relé.

RESUMO DOS PARÂMETROS

$$RTC = 100/5 = 20$$

- **Fase:**

Unidade 51: *Tap* = 4,0 A - Curva 0,1 MI-IEC

Unidade 50: *Tap* = 15 A - Tempo: 0,05 s

- **Neutro:**

Unidade 51N: *Tap* = 1,1 A - Curva 0,4 MI-IEC

Unidade 50N: *Tap* = 8 A - Tempo: 0,05 s

- **Neutro Sensível:**

Unidade 51 NS: *Tap* = 0,1 A - Tempo: 0,5 s

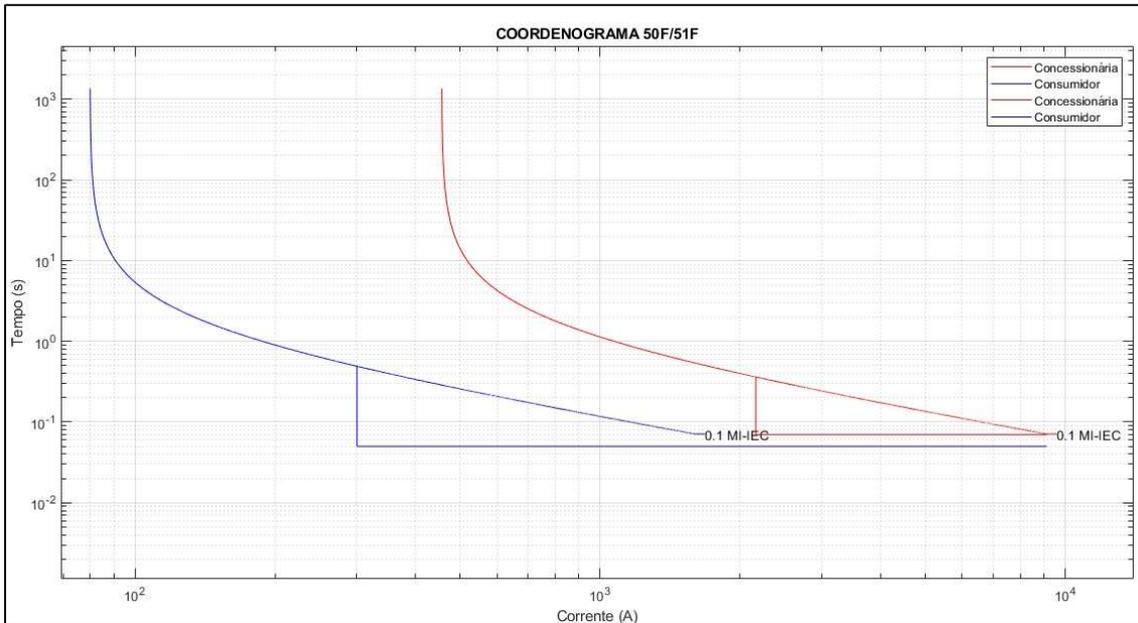
- **Tensão**

Unidade 59: 138 V

- **Inversão de fase**

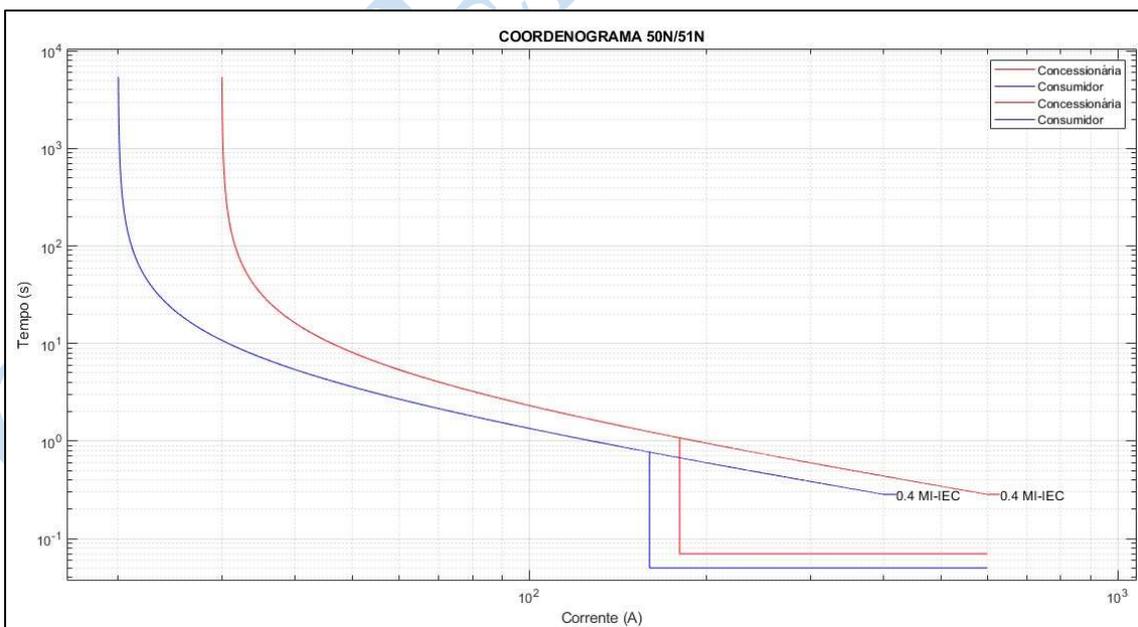
Unidade 47: Ativada

8.1. COORDENOGRAMA DE FASE



FONTE: autor do projeto

DE NEUTRO



FONTE: autor do projeto