

**SOCIEDADE EDUCACIONAL LEONARDO DA VINCI
FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

JOSÉ FERNANDO KOERICH

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

SELETIVIDADE E COORDENAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS INDÚSTRIAS

Rio do Sul – SC

2020

JOSÉ FERNANDO KOERICH

SELETIVIDADE E COORDENAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS INDÚSTRIAS

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, pelo curso de Engenharia Elétrica da Sociedade Educacional Leonardo da Vinci – UNIASSELVI/FAMESUL

Orientador (a): Prof. Wilson Massami Ishihara.

Rio do Sul/SC

2020

SELETIVIDADE E COORDENAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS INDÚSTRIAS

José Fernando Koerich¹

Wilson Massami Ishihara²

Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – UNIASSELVI/FAMESUL

Engenharia Elétrica – Trabalho de Conclusão de Curso

23/11/2020

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como escopo analisar e dimensionar como deve ser feito o projeto de seletividade e coordenação do sistema elétrico de potência de baixa tensão nas indústrias ou qualquer sistema elétrico, baseando-se em normas como NR-10, NBR-5410 e IEEE. O objetivo é ter embasamento de como fazer os cálculos para chegarem nos resultados de impedâncias de curto circuito, corrente de curto-circuito nos barramentos e através destes calcular sua coordenação de atuação dos dispositivos de proteção (disjuntores). O método utilizado na elaboração desse trabalho foi o indutivo e o método de procedimento foi o estatístico. O levantamento de dados foi através da técnica de pesquisa em campo. As Considerações Finais trazem em seu bojo aspectos mais relevantes ao tema.

Palavras-chave: Coordenação; Seletividade; Proteção.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo geral do presente Trabalho de Conclusão de Curso é realizar um estudo sobre a seletividade e coordenação de sistemas elétricos industriais por meio um estudo de caso em relação ao sistema elétrico de potência de uma indústria alimentícia utilizando critérios de dimensionamentos de proteção, seletividade e segurança, através das normas vigentes.

¹ Acadêmico da 10ª fase do curso de Engenharia elétrica na Faculdade Metropolitana de Rio do Sul. E-mail: josefernandokoerich123@gmail.com

² Professor Orientador do curso de Engenharia elétrica na Faculdade Metropolitana de Rio do Sul. E-mail: Wilson.ishihara@uniasselvi.edu.br

Neste trabalho podemos subdividir os objetivos específicos são: a) apresentar a fundamentação teórica; b) abordar os resultados do presente artigo; e, c) analisar as discussões a partir dos resultados obtidos.

Na delimitação do tema levanta-se o seguinte problema: há seletividade e coordenação de sistemas elétricos industriais?

Para o equacionamento do problema apresenta-se a seguinte hipótese: existe seletividade e coordenação de sistemas elétricos industriais.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem a finalidade de demonstrar a maneira como é calculado as correntes de curto-circuito por trechos através de impedâncias dos cabos ou barramentos, para que consigamos ter o valor de corrente de curto circuito, e assim conseguir dimensionar corretamente suas proteções e atuações dos dispositivos de proteção em uma subestação, demonstrando através de circuitos de Impedâncias, foto do disjuntor de média tensão da subestação.

Este trabalho foi executado na empresa Pamplona Alimentos S/A, situada às margens da BR 470, na cidade de Rio do Sul/SC. É uma sociedade anônima de capital fechado fundada no ano de 1948, na cidade de Agronômica/SC, sendo que em 1969 se mudou para onde está localizada atualmente. A referida empresa possui mais uma unidade frigorífica na cidade de Presidente Getúlio, uma Fábrica de Ração em Laurentino, várias granjas pelo estado Catarinense e centros de distribuição por todo o país. Hoje é uma empresa que exporta para vários países localizados na América do Sul, Ásia, África e entre outros. Possuindo em seu quadro funcional mais de 3.300 colaboradores diretos, atuando no processo de alimentos de carnes suínas e bovinas.



Figura 1 - Pamplona Alimentos S/A (fonte: do autor)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Inicialmente, é imperioso destacar que para elaboração deste trabalho, foi necessário realizar pesquisa de campo, detalhamento da instalação in loco, como por exemplo, realizar medição da distância entre os transformadores e os quadros gerais de baixa tensão, dados de placas dos transformadores, medidas dos barramentos que interligam os transformadores até os quadros gerais de baixa tensão.

Para que seja possível determinar as correntes de curto-circuito nas instalações de baixa tensão é necessário ter conhecimento dos valores das impedâncias desde a fonte geradora até o ponto de falta, assim pode ser feito um projeto e determinar os ajustes das proteções e coordenação do sistema elétrico.

As correntes de curto circuito adquirem valores de grande intensidade, porém, com duração geralmente limitadas a frações de segundos. São provocadas mais comumente pela perda de isolamento de algum elemento energizado do sistema elétrico. Os danos provocados na instalação ficam condicionadas à intervenção correta dos elementos de proteção. Os valores de pico estão, normalmente, compreendidos entre 10 e 100 vezes a corrente nominal no ponto de defeito da instalação e dependem da localização deste³

As correntes de curto-circuito, portanto, são elevadas a casas de 10 a 100 vezes a corrente nominal do sistema, porém as proteções devem agir em frações de segundo, antes que elementos do sistema que integrem aquele trecho perca a isolação através do calor.

A seletividade é responsável para que o sistema derrube somente o trecho em que houver a corrente de falta, selecionando no sistema somente os trechos necessários e não derrubar toda a linha ou o sistema por um todo, sempre derrubar a proteção somente daquele trecho.

Existem tipos de curto-circuito como: curto-circuito trifásico, curto-circuito bifásico, curto circuito monofásico. Existem, também, correntes de curto circuito, simétrica e assimétrica.

As correntes de curto circuito simétrica é um componente senoidal de corrente se forma simetricamente em relação ao eixo dos tempos.

³ MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**: de acordo com a norma brasileira NBRA 5419:2015. Rio de Janeiro 9º Ed. p. 201.

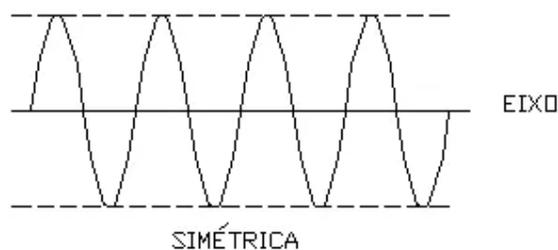


Figura 2 - Corrente de curto circuito simétrica (fonte: Merlin⁴)

As correntes de curto circuito assimétrica podem ser totalmente assimétricas ou parcialmente assimétricas, a primeira diz respeito ao fato de que toda a onda senoidal se encontra acima do eixo dos tempos, enquanto que a segunda a onda senoidal se inicia assimétrica e termina simétrica no eixo dos tempos

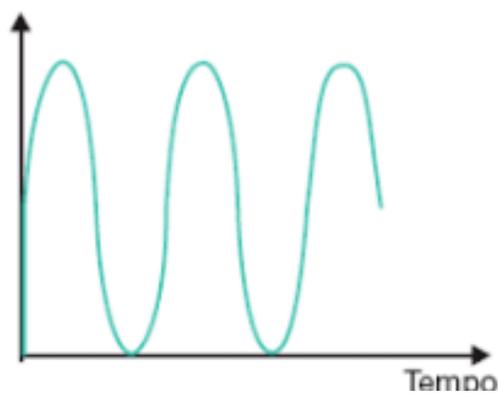


Figura 3 - Corrente de curto circuito totalmente assimétrica (fonte: Filho⁵)

⁴ MERLIN, Victor Luiz. **Corrente de Curto Circuito e Sistemas de Proteções**. Disponível em <<https://www.engenheirosassociados.com.br/curto-circuito-e-sistemas-de-protecao/>>. Acesso em 06 de dez de 2020.

⁵ MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**: de acordo com a norma brasileira NBRA 5419:2015. Rio de Janeiro 9º Ed.

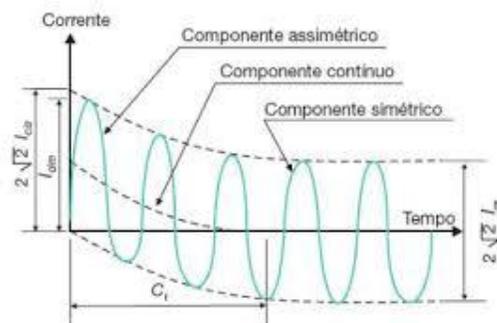


Figura 4 - Corrente de curto circuito parcialmente assimétrica (fonte: Jesus e Santos⁶)

Contudo, o presente trabalho está relacionado ao curto-circuito trifásico relativo a uma subestação de energia na qual envolve o trajeto desde os transformadores até os quadros gerais de baixa tensão, compreendendo os seguintes componente: a) transformador 1 a seco 1500 kVA WEG; b) transformador 2 a seco 1500 kVA WEG; c) transformador 3 a seco 1500 kVA WEG; d) transformador 4 a seco 1500 kVA WEG; e) transformador 5 a seco 1500 kVA WEG; f) quadro geral de baixa tensão 1; g) quadro geral de baixa tensão 2; h) quadro geral de baixa tensão 3; i) quadro geral de baixa tensão 4; e, J) quadro geral de baixa tensão 5.

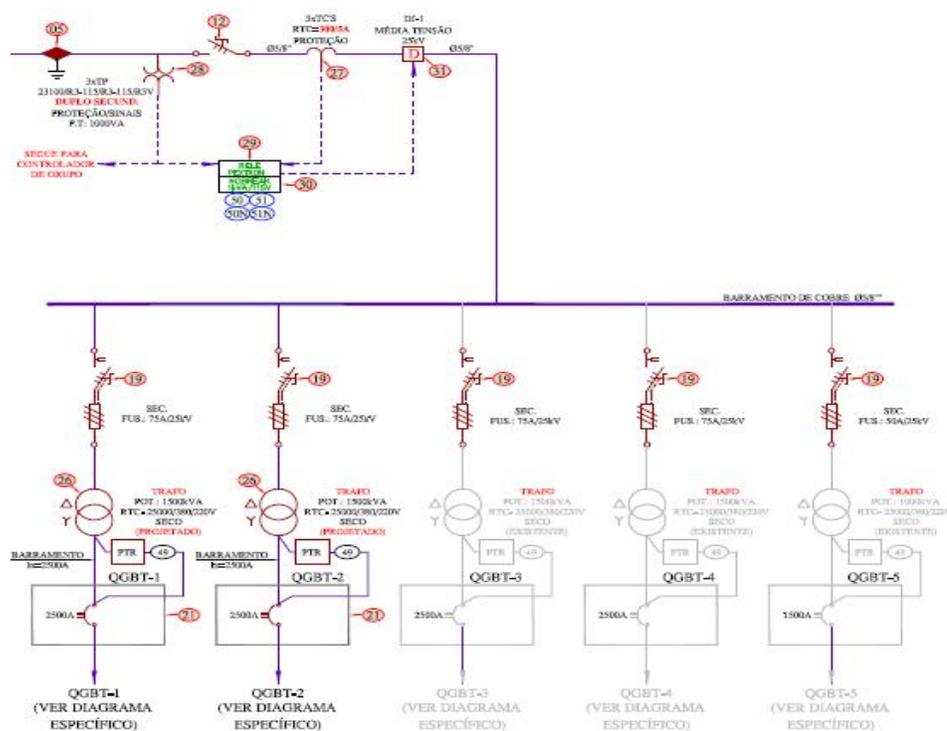


Figura 5- Diagrama unifilar da subestação 01 (fonte: do autor)

⁶ JESUS, José Adilson Silva de. SANTOS, Graziella Ferreira dos. **Curto-Circuito em Redes de Distribuição de 13,8 KV**. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/curto_circuito_em_redes_de_distribuicao_de_13_1_0.pdf> Acesso em: 06 de dez de 2020.



Figura 6- Disjuntor Geral de Média Tensão (fonte: do autor)

3 RESULTADOS

Coletou-se, então, os dados sobre cada equipamento, como por exemplo, os dados de placa dos transformadores, bitolas de cabos, número de pernas dos cabos ou barramentos de cobre, distâncias entre os transformadores e os quadros gerais de baixa tensão, potência do transformador, impedância do transformador, potência de cobre do mesmo. Após esta coleta de dados, montou-se a seguinte planilha de cálculo.

	Transformador						Barramentos de cobre de 80 x 10 mm					Resultado final	
	Sn kVA	Z %	Pcu W	Re mOhm	Xe mOhm	Ze mOhm	comprim metros	Nº pernas unidade	Rc mOhm	Xc mOhm	Zc mOhm	Zcc mOhm	Ics kA
Transformador 1	1500	6,05	16000				7	2					
Transformador 2	1500	6,02	16000				7	2					
Transformador 3	1000	6,39	11000				7	1					
Transformador 4	1500	6,05	16000				7	2					
Transformador 5	1500	5,97	16000				7	2					

Figura 7 - Tabela de dados de campo (fonte: do autor)

Segue abaixo o Memorial de Cálculo do Transformador 3, e os outros transformadores foram baseadas na mesma linha de raciocínio.

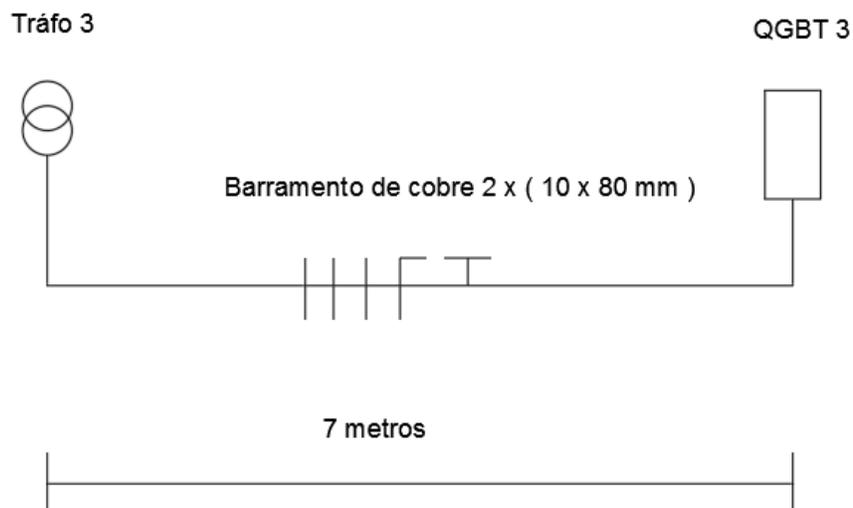


Figura 8 - Diagrama Unifilar (fonte: do autor)

Transformador 3:

$$S_n = 1000 \text{ kVA}$$

$$V_n = 23100/220-380\text{V}$$

$$Z = 6,39\%$$

$$P_{cu} = 11000 \text{ w}$$

Barramentos: 1 por fase

Distância entre Transformador e QGBT 1 = 7 metros

Barramentos de cobre retangulares de 10 x 80 mm (ver tabela $r_{\text{barr}} = 0,0273 \text{ m}\Omega/\text{m}$
 $x_{\text{barr}} = 0,1530 \text{ m}\Omega/\text{m}$)

**Cálculo de Corrente do transformador*

$$I_N = S_N / \sqrt{3} * V_L$$

$$I_N = 1000000 / \sqrt{3} * 380$$

$$I_N = 1519 \text{ A}$$

**Cálculo de Resistência e Reatâncias do Transformador*

Resistência:

$$R_E = (1000 * P_{cu}) / 3 * I_N^2$$

$$R_E = (1000 * 11000) / 3 * 1519^2$$

$$R_E = 1,58849 \text{ m}\Omega$$

Impedância:

$$ZE = (Z\% * VC^2) / 100 * SN$$

$$ZE = (6,05\% * 380^2) / 100 * 1500$$

$$\mathbf{ZE = 9,22716 \text{ m}\Omega}$$

Reatância:

$$XE = \sqrt{(ZE^2) - (RE)^2}$$

$$XE = \sqrt{(9,22716^2) - (1,58849^2)}$$

$$\mathbf{XE = 9,08940 \text{ m}\Omega}$$

**Cálculo de Resistência e Reatâncias do barramento*

Resistência:

$$Rc^1 = (Rc^1 * L) / N^{\circ} \text{ BARRAS}$$

$$Rc^1 = (0,0273 * 7) / 1$$

$$\mathbf{Rc^1 = 0,1911 \text{ m}\Omega}$$

Reatância:

$$Xc^1 = (Xc^1 * L) / N^{\circ} \text{ BARRAS}$$

$$Xc^1 = (0,1530 * 7) / 2$$

$$\mathbf{Xc^1 = 1,0710 \text{ m}\Omega}$$

Logo:

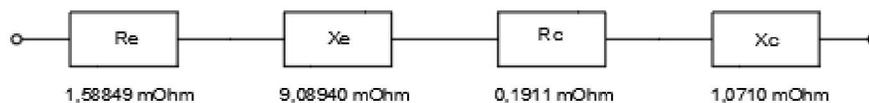


Figura 9 – Impedância do transformador e do cabo (fonte: do autor)

**Resistência do circuito do transformador1 até o QGBT1*

Resistência do Transformador + do barramento:

$$R_{\text{circuito}} = (Re + Rc)$$

$$R_{\text{circuito}} = (1,58849 \text{ m}\Omega + 0,1911 \text{ m}\Omega)$$

$$R_{\text{circuito}} = (1,7796 \text{ m}\Omega)$$

Reatância do Transformador + do barramento:

$$X_{\text{circuito}} = (X_e + X_c)$$

$$X_{\text{circuito}} = (9,08940 \text{ m}\Omega + 1,0710 \text{ m}\Omega)$$

$$X_{\text{circuito}} = (10,16 \text{ m}\Omega)$$

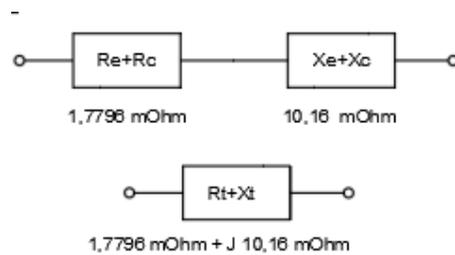


Figura 10 – Impedância do transformador e do cabo (fonte: do autor)

**Impedância de curto circuito total do circuito do Transformador1 até o QGBT1*

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_e + R_c)^2 + (X_e + X_c)^2}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(1,58849 + 0,1911)^2 + (9,08940 + 1,0710)^2}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(3,1669 + 103,23)}$$

$$Z_{cc} = 10,3148 \text{ m}\Omega$$

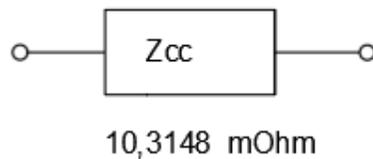


Figura 11 – Impedância total do circuito (fonte: do autor)

$$\sqrt{3}$$

**Corrente de curto circuito total do circuito do Trafo1 até o QGBT1*

$$I_{cs} = V_c / \sqrt{3} * Z_{cc}$$

$$I_{cs} = 380/\sqrt{3} * 10,3148 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cs} = 21,27 \text{ kA}$$

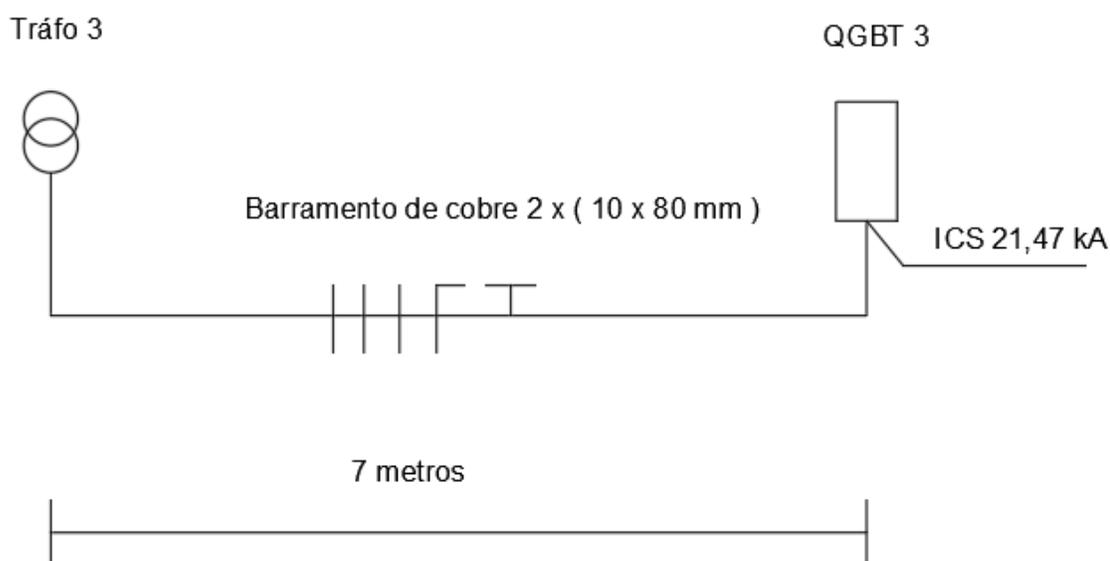


Figura 12 - Diagrama unifilar com corrente de curto circuito (fonte: do autor)

Sendo assim, analisando o transformador nº3 até o quadro geral de baixa tensão 3, chegamos a uma $I_{cs}=21,47$ kA, todos os transformadores foram calculados pelo mesmo critério, então se obteve os seguintes resultados por circuitos:

	Transformador						Barramentos de cobre de 80 x 10 mm					Resultado final	
	Sn kVA	Z %	Pcu W	Re mOhm	Xe mOhm	Ze mOhm	comprim metros	Nº pernas unidade	Rc mOhm	Xc mOhm	Zc mOhm	Zcc mOhm	Ics kA
Transformador 1	1500	6,05	16000	1,0269	5,73289	5,82413	7	2	0,09555	0,5355	0,544	6,36809	34,45
Transformador 2	1500	6,02	16000	1,0269	5,70355	5,79525	7	2	0,09555	0,5355	0,544	6,33921	34,61
Transformador 3	1000	6,39	11000	1,58849	9,0894	9,22716	7	1	0,1911	1,071	1,088	10,3148	21,47
Transformador 4	1500	6,05	16000	1,0269	5,73289	5,82413	7	2	0,09555	0,5355	0,544	6,36809	34,45
Transformador 5	1500	5,97	16000	1,0269	5,65463	5,74712	7	2	0,09555	0,5355	0,544	6,29107	34,87

Figura 13 – Resultado dos cálculos para cada transformador (fonte: do autor)

Portanto, montou-se um circuito de Impedâncias da subestação, sendo de cada transformador até seu quadro geral de baixa tensão, respectivamente.

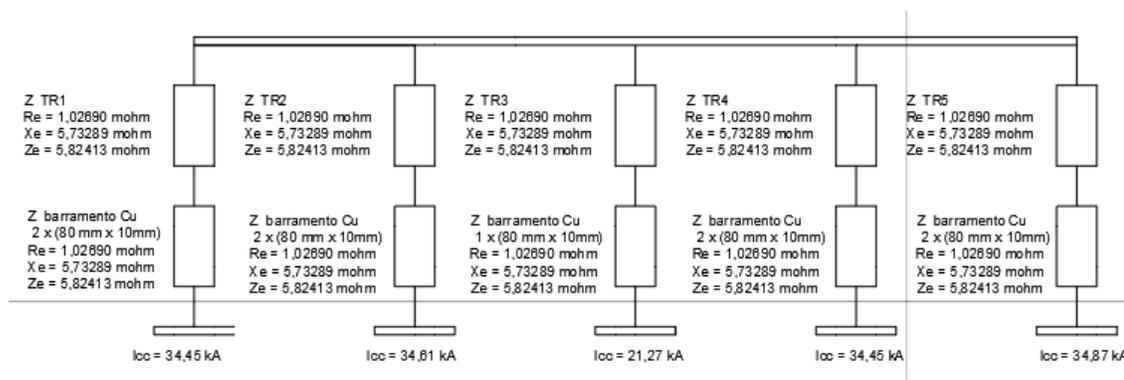


Figura 14 - circuito equivalente de impedâncias (fonte: do autor)

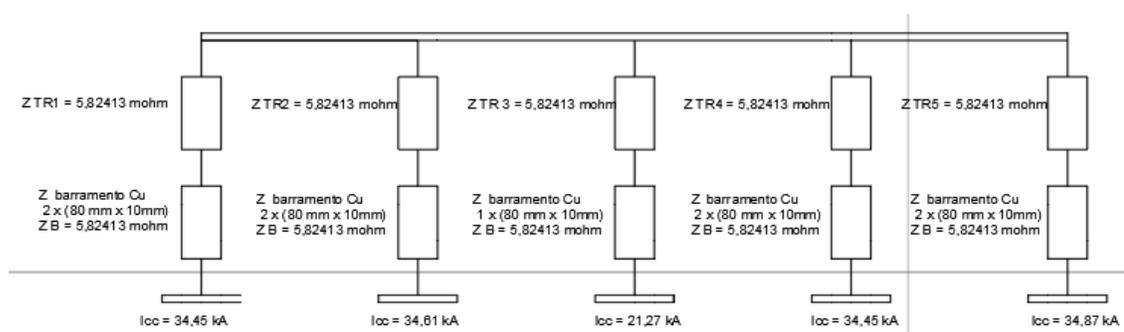


Figura 15 - circuito equivalente de impedâncias (fonte: do autor)

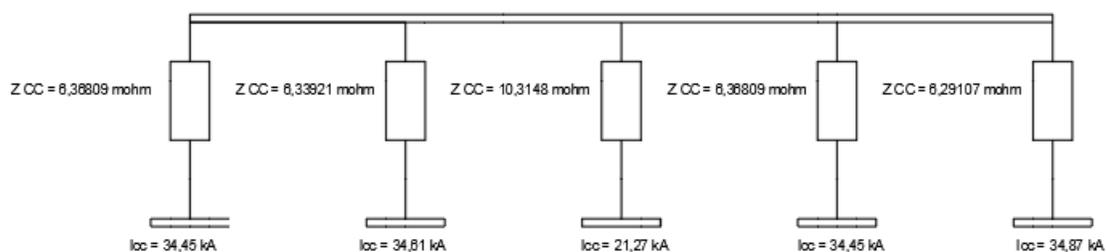


Figura 16 - circuito equivalente de impedâncias (fonte: do autor)

Vale destacar, que o método utilizado para os cálculos foi por meio das impedâncias e reatâncias dos cabos e transformadores, porém, existe também o método simplificado através das correntes dos transformadores.

Abaixo segue diagrama unifilar desde a SE da Medição até a SE 03:

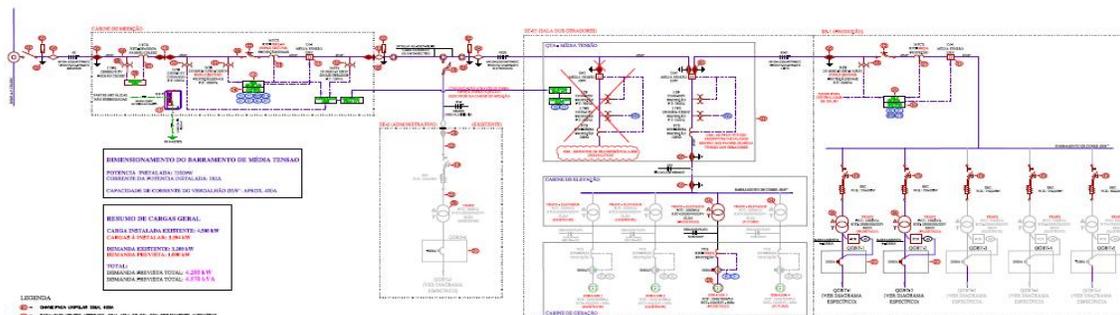


Figura 17 – Diagrama unifilar geral (fonte: do autor)

Segue abaixo o desenvolvimento dos cálculos de corrente de curto circuito do transformador nº 3 até um de seus quadro elétrico ajustante (Abate Bovino), os outros seguiram o mesmo raciocínio para se chegar nos resultados que estarão descrito na figura 18. Após, continuou-se o cálculo do quadro geral de baixa tensão 3, cuja corrente de curto circuito = 21,27 kA e $\cos \theta = 0,25$ sendo que já se obtém os cálculos de corrente de curto circuito dos transformadores até os quadros gerais de baixa tensão, logo acima. Sendo assim,

	cabo								
	cabo isolação	bitóla mm ²	comprim metros	nº pernas unidade	Rcabo mOhm	Xcabo mOhm	Icc kA	Ik cabo kA	T<= segund
QDF ABATE BOVINO	HEPR	70	98	1	0,328	0,0965	6,21	6,21	2,6
QDF ABATE SUINO	HEPR	120	105	1	0,188	0,939	9,03	9,03	3,6
QDF DESOSSA SUINA	HEPR	185	142	2	0,123	0,0908	14,64	7,32	13
QDF GRAXARIA	HEPR	240	84	2	0,0943	0,0902	18,4	9,2	13,9
QDF SALSICHARIA	HEPR	240	117	2	0,0943	0,0902	17,1	8,55	16,11

Figura 18 - Tabela de correntes de curto circuito (fonte: do autor)

➤ **QDF ABATE BOVINO** :

CABOS: EPR 70 mm²

COMPRIMENTO: 98 m

Nº PERNAS POR FASE : 1

R CABO: 0,328 mΩ/m

X CABO: 0,0965 mΩ/m

LOGO:

$$I_{cc} = \frac{22,0}{\sqrt{I_{cc}^2 + \frac{100 \times \cos \theta \times L}{I_{cc} \times S} + \frac{5 \times L^2}{S^2}}}$$

$$I_{cc} = \frac{22,0}{\sqrt{\frac{484}{21,27^2} + \frac{100 \times 0,25 \times 9 \times 8 \times 5 \times 9 \times 8}{21,27 \times 70} + \frac{70^2}{70^2}}}$$

$$I_{cc} = 6,21 \text{ Ka}$$

$$I_k \text{ cabo} = \frac{I_{cc}}{N^{\circ} \text{ cabos}}$$

$$I_k \text{ cabo} = \frac{(6,21 \times 10)^3}{1}$$

$$I_k \text{ cabo} = 6210 \text{ A}$$

Aplicando a Integral de Joule

$$T \leq \frac{K^2 \times S^2}{(I_k \text{ cabo})^2} \rightarrow T \leq \frac{14^2 \times 7^2}{(6210)^2} \rightarrow T \leq 2,6 \text{ seg}$$

Segue Diagrama de Impedâncias dos 5 quadros gerais de baixa tensão e após o quadro geral de baixa tensão 3 até seus respectivos quadros de distribuição de força, os dados estão acima.

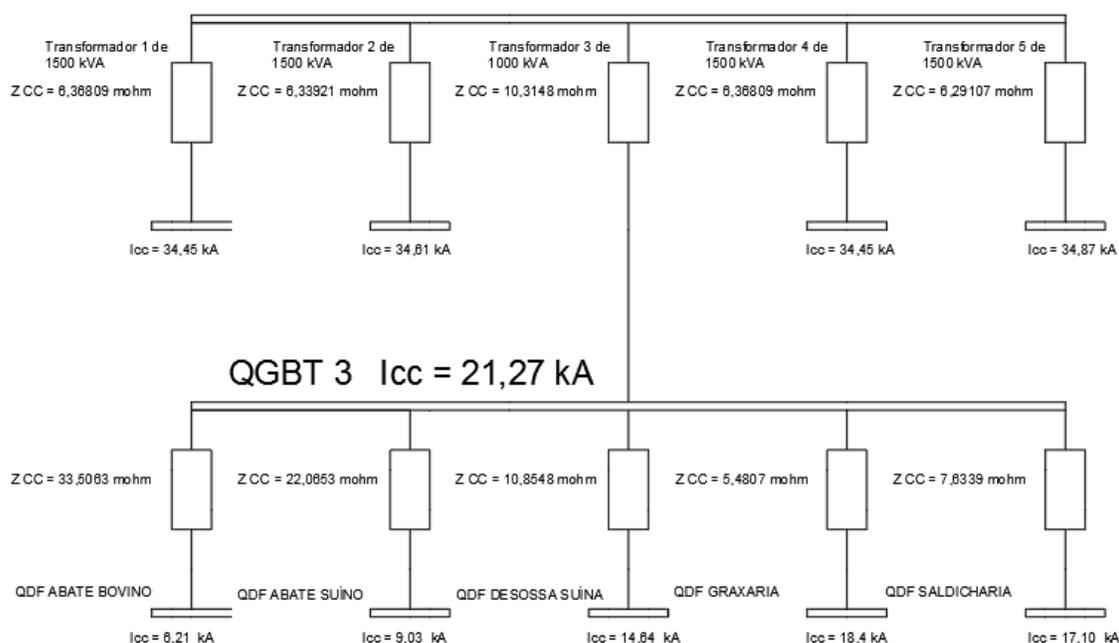


Figura 19 - Diagrama de Impedância dos quadros de distribuição de força (fonte: do autor).

4 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados foram de suma importância, afinal, concluiu-se que é necessário conhecimento e responsabilidade na área de projetos elétricos tanto no levantamento de dados retirados em campo, como também no projeto por si só, no que diz respeito a dimensionamento, regulagem, disjuntores sendo corrente de curto circuito, tempo de disparo, curva de disparo de cada equipamento, os quais estão todos normatizados, tanto na fabricação dos equipamentos, quanto no dimensionamento e instalação

Através destes dados, seguiu-se aos dimensionamentos e regulagens a jusante, e assim até o ponto de entrega, na qual fizemos os cálculos de corrente de curto circuito e tempo de disparo das proteções, após feito em cima do quadro geral de baixa tensão 03, chegando a corrente de curto circuito de tempo de disparo de cada painel que estava a jusante do quadro geral de baixa tensão 3, como: a) quadro de distribuição de força do abate bovino; b) quadro de distribuição de força do abate suíno; c) quadro de distribuição de força da desossa suína; d) quadro de distribuição de força da graxaria; e) quadro de distribuição de força da salsicharia.

Para os transformadores na parte de baixa tensão foi utilizado o método simplificado para se chegar aos valores das correntes de curto circuito dos quadros gerais de baixa tensão.

$$I_{cc} = \frac{22,0}{\sqrt{I_{cc}^2 + \frac{484}{I_{cc} \times S} + \frac{100 \times \cos \theta \times L}{S^2} + \frac{5 \times L^2}{S^2}}}$$

Após conhecer as correntes de curto circuito de cada quadro de distribuição de força e seus respectivos cabos e seus tipos de proteções de isolamentos, utilizou-se as fórmulas que estão descritas na NBR5410:

Integral de Joule

$$T \leq \frac{K^2 \times S^2}{(Ik \text{ cabo})^2},$$

Que através dela descobre-se o tempo máximo que os isolamentos dos cabos suportariam antes que os danificassem, após o início do curto circuito.

Ademais, segue alguns passos a serem adotados em uma manutenção preventiva em um sistema elétrico, sendo: a) manutenção preventiva dos transformadores (anualmente), como análise de óleo, testes de isolamento (medição) das bobinas entre si e o terra, reaperto das conexões. b) termografia em toda a instalação tanto de baixa quanto de alta tensão, quadros elétricos, barramentos, cabos para verificar se possui algum ponto quente nas instalações, para que se possa fazer a correção antes de causar algum dano, parada de produção, acidentes, (duas

vez por ano) consultoria externa, e todo mês se possuir o equipamento , c) fazer manutenção dos disjuntores de média tensão, dos quadros gerais de baixa tensão e qualquer outro que identificar como sendo importante (anualmente).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo abordar um projeto de instalações elétricas em sua íntegra, no que diz respeito a seletividade e coordenação, desde sua concepção até a sua conclusão, tendo como base o diagrama unifilar memorial de cálculo e diagramas de impedâncias descritos anteriormente.

Abordamos o levantamento de dados em campo e nos projetos existentes, que é a etapa responsável para que possamos dar continuidades ao dimensionamento.

Compreendemos como ocorre o dimensionamento das correntes de curto circuito de cada quadro de força que está instalado na planta.

Analisamos os tempos de disparo dos equipamentos de proteção, e o tipo de isolamento utilizado nos cabos de baixa tensão.

Apresentamos os resultados obtidos para o dimensionamento de equipamentos, regulagens de proteções, aquisições de cabos, formas de instalação.

Esclarecemos quais os passos a serem adotados para a realização de manutenção preventiva nos sistemas elétricos industriais.

E por fim uma vez o projeto dimensionado de modo correto, podemos afirmar que: a) aumentamos a proteção dos equipamentos/instalações; b) garantimos a coordenação do dispositivo de proteção, definindo os dispositivos para operarem com trip's sequenciais; c) Aumentamos a confiabilidade das instalações, limitando o tempo de uma perturbação (falha/sobrecarga), atingindo menores áreas do sistema de distribuição; e, d) aumentamos a segurança dos operadores, extinguindo arcos elétricos e reduzindo tempos de operação de proteções.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução Normativa nº 414/2010.

BRASIL. ABNT NBR 5410, Instalações elétricas de baixa tensão.

BRASIL. Norma técnica NBR 5459 – Manobra e proteção de circuitos – terminologia;

BRASIL. Norma técnica NBR 14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0KV a 36,2KV;

BRASIL. Norma técnica NT 01-AT – Fornecimento de energia em tensão primaria de distribuição;

BRASIL. Norma técnica .Adendo 02 – Adequação das normas técnicas NT-01-AT, NT-03 e adendo a NT-03;

BRASIL. Norma técnica NR 10 – Norma regulamentadora referente segurança em instalações e serviços em eletricidade, do MTE;

BRASIL. Norma técnica N- 321.0002, Fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição.

LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de instalações elétricas** – São Paulo 12. Ed.

MACHADO, Clóvis. **Manual de projetos elétricos**. São Paulo – 1ª Ed. 2008.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**: de acordo com a norma brasileira NBRA 5419:2015. Rio de Janeiro 9º Ed.

MERLIN, Victor Luiz. **Corrente de Curto Circuito e Sistemas de Proteções**. Disponível em <<https://www.engenheirosassociados.com.br/curto-circuito-e-sistemas-de-protecao/>>. Acesso em 06 de dez de 2020.

JESUS, José Adilson Silva de. SANTOS, Graziella Ferreira dos. **Curto-Circuito em Redes de Distribuição de 13,8 KV.** Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/curto_circuito_em_redes_de_distribuicao_de_13_1_0.pdf> Acesso em: 06 de dez de 2020.