



**SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO  
MUNICÍPIO DE MARECHAL FLORIANO**

**VOLUME III – PROJETO ELÉTRICO**

**TOMO C**

**ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO C**

**ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E MEMORIAL DE CÁLCULO**

**DESENHOS**

**Nº CESAN:  
A-063-000-91-6-MD-0003**

**FEVEREIRO/2009**



CONCREMAT ENGENHARIA E TECNOLOGIA	Nº DO CONTRATO	Nº DO DOCUMENTO		
	242/2007	A-063-000-91-6-MD-0003		
Contrato de execução de serviços de consultoria para elaboração e/ou estudos de concepção, projetos técnicos, executivos, especiais, apoio e assessoria no acompanhamento de projetos e obras em sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em diversas cidades do interior e Grande Vitória, no Estado do Espírito Santo.				
<div>SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE MARECHAL FLORIANO</div> <div>ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO C</div>				
CONTEÚDO DO RELATÓRIO				
<div>VOLUME III – PROJETO ELÉTRICO</div> <div>ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E MEMORIAL DE CÁLCULO</div> <div>DESENHOS</div> <div>TOMO C</div>				
Revisão	Data	Elaborado	Verificado	Descrição
0	FEV/09	HTT	BPO	Emissão inicial
Elaborado por		Coordenador		Responsável Técnico
Hugo Tanzarella Teixeira		Antônio Fernando L. Martins		Alexandre José Viveiros da Costa

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO DO PROJETO .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS .....</b>	<b>11</b>
4.1	ELETRODUTOS .....	11
4.2	CABOS CONDUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA .....	11
4.3	SENSOR ULTRASÔNICO DE NÍVEL.....	11
4.4	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO PARA PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSAS .....	12
<b>5</b>	<b>FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA À ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>MEMORIAL DE CÁLCULO.....</b>	<b>16</b>
6.1	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS DE ALIMENTAÇÃO .....	16
6.1.1	CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO DAS MOTO-BOMBAS.....	16
6.2	RAMAL DE ENTRADA.....	17
6.3	DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO .....	17
6.4	APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SOBRECARGA.....	19
6.5	CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO.....	20
6.6	CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO .....	21
6.7	DIMENSIONAMENTO DO BARRAMENTO TRIFÁSICO BLINDADO .....	22
6.8	SUPORTABILIDADE DOS CABOS DE EPR NAS SITUAÇÕES DE CURTO CIRCUITO <sup>23</sup>	
6.9	DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS.....	25
<b>7</b>	<b>ANEXO A – LISTA DE MATERIAIS .....</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>ANEXO B- FATORES DE INFLUÊNCIA PARA ESCOLHA DE DIJUNTORES (MÉTODO G.E., FONTE – CATÁLOGO G.E. DIJUNTORES NEMA) .....</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>ANEXO C – TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS .....</b>	<b>34</b>
<b>10.</b>	<b>LISTA DE DESENHOS .....</b>	<b>36</b>

# 1. APRESENTAÇÃO

## **1 APRESENTAÇÃO**

O presente relatório é parte integrante do Contrato nº. 242/2007, firmado entre a CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento e a CONCREMAT ENGENHARIA E TECNOLOGIA S/A, referente à prestação de serviços de consultoria para elaboração e/ou estudos de Concepção, Projetos Técnicos, Executivos, Especiais, Apoio e Assessoria em Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário em diversas cidades do interior e da Grande Vitória, no Estado do Espírito Santo.

Este documento contempla as especificações e critérios de escolha dos materiais, condições básicas de fornecimento de energia elétrica, memorial de cálculo e lista de materiais referentes ao Projeto Elétrico da Estação Elevatória de Esgoto Bruto da Sub-Bacia 5, parte integrante do Sistema de Esgotamento Sanitário de Marechal Floriano.

## 2. OBJETIVO DO PROJETO

---

## **2 OBJETIVO DO PROJETO**

Este documento, que se refere ao projeto elétrico da Estação Elevatória de Esgoto Bruto da Sub-Bacia 5, integrante do S.E.S de Marechal Floriano, visa estabelecer as condições gerais para as especificações do material a ser utilizado, registrar os cálculos referentes ao dimensionamento dos componentes integrantes do circuito e definir a lista de materiais.

### **3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

---



### **3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

#### **NORMAS UTILIZADAS:**

NBR ABNT 5410:2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

NORMA TÉCNICA ESCELSA 01 – FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÕES SECUNDÁRIA E PRIMÁRIA 15 kV

NBR 7286 – CABOS DE POTÊNCIA COM ISOLAÇÃO SÓLIDA EXTRUDADA DE BORRACHA ETILENOPROPILENO (EPR)

#### **DOCUMENTOS DE APOIO:**

CRITÉRIOS DE ESPECIFICAÇÃO DE DISJUNTORES / CATÁLOGO G.E. PARA DISJUNTORES PADRÃO NEMA.

CATÁLOGO DISJUNTORES 5SX – SIEMENS

CATÁLOGO BARRAMENTO BLINDADO SIPLUX – SIEMENS

PROTEÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO – SIEMENS

CATÁLOGO EPROTENAX GSETTE – PRUSMIAN

CATÁLOGO ELETRODUTOS PVC ROSCÁVEL – TIGRE

CATÁLOGO MOTORES ELÉTRICOS – WEG

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, CREDER, H. – 15ª. Edição – 2008

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, COTRIM – 8ª EDIÇÃO – 2008

## 4. ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

---

## **4 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS**

### **4.1 ELETRODUTOS**

Todos os trechos a serem projetados na Estação Elevatória de Esgoto serão constituídos por eletrodutos rígidos de PVC, com exceção dos projetados para o interior do abrigo de painéis que devem ser de aço galvanizado de 1". Tanto os trechos embutidos em envelopes de concreto a profundidade mínima de 0,50 metros do piso acabado quanto os trechos aparentes no encaminhamento para os motores.

Não devem ser enfiados nos eletrodutos, condutores nus ou que possuem sua isolamento comprometida, nem mesmo os cabos que tiverem sua isolamento recomposta.

As dimensões dos eletrodutos devem permitir instalar e retirar facilmente os cabos. Para tanto, estabelece-se um critério da norma NBR ABNT 5410:2004 que define a ocupação máxima de 40% da área útil do eletroduto pelos cabos nele enfiados.

### **4.2 CABOS CONDUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA**

Deverão ser utilizados em todos os pontos da instalação, cabos unipolares constituídos de condutores de cobre nu, têmpera mole, isolamento em EPR, capa interna em PVC e classe de isolamento 0,6/1kV.

Os cabos devem ser enfiados apenas depois de estar completamente montada a rede de eletroduto ou terminados outros serviços que possam danificar ou comprometer a isolamento dos cabos.

Para cabos alimentadores em paralelo, os condutores fase, neutro e de aterramento (se houver), devem ser agrupados e instalados no mesmo eletroduto.

Suas características construtivas devem se enquadrar na Norma NBR 7286 (Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada de Borracha Etilenopropeno – EPR).

### **4.3 SENSOR ULTRASSÔNICO DE NÍVEL**

O sensor ultrassônico de nível deve ser instalado em posição perpendicular ao nível do poço e o mais afastado possível dos limites laterais e de obstáculos que possam atravessar o poço, como tubos de sucção e cabos de alimentação dos motores.

Deve-se observar no manual de instalação do equipamento, a relação do raio de alcance de detecção do sensor em função da altura do nível de trabalho, fornecido pelo fabricante do equipamento. Caso a área de detecção compreendida pelo raio de atuação na altura de trabalho prever obstáculos que prejudiquem o funcionamento do sensor, recomenda-se instalá-lo em uma altura mais baixa.

#### **4.4 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO PARA PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS DAS BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSAS**

Para permitir a funcionalidade da lógica de comando dos motores das Bombas Centrífugas Submersas (BCS), é importante que o disjuntor do circuito de alimentação do motor possua como acessórios dois contatores auxiliares.

Como referência, o projeto adotou o modelo SIEMENS 5SX4 320-7, que atende os parâmetros de dimensionamento elétrico e possui capacidade para controlar dois contatores (podendo ser tanto um “NA” e outro “NF”, 2 “NA” ou 2 “NF”), que são vendidos como acessórios separadamente do disjuntor.

## **5. FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA À ESTAÇÃO ELEVATÓRIA**

---

## **5 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA À ESTAÇÃO ELEVATÓRIA**

A Estação Elevatória de Esgoto Bruto, integrante do Sistema de Esgotamento Sanitário de Marechal Floriano – Sub-Bacia 5, será alimentada pela rede aérea de Baixa Tensão (220V – Trifásico – 60 Hz) da Espírito Santo Centrais Elétricas S/A (ESCELSA).

Esta norma estabelece os critérios que condicionam a ligação da carga consumidora da rede ao atendimento à Norma Técnica 01 (NORTEC 01), como dimensionamento dos materiais relacionados ao padrão de entrada, como cabo de alumínio da derivação, disjuntor de entrada entre outros, de acordo com a categoria de consumidor da qual a Estação Elevatória está inserida (Categoria III, alimentação a 4 fios – 3 fases – carga de até 15 kW).

## 6. MEMORIAL DE CÁLCULO

---

## 6 MEMORIAL DE CÁLCULO

### 6.1 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS DE ALIMENTAÇÃO

Critérios Utilizados da Norma NBR ABNT 5410:2004:

Métodos de Instalação (Uso da Tabela 33)

Para todos os circuitos, utilizar o critério de instalação “D” (*Cabos unipolares em eletroduto enterrado, Método de instalação – 61A*).

Fator de Temperatura (Uso da Tabela 40)

Para todos os circuitos, deve se utilizar o valor definido na tabela para cabos XLPE ou EPR a 25°C no solo, que corresponde **0,96**.

Fator de Agrupamento (Uso da Tabela 42)

Como pode ser visto no desenho 01/06, os circuitos de Iluminação Interna do Abrigo (C3) e Tomadas de Serviço do Abrigo (C4) e os dois circuitos de alimentação das moto-bombas (M1 e M2) compartilham dois a dois o mesmo eletroduto.

Para estes circuitos o fator de agrupamento corresponde a **0,80**

Os circuitos de Iluminação Externa (C1), Tomadas de Serviço no muro (C2), Iluminação da Escada (C5) e Tomadas de Serviço da Escada (C6), utilizam o mesmo eletroduto.

Para estes circuitos o fator de agrupamento corresponde a **0,65**

De acordo com estes critérios, pode-se prever a corrente de projeto para cada circuito, fazendo os seguintes cálculos:

$$I_N = \frac{P_{Instalada}}{V} \quad I_P = \frac{I_N}{(f_A \cdot f_T)}$$

#### 6.1.1 CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO DAS MOTO-BOMBAS

De acordo com a Norma Técnica NBR 5410:2004, no item 6.5.1.3.1, no que se refere à capacidade de condução de corrente para circuitos alimentadores de motor, a corrente de projeto estabelecida deve ser no mínimo igual à corrente nominal do motor multiplicada ao fator de serviço do motor.

Sendo o motor utilizado de 2,2 HP, 1,6 kW e 7,0 A de corrente nominal, teremos, portanto:



$$I_N = 7,0A$$

$$fs = 1,2$$

$$I'_N = I_N \cdot fs = 7,0 \cdot 1,2 = 8,4A$$

Na Tabela 1, temos os valores encontrados para as correntes de projeto para cada circuito, as seções dos cabos escolhidos de acordo com a Tabela 37 da ABNT NBR 5410:2004, assim como sua capacidade máxima de condução de corrente.

Tabela 1 - Corrente Nominal, Fatores de Correção, Corrente de Projeto, Seções nominais, Capacidade de condução dos cabos e Capacidade de Condução corrigida

CIRCUITO	Pot. [W]	Tensão [V]	In [A]	Fa	Ft	Ip [A]	SEÇÃO [mm²]	Iz(Tab.) [A]	Iz [A]
C1	1200	220	5,45	0,65	0,96	8,74	2,5	34	21,22
C2	900	127	7,09	0,65	0,96	11,36	2,5	34	21,22
C3	150	127	1,18	0,80	0,96	1,54	2,5	34	26,11
C4	1000	127	7,87	0,80	0,96	10,25	2,5	34	26,11
C5	200	127	1,57	0,65	0,96	2,52	2,5	34	21,22
C6	300	127	2,36	0,65	0,96	3,79	2,5	34	21,22
M1	1600	220/3φ	8,40	0,80	0,96	10,94	2,5	29	22,27
M2	1600	220/3φ	8,40	0,80	0,96	10,94	2,5	29	22,27
QGLF	1500	127	11,81	1,00	0,96	12,30	2,5	29	27,84

- Circuito C1 (Iluminação da Área Externa – Muro) – 1200W/220V:
- Circuito C2 (Tomada de Serviço – Muro) – 900W/127:
- Circuito C3 (Iluminação Interna – Abrigo dos Painéis) – 150 W / 127 V:
- Circuito C4 (Tomada de Serviço - Muro) – 1750 W / 127-220 V:
- Circuito C5 (Circuito Iluminação - Escada) – 200 W / 127 V:
- Circuito C6 (Circuito Tomada - Escada) – 300 W / 127 V:
- Circuitos M1 e M2 (Alimentação das Motobombas) – 1,6 kW / 220 V Trifásico
- Quadro Geral de Luz e Força (Considerando a fase mais carregada) – 4,5 kW / 220 V Trifásico:

## 6.2 RAMAL DE ENTRADA

De acordo com a Norma Técnica 01 (Condições de Fornecimento em Baixa Tensão), para a categoria da qual a Estação Elevatória de Esgoto Bruto de Marechal Floriano – Sub-Bacia 5 está inserida (Categoria III, até 15 kW), o cabo alimentador do ramal de entrada deve possuir bitola de 16 mm² e disjuntor de 40A.

## 6.3 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

### Aplicação do Método de Dimensionamento de Disjuntores GE/NEMA

De acordo com este método, uma série de fatores que podem comprometer a atuação dos dispositivos como altitude, bitola do condutor, regime de carga e margem de segurança são levados em conta para determinação dos disjuntores do referidos circuitos e de acordo com método são sete os fatores a serem analisados, Tabela 2:

Tabela 2 – Fatores de correção – Método GE/NEMA

FATOR	CRITÉRIO
A	Seção do Condutor
B	Frequência da Rede
C	Temp. Ambiente
D	Amplitude
E	Classe de Carga
F	Margem de Segurança
G	Regime de Carga

As tabelas com os valores correspondentes aos fatores estão disponíveis no anexo B deste material. Em seguida, estes valores devem ser multiplicados à corrente nominal do circuito e o dispositivo aplicado deve possuir o valor nominal normatizado imediatamente superior ao obtido pela multiplicação dos fatores.

Como os circuitos da estação possuem características de carga e operação distintas entre si, os valores estabelecidos por este critério também serão diferentes entre os circuitos.

De acordo com o método, a margem de segurança mínima a ser adotada (correspondente ao Fator F) deve ser de 10%. Sendo assim, para todos os circuitos, deve ser adotado o valor de 1,1 para o fator F.

Para cada circuito foram calculados os fatores de acordo os critérios do método GE/NEMA, visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores de correção método GE/NEMA

CIRCUITO	FATOR							PRODUTO
	A	B	C	D	E	F	G	
C1	1	1	1	1	1	1,1	1,25	1,375
C2	1	1	1	1	1	1,1	1	1,100
C3	1	1	1	1	1	1,1	1,25	1,375
C4	1	1	1	1	1	1,1	1,25	1,375
C5	1	1	1	1	1	1,1	1	1,100
C6	1	1	1	1	1	1,1	1	1,100
M1	1	1	1	1	1,5	1,1	1,25	2,063
M2	1	1	1	1	1,5	1,1	1,25	2,063
QGLF	1	1	1	1	1	1,1	1,25	1,375

Obtido o produto dos fatores com as correntes de operação da fase mais carregada de cada circuito, os valores nominais para os dispositivos de proteção, de acordo com este critério estão dispostos na Tabela 4:

Tabela 4 - Dispositivos de proteção – Método Ge/NEMA

CIRCUITO	In x Produto [A]	I Disj [A]
C1	7,50	10
C2	7,80	10
C3	1,62	5
C4	10,83	15
C5	1,73	5
C6	2,60	5
M1	17,33	20
M2	17,33	20
QGLF	16,24	20

No caso do alimentador de entrada, as características do disjuntor são especificadas através da Tabela 1 da Norma Técnica ESCELSA 01 (NORTEC 01), que define para a categoria de consumidor da qual se insere a Estação Elevatória de Esgoto Bruto da Sub-Bacia 5 de Marechal Floriano (Categoria III, até 15 kW), o disjuntor trifásico de 40 A.

#### 6.4 APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SOBRECARGA

Para verificar se os disjuntores especificados através do Método GE/NEMA atendem aos critérios de sobrecarga.

Para o primeiro critério, a corrente nominal do disjuntor ( $I_{DISJ}$ ) seja superior à corrente de projeto do circuito ( $I_P$ ) e inferior à capacidade máxima de condução de corrente do condutor ( $I_Z$ ) especificado para o circuito:

$$I_P \leq I_{DISJ} \leq I_Z$$

O resultado dos testes o primeiro critério de sobrecarga estão na Tabela 5

Tabela 5 - Primeiro critério de sobrecarga

CIRCUITO	$I_P$ [A]	$I_{DISJ}$ [A]	$I_Z$	ATENDE
C1	8,74	10	21,22	SIM
C2	11,36	10	21,22	NÃO
C3	1,54	5	26,11	SIM
C4	10,25	15	26,11	SIM
C5	2,52	5	21,22	SIM
C6	3,79	5	21,22	SIM
M1	10,94	20	22,27	SIM
M2	10,94	20	22,27	SIM
QGLF	12,30	20	27,84	SIM

O circuito C2 não atendeu ao primeiro critério de sobrecarga e, portanto teve seu disjuntor redimensionado. Na Tabela 6 está o resultado dos testes após o redimensionamento.

Tabela 6 - Correção dos circuitos que não atenderam o primeiro critério de sobrecarga

CIRCUITO	SEÇÃO	$I_p$ [A]	$I_{DIS}$ [A]	$I_z$	ATENDE
C1	2,5	8,74	10	21,22	SIM
C2	2,5	11,36	15	21,22	SIM
C3	2,5	1,54	5	26,11	SIM
C4	2,5	10,25	15	26,11	SIM
C5	2,5	2,52	5	21,22	SIM
C6	2,5	3,79	5	21,22	SIM
M1	2,5	10,94	20	22,27	SIM
M2	2,5	10,94	20	22,27	SIM
QGLF	2,5	12,30	20	27,84	SIM

O segundo critério diz respeito à garantia de atuação do dispositivo dentro da faixa de capacidade de condução de corrente. De acordo com a Norma NBR 5361, a corrente convencional que asseguraria o disparo do dispositivo dentro do intervalo de tempo de uma hora corresponde a 35% além do valor nominal de corrente do dispositivo operando em temperatura ambiente de 25°C.

$$I_2 = I_{DISJ} \cdot 1,35 \quad I_2 \leq I_z \cdot 1,45$$

Na Tabela 7 está relacionado o resultado dos testes do segundo critério de sobrecarga.

Tabela 7 – Segundo critério de sobrecarga

CIRCUITO	$I_{DIS}$ [A]	$I_2$ [A]	$I_z$ [A] * 1,45	ATENDE
C1	10	13,50	30,76	SIM
C2	15	20,25	30,76	SIM
C3	5	6,75	37,86	SIM
C4	15	20,25	37,86	SIM
C5	5	6,75	30,76	SIM
C6	5	6,75	30,76	SIM
M1	20	27,00	32,29	SIM
M2	20	27,00	32,29	SIM
QGLF	20	27,00	40,37	SIM

## 6.5 CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO

Segundo a NBR ABNT 5410:2004, no item 6.2.7.1, que trata das quedas de tensão máximas admissíveis, estabelece que esta deve ser de 5% em relação à tensão de medida no padrão de entrada, quando o fornecimento for através de rede de baixa tensão.

Para estimar o valor da queda de tensão percentual nos condutores, utiliza-se a equação disponível em INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, 15ª EDIÇÃO (CREDER, H. 2008), definida pela equação:

$$e_{\%} = 2\rho \frac{P.L}{S.V^2} \cdot 100$$

Onde: V é a queda de tensão no condutor (127V ou 220V)

P é a potência instalada no circuito

$$P \text{ é a resistividade do cobre} = \frac{1}{58} \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$$

L é o comprimento dos condutores

S é a área da seção do condutor

Obs: Para circuitos trifásicos substituir 2 por  $\sqrt{3}$

Os valores das quedas de tensão percentuais estão listados na Tabela 8.

Tabela 8 - Quedas de Tensão percentuais

CIRCUITO	TENSÃO [V]	e%
PADRÃO DE ENTRADA	220	0,00
BARRA PRINCIPAL	219,48	0,24
MOTO-BOMBA	218,78	0,55
QGLF	218,99	0,46

CIRCUITO	TENSÃO [V]	e%
C1	217,68	1,06
C2	124,47	1,99
C3	126,38	0,49
C4	218,70	0,59
C5	126,13	0,69
C6	125,97	0,81

Portanto as bitolas dos condutores dimensionadas de acordo com os fatores de agrupamento e temperatura atendem o critério de queda máxima de tensão de 5%.

## 6.6 CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO

Para efeitos de cálculo, foram considerados como referência os valores de 12 mΩ para a resistência e 26 mΩ para a reatância para a rede de baixa tensão, retirados do material de apoio de Proteção das Instalações Elétricas em Baixa Tensão da SIEMENS.

Então:

$$R = 12 \text{ m}\Omega \quad X = 26 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$Z = 28,63 \text{ m}\Omega$$

Portanto a corrente de curto-circuito aproximada no ramal de entrada e dada por:

$$I_{ko} = \frac{V_o}{Z}$$

Onde:  $V_o$  tensão fase terra no secundário do transformador a vazio.

$Z$  impedância da rede de baixa tensão.

$$I_{ko} = \frac{127}{0,02863} = 4,44 \text{ kA}$$

Podemos então calcular as correntes de curto-circuito presumidas através da expressão simplificada, disponível em INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, 15ª EDIÇÃO (CREDER, H. 2008).

$$I_k = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{16,2}{I_{ko}^2} + \frac{57 \cos \phi_{ko} l}{I_{ko} S} + \frac{5l^2}{S^2}}}$$

Onde:  $I_{ko}$  corrente de curto-circuito presumida a montante em kA

$I_k$  corrente de curto-circuito presumida em kA

$\cos \phi_{ko}$  fator de potência de curto-circuito aproximado

$l$  comprimento do circuito (m)

$S$  seção dos condutores (mm<sup>2</sup>)

Na Tabela 9 estão os valores calculados do curto-circuito presumidos em alguns pontos do circuito.

Tabela 9 – Curto-circuito presumido

CIRCUITO	$I_k$ [kA]
PADRÃO DE ENTRADA	4,44
BARRA PRINCIPAL	4,73
MOTO-BOMBA	1,43
QGLF	3,89

## 6.7 DIMENSIONAMENTO DO BARRAMENTO TRIFÁSICO BLINDADO

Durante um curto-circuito, a corrente elevada provoca esforços térmicos e mecânicos no barramento de modo que estes devem ser previstos no projeto, em função dos valores de corrente calculados nas situações mais exigentes.

A corrente de curto-circuito presumido no barramento principal assume valor 4,73 kA.

Para estimarmos o valor de crista da corrente de curto circuito, utiliza-se a equação disponível em INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, 8ª EDIÇÃO (COTRIM, 2008), definida pela seguinte equação:

$$I_{(p)} = \lambda \cdot \sqrt{2} \cdot I_{(cc)}$$

Sendo:

$$\lambda \approx 1,02 + 0,6.e^{\left(-3.\frac{R}{X}\right)}$$

$$\frac{R}{X} = 0,85$$

Assim:

$$I_{(p)} = 1,067.\sqrt{2.4,73}$$

$$I_{(p)} = 7,14kA$$

Tomando como referência a linha de barramentos blindados denominados SIPLUX BSA da Siemens, o barramento BSA16, que de acordo com suas descrições técnicas encontradas em catálogo, suporta corrente nominal de serviço máxima de 160 A, corrente de curto presumida máxima de 12 kA e valor de crista equivalente de 24 kA.

## 6.8 SUPORTABILIDADE DOS CABOS DE EPR NAS SITUAÇÕES DE CURTO CIRCUITO

a) Temperatura no condutor durante o curto-circuito:

De acordo com a Norma NBR 7286 (Cabos de potência com isolamento sólida extrudada de borracha etilopropileno), a temperatura máxima admissível para o cabo em curto-circuito é de 250°C.

Tomando como referência a temperatura máxima estabelecida para o regime nominal de serviço para os cabos EPR (90°C), o tempo de acionamento da proteção, secção nominal do cabo e a temperatura máxima admissível em curto-circuito (250°C), é possível determinar a corrente máxima em kA admissível de curto-circuito através da seguinte expressão:

$$I_{CC(max)} = \left( \frac{K_{(1)} \cdot S}{\sqrt{t}} \right) \cdot \sqrt{\log \left( \frac{K_{(2)} + tf}{K_{(2)} + ti} \right)}$$

Onde:  $K_{(1)} = 0,34$  para condutores de cobre

$K_{(2)} = 234,5$  para condutores de cobre

$S$  secção nominal do condutor de cobre em mm<sup>2</sup>

$t$  tempo de duração do curto em segundos

$tf$  temperatura final do condutor (250°C)

$ti$  temperatura inicial do condutor (90°C)

Considerando o tempo de duração do curto-circuito de 0,01 segundo, para os circuitos terminais e para o disjuntor de entrada, por ser considerado um disjuntor lento, o tempo de pré-arco mínimo é de 0,06 segundo. Logo na expressão, o valor de  $t$  sempre assumirá estes valores:

Os valores de correntes para aquecimento máximo admissível nos condutores estão na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores de corrente para aquecimento máximo admissível

CIRCUITO	$I_{cc}$ [kA]	$t$ [s]	$I_{cc(max)}$ [kA]
PADRÃO DE ENTRADA	4,44	0,06	9,27
MOTO-BOMBA	1,43	0,01	3,55
QGLF	3,89	0,01	3,55

De acordo com a Tabela 10, a corrente de curto obtida para o QGLF é superior ao valor de corrente para o aquecimento do fio até a temperatura máxima admissível. No entanto, para redimensionar o cabo deste trecho, consideraremos um possível travamento dos dispositivos terminais, a interrupção da corrente de falta ficaria a cargo da atuação do dispositivo de proteção principal, do qual se considera o tempo de pré-arco mínimo de 0,06 segundo, como tempo mínimo de atuação, Tabela 11:

Tabela 11 – Valores de corrente para aquecimento máximo admissível

CIRCUITO	$I_{cc}$ [kA]	$t$ [s]	$I_{cc(max)}$ [kA]
PADRÃO DE ENTRADA	4,44	0,06	9,27
MOTO-BOMBA	1,43	0,06	1,45
QGLF	3,89	0,06	1,45

Não sendo suficiente esta condição para o condutor de secção nominal de 2,5 mm<sup>2</sup> para o alimentador do QGLF, dimensiona-o para 4 mm<sup>2</sup>, por precaução o mesmo será feito com os condutores que alimentam as moto-bombas:

CIRCUITO	$I_{cc}$ [kA]	$t$ [s]	$I_{cc(max)}$ [kA]
MOTO-BOMBA	1,43	0,06	2,32
QGLF	3,89	0,06	2,32

A condição mostra-se suficiente para os circuitos das moto-bombas mas não para o QGLF, que será redimensionado para 6 mm<sup>2</sup>:

CIRCUITO	$I_{cc}$ [kA]	$t$ [s]	$I_{cc(max)}$ [kA]
MOTO-BOMBA	1,43	0,06	2,32
QGLF	3,89	0,06	3,47

Para secção nominal de 10 mm<sup>2</sup>:



CIRCUITO	lcc [kA]	t [s]	lcc(max) [kA]
MOTO-BOMBA	1,43	0,06	2,32
QGLF	3,89	0,06	5,79

#### b) Análise da integral de Joule ( $i^2t$ )

A Integral de Joule de um dispositivo é a energia que este permite passar para o circuito sem o desarme. Para tanto, esta energia permissível ao dispositivo deve ser inferior à energia necessária para o aquecimento do condutor até a temperatura limite de curto-circuito. Esta relação pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$i^2.t \leq k^2.S^2$$

Sendo:  $i$  corrente de curto-circuito presumida em ampères

$t$  tempo de duração do curto-circuito em segundos

$k = 135$  constante, sendo para cabos EPR

$S$  secção do condutor em mm<sup>2</sup>

Tomando também para este critério, o tempo de duração do curto 0,01 segundos, e 0,06 para o disjuntor de entrada, na Tabela 12 encontra-se o resultado da análise.

Tabela 12 – Análise da Integral de Joule

CIRCUITO	t [s]	P.t	K².S²	ATENDE
PADRÃO DE ENTRADA	0,06	1182816,00	4665600	SIM
MOTO-BOMBA	0,01	20438,89	291600	SIM
QGLF	0,01	151144,90	1822500	SIM

## 6.9 DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

De acordo com o item 6.2.11.1.6 da norma NBR ABNT 5410:2004, a taxa de ocupação da área útil do eletroduto não deve ultrapassar 40%, no caso de haver três ou mais condutores enfiados nele.

Para o eletroduto de entrada, a Norma Técnica ESCELSA 01 define para a categoria de consumidor da qual está inserida a Estação Elevatória de Muniz Freire – Bacia 1, que este deve ser de PVC rígido roscável de 1 1/2”.

Para os valores de área efetiva dos cabos, tomaram-se como referência os cabos Eprotenax Gsette da Prysmian, e para a área útil dos eletrodutos tomou-se como referência os Eletrodutos de PVC roscável Tigre, tabelas disponíveis no Anexo C:

Agrupamento dos circuitos C1, C2, C5 e C6:

C1 – 2 cabos de 2,5 mm<sup>2</sup> = 45,80 mm<sup>2</sup>

C2 – 3 cabos de 2,5 mm<sup>2</sup> = 68,71 mm<sup>2</sup>

C5 – 2 cabos de 2,5 mm<sup>2</sup> = 45,80 mm<sup>2</sup>

C6 – 3 cabos de 2,5 mm<sup>2</sup> = 68,71 mm<sup>2</sup>

Área total de ocupação = 229,02 mm<sup>2</sup>

Adotou-se para esse caso eletroduto de 1" (Área útil – 593,96 mm<sup>2</sup>).

Sendo usado, portanto  $A_{\%} = \frac{229,02}{593,96} \cdot 100 = 38,56\%$

Para os demais casos adotou-se, também eletrodutos de 1".

## **7. ANEXO A – LISTA DE MATERIAIS**

---

## 7 ANEXO A – LISTA DE MATERIAIS

DESCRIÇÃO	Qtde.	Unid.
ABRAÇADEIRA TIPO “D”	20	unidade
ADAPTADOR DE BRAÇO EM AÇO ABNT 1010/20 PARA TOPO 60,3 mm	3	unidade
ARAME DE AÇO GALVANIZADO Nº12 BWG	Variável	unidade
ARANDELA DE PAREDE GRADEADA	2	unidade
BRAÇO DE AÇO GALVANIZADO 2.00x1,41 m diam. 60.3 mm	3	unidade
BUJÃO GALVANIZADO	1	unidade
CABEÇOTE	1	unidade
CABO UNIPOLAR COBRE ISOL EPR 10,0mm <sup>2</sup>	10	metros
CABO UNIPOLAR COBRE ISOL EPR 16,0mm <sup>2</sup>	100	metros
CABO UNIPOLAR COBRE ISOL EPR 4,0mm <sup>2</sup>	60	metros
CABO UNIPOLAR COBRE ISOL. EPR 2,5mm <sup>2</sup>	230	metros
CAIXA DE MEDIÇÃO ESCELSA EM POLICARBONATO TRANSPARENTE	1	unidade
CAIXA DE PASSAGEM PARA PAREDE 173x186x78mm (LxAxP)	6	unidade
CAIXINHAS DE PVC 2” X 4” COM ENTRADAS PARA ELETRODUTOS DE 1”	8	unidade
CONDULETE EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO C/ SAÍDAS ROSCÁVEIS 1” TIPO “LB”	2	unidade
CONDULETE EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO C/ SAÍDAS ROSCÁVEIS 1” TIPO “T”	1	unidade
CONDULETE EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO C/ SAÍDAS ROSCÁVEIS 1” TIPO “TB”	1	unidade
CONDUTOR DE ALUMÍNIO MULTIPLEXADO 16 mm <sup>2</sup> (FORNECIMENTO ESCELSA)	Variável	metro
CONDUTOR DE COBRE NÚ – 10mm <sup>2</sup>	25	metro
CONECTOR PARA ATERRAMENTO	1	unidade
CURVA 90º DE AÇO GALVANIZADO 1”	2	unidade
CURVA 90º EM PVC ROSCÁVEL 1 1/2”	2	unidade
CURVA 90º EM PVC ROSCÁVEL 1”	6	unidade
DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR CURVA C PADRÃO DIN 10 A	1	unidade
DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR CURVA C PADRÃO DIN 15 A	1	unidade
DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR CURVA C PADRÃO DIN 15 A	1	unidade
DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR CURVA C PADRÃO DIN 5 A	3	unidade
DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR CURVA C PADRÃO DIN 25 A	1	unidade

DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR CURVA D PADRÃO DIN 40 A	1	unidade
ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO 1"	6	metros
ELETRODUTO RÍGIDO DE PVC ROSCÁVEL 1 1/2".	25	metros
ELETRODUTO RÍGIDO DE PVC ROSCÁVEL 1".	50	metros
EXAUSTOR AXIAL	2	unidade
GRELHA COM FILTRO	4	unidade
HASTE DE ATERRAMENTO 5/8" x 2,40m DE COBRE	1	unidade
LÂMPADA INCANDESCENTE 127V 100W	2	unidade
LÂMPADA INCANDESCENTE 127V 150W	1	unidade
LÂMPADA LUZ MISTA 400W / 220V	3	unidade
LUMINÁRIA PÚBLICA FECHADA COM REFLETOR EM ALUMÍNIO	3	unidade
LUVA DE CONEXÃO CILÍNDRICA PARA ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO 1"	3	unidade
LUVA DE CONEXÃO PARA ELETRODUTO RÍGIDO DE PVC 1 1/2"	3	unidade
LUVA DE CONEXÃO PARA ELETRODUTO RÍGIDO DE PVC 1"	20	unidade
LUVA GALVANIZADA	1	unidade
OLHAL DE AÇO GALVANIZADO PARA PARAFUSO DE 16 mm	1	unidade
PARAFUSO DE CABEÇA QUADRADA DE 16mm x 200mm	1	unidade
POSTE DE AÇO GALVANIZADO	1	unidade
PRENSA CABOS 1" BSP PARA CONDULETES EM LIGA DE ALUMÍNIO 1"	2	unidade
QUADRO DE SOBREPOR P/ 8 ELEMENTOS DIN COM BARR. TRIÁSICO 40 A	1	unidade
REDUÇÃO DE DIÂMETRO NOMINAL 50 mm PARA BITOLA DO ELETRODUTO	2	unidade
RELÉ FOTOELÉTRICO	3	unidade
SAPATILHA	1	unidade
TAMPA 2P+T PARA CAIXINHA DE PVC 2" X 4 "	6	unidade
TAMPA INTERR. MONOPOLAR PARA CAIXINHA DE PVC 2" X 4"	2	unidade
TAMPAS CEGAS P/ CONDULETES EM LIGA DE ALUMÍNIO 1"	4	unidade

## **8. ANEXO B- FATORES DE INFLUÊNCIA PARA ESCOLHA DE DIJUNTORES**

---

## 8 ANEXO B- FATORES DE INFLUÊNCIA PARA ESCOLHA DE DIJUNTORES (MÉTODO G.E., FONTE – CATÁLOGO G.E. DIJUNTORES NEMA)

### FATOR A – SEÇÃO DO CONDUTOR

Porcentagem da Área do Cabo Utilizado em Relação à Área do Cabo Padrão	Porcentagem (%)								
	50	60	70	80	90	100	125	150	200
Fator A	1,40	1,25	1,15	1,07	1,02	1,0	0,99	0,97	0,97

### FATOR B – FREQUÊNCIA

Tipo de Disjuntor	Variação da Frequência						
	Corrente Contínua	Corrente alternada					
		50/60 Hz	100/120 Hz	150/180 Hz	200/240 Hz	300/360 Hz	400/480 Hz
TQC, TQD, THQD, TJD	1,0	1,0	1,02	1,05	-	-	-
TED, THED	1,0	1,0	1,02	1,05	1,10	1,22	1,22
TFK, THFK	1,1	1,0	1,02	1,05	1,09	1,18	1,18
TJK, THJK	1,2	1,0	1,02	1,04	1,06	1,15	1,15
TKMA8, THKMA8	1,3	1,0	1,02	1,04	1,15	1,35	1,35
TKMA12, THKMA12	-	1,0	1,02	-	-	-	-

### FATOR C – TEMPERATURA AMBIENTE

Tipo do Disjuntor	Temperatura Ambiente do Disjuntor									
	25°C		40°C		50°C		60°C		70°C	
	Classe	B	Classe	B	Classe	B	Classe	B	Classe	B
TQC	60°C	1,0	90°C	1,0	-	-	-	-	-	-
TQD, THQD	60°C	1,0	90°C	1,0	-	-	-	-	-	-
TJD	60°C	1,0	90°C	1,0	-	-	-	-	-	-
TED100, THED100	60°C	1,0	90°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,05	125°C	1,14
TED150, THED150	60°C	1,0	90°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,10	105°C	1,21
TFK, THFK	75°C	1,0	90°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,08	125°C	1,14
TJK4, THJK4	75°C	1,0	90°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,05	105°C	1,14
TJK6, THJK6	75°C	1,0	90°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,08	105°C	1,21
TKMA8, THKMA8	75°C	1,0	90°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,05	105°C	1,18
TKMA12, THKMA12	75°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,0	105°C	1,10	125°C	1,15

## FATOR D – AMPLITUDE

Altitude (m)	Fator D
-30 a 1840	1,00
1841 a 3000	1,04
3000 a 4570	1,08

## FATOR E – CLASSE DE CARGA

Classe de Carga	Fator E
12 ou mais disjuntores (montados em grupo)	1,1
Circuito capacitivo	1,5
Circuito contendo 1 motor (até 25 partidas/hora)	1,5
Circuito contendo 1 motor (acima de 25 partidas/hora)	1,75
Eletrôimas	1,5
Circuito resistivo	1,0
Cargas Especiais	ver NEC Artigo 430
Outras cargas	1,0

## FATOR F – SEGURANÇA

$F \geq 1,10$  (O fator de segurança deve ser igual ou maior que 10%)

## FATOR G – REGIME DE CARGA

Regime Contínuo (Carga constante por mais de três horas)	Regime Intermitente (Carga constante por menos de três horas)
1,25	1,00



## **9. ANEXO C – TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS**

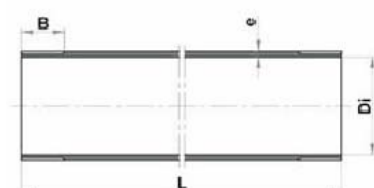
---

## 9 ANEXO C – TABELAS PARA DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

Dados construtivos do cabo eprotenax gsette epr 0,6/1kv – Prysmian.

DADOS CONSTRUTIVOS						
CABO EPROTENAX GSETTE EPR 0,6/1kV						
número cond. x seção nominal (mm²)	diâmetro nominal do condutor (mm)	espessura nominal (mm)		diâmetro externo nominal (mm)	peso líquido nominal (kg / km)	acondicionamento (m) bobina
		isolação	cobertura			
CABO EPROTENAX GSETTE EPR 0,6/1kV - 1 condutor (unipolar)						
1 x 1,5	1,5	0,7	0,9	5,0	39	2.000
1 x 2,5	1,9	0,7	0,9	5,4	50	1.500
1 x 4	2,4	0,7	0,9	5,9	66	2.600
1 x 6	2,9	0,7	0,9	6,5	86	2.250
1 x 10	3,9	0,7	1,0	7,7	133	2.000
1 x 16	5,5	0,7	1,0	9,3	198	1.500
1 x 25	6,9	0,9	1,1	11,4	298	2.000
1 x 35	8,2	0,9	1,1	12,7	407	1.750
1 x 50	9,8	1,0	1,2	14,7	545	2.000
1 x 70	11,6	1,1	1,2	16,8	767	1.000
1 x 95	13,4	1,1	1,3	19,2	960	1.000
1 x 120	15,3	1,2	1,3	21,3	1.210	1.000
1 x 150	17,1	1,4	1,4	23,7	1.509	1.000
1 x 185	18,8	1,6	1,4	25,8	1.800	500
1 x 240	21,8	1,7	1,5	29,2	2.357	500
1 x 300	24,3	1,8	1,6	31,7	2.920	500

Eletroduto de PVC rígido roscável – Tigre.



Dimensões (mm)									
Cotas	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"	3"	4"
B	13,2	14,5	16,8	19,1	19,1	23,4	26,7	29,8	35,8
e	2,2	2,3	2,7	2,9	3	3,1	3,8	4	5
Di	16,4	21,3	27,5	36,1	41,4	52,8	67,1	79,6	103,1
L	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

## 10. LISTA DE DESENHOS

---

## 10.LISTA DE DESENHOS

DISCRIMINAÇÃO	Folha	DESENHO Nº.
Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Marechal Floriano – Estação Elevatória de Esgoto Bruto C – Sub-Bacia 05 – Projeto Elétrico – Planta de Situação e Corte AA	01/06	A-063-000-91-6-XX-0099
Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Marechal Floriano – Estação Elevatória de Esgoto Bruto C – Sub-Bacia 05 – Projeto Elétrico – Padrão de Entrada e Postes de Iluminação, Detalhes de Ligações	02/06	A-063-000-91-6-XX-0100
Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Marechal Floriano – Estação Elevatória de Esgoto Bruto C – Sub-Bacia 05 – Projeto Elétrico – Diagrama Unifilar Geral e Quadro QGLF	03/06	A-063-000-91-6-XX-0101
Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Marechal Floriano – Estação Elevatória de Esgoto Bruto C – Sub-Bacia 05 – Projeto Elétrico – Diagrama Trifilar de Força, Detalhes do CCM	04/06	A-063-000-91-6-XX-0102
Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Marechal Floriano – Estação Elevatória de Esgoto Bruto C – Sub-Bacia 05 – Projeto Elétrico – Diagrama de Comando do CCM	05/06	A-063-000-91-6-XX-0103
Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de Marechal Floriano – Estação Elevatória de Esgoto Bruto C – Sub-Bacia 05 – Projeto Elétrico – Detalhes do Abrigo para Painéis Elétricos	06/06	A-063-000-91-6-XX-0104

## 11. LISTA DE DESENHOS

---

