



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROTEÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

**FRANCISCO RODRIGO COSTA DA SILVA
MAGNO RAMON SANTANA DA CRUZ
OSÉIAS DIAS DE FARIAS
SÁVIO MILHOMENS DE SOUSA
THALYSON BRENDON BARBOSA SILVA**

**ESTUDO DE CASO: PROTEÇÃO DE SISTEMA ELÉTRICO DE
DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTADOR DE 119 BARRAS**

**Tucuruí-PA
2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROTEÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

**FRANCISCO RODRIGO COSTA DA SILVA
MAGNO RAMON SANTANA DA CRUZ
OSÉIAS DIAS DE FARIA
SÁVIO MILHOMENS DE SOUSA
THALYSON BRENDON BARBOSA SILVA**

**ESTUDO DE CASO: PROTEÇÃO DE SISTEMA ELÉTRICO DE
DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTADOR DE 119 BARRAS**

Trabalho de graduação apresentado na disciplina de Proteção de Redes de Distribuição, como parte da avaliação final da disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Ramos Vieira

**Tucuruí-PA
2023**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Alimentador Teste Radial de 119 barras.	9
Figura 2 – Estudos de fluxo de carga e curto-círcuito para o SDR.	12
Figura 3 – Área 1 - Zona de proteção.	12
Figura 4 – Tempo de operação fusíveis - 80k.	14
Figura 5 – Tempo de operação fusíveis - 80k.	15
Figura 6 – Área 2 - Zona de proteção.	16
Figura 7 – Tempo de operação fusíveis - 140k.	17
Figura 8 – Tempo de operação fusíveis - 140k.	18
Figura 9 – Área 3 - Zona de proteção.	19
Figura 10 – Curva Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.	21
Figura 11 – Curva Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.	22
Figura 12 – Área 4 - Zona de proteção.	22
Figura 13 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 80k.	24
Figura 14 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 80k.	25
Figura 15 – Área 5 - Zona de proteção.	25
Figura 16 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 50k.	26
Figura 17 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 50k.	28
Figura 18 – Área 6 - Zona de proteção.	28
Figura 19 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.	30
Figura 20 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.	31
Figura 21 – Área 7 - Zona de proteção.	31
Figura 22 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.	33
Figura 23 – Área 13 - Zona de proteção.	42
Figura 24 – Tempo de operação fusíveis - 30k.	43
Figura 25 – Tempo de operação fusíveis - 30k.	44
Figura 26 – Área 14 - Zona de proteção.	45
Figura 27 – Tempo de operação fusíveis - 65k.	46
Figura 28 – Tempo de operação fusíveis - 65k.	47
Figura 29 – Área 15 - Zona de proteção.	48
Figura 30 – Tempo de operação fusíveis - 80k.	49
Figura 31 – Tempo de operação fusíveis - 80k.	50
Figura 32 – Área 16 - Zona de proteção.	51
Figura 33 – Área 17 - Zona de proteção.	53
Figura 34 – Tempo de operação fusíveis - 80k.	54
Figura 35 – Tempo de operação fusíveis - 80k.	56
Figura 36 – Área 1 - Zona de proteção.	56
Figura 37 – Área 20 - Zona de proteção.	60

Figura 38 – Tempo de operação fusíveis - 50k.	62
Figura 39 – Tempo de operação fusíveis - 50k.	63
Figura 40 – Área 21 - Zona de proteção.	63
Figura 41 – Tempo de operação fusíveis - 65k.	64
Figura 42 – Tempo de operação fusíveis - 65k.	65
Figura 43 – Área 22 - Zona de proteção.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Curva Padrão IEC/BS142 do fabricante General Electric. 13

LISTA DE SÍMBOLOS

$I_{cc}^{3\phi}$	Corrente de curto trifásica
I_{cc}^{FF}	Corrente de curto bifásica
$I_{cc}^{\phi T}$	Corrente de curto fase-terra
$I_{cc}^{FT_{min}}$	Corrente de curto fase-terra mínima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Contexto	8
1.2	Objetivo	8
2	ESTUDO DE CASO: ALIMENTADOR TESTE RADIAL IEEE DE 119	
	BARRAS	9
2.1	Área 1: Coordenação Religador - Fusível (11-18)/(21-22)	12
2.1.1	Dimensionamento do Fusível protetor (21-22):	12
2.1.2	Dimensionamento do Religador (11-18):	13
2.2	Área 2: Coordenação Religador - Fusível(2-10)/(11-12)	15
2.2.1	Dimensionamento do Fusível protetor (11-12):	15
2.2.2	Dimensionamento do Religador (2-10):	16
2.3	Área 3: Coordenação Religador - Fusível(2-4)/(6-7)	19
2.3.1	Dimensionamento do Fusível protetor (6-7):	19
2.3.2	Dimensionamento do Religador (2-4):	20
2.4	Área 4: Coordenação Religador - Fusível (29-38)/(41-42)	22
2.4.1	Dimensionamento do Fusível protetor (41-42):	22
2.4.2	Dimensionamento do Religador (29-38):	23
2.5	Área 5: Coordenação Religador - Fusível (29-30)/(50-51)	25
2.5.1	Dimensionamento do Fusível Protetor (50-51):	25
2.5.2	Dimensionamento do Religador (29-30):	26
2.6	Área 6: Coordenação Religador - Fusível (29-30)/(30-36)	28
2.6.1	Dimensionamento do Fusível Protetor (30-36):	28
2.6.2	Dimensionamento do Religador (29-30):	29
2.7	Área 7: Coordenação Religador - Fusível (2-4)/(29-55)	31
2.7.1	Dimensionamento do Fusível Protetor (29-55):	31
2.7.2	Dimensionamento do Religador (2-4):	32
2.8	Área 8: Coordenação Religador - Religador (2-4)/(29-30)	34
2.8.1	Dimensionamento do Religador (2-4):	34
2.9	Área 9: Coordenação Religador - Religador (2-4)/(29-38)	35
2.9.1	Dimensionamento do Religador (2-4):	35
2.10	Área 10: Coordenação Religador - Religador (2-10)/(11-18)	37
2.10.1	Dimensionamento do Religador (2-10):	37
2.11	Área 11: Coordenação Relé - Religador (1-2)/(2-10)	38
2.11.1	Dimensionamento do Relé (1-2):	38
2.12	Área 12: Coordenação Relé - Religador (1-2)/(2-4)	40
2.12.1	Dimensionamento do Relé (1-2):	40
2.13	Área 13: Coordenação Religador - Fusíveis(64-65)/(74-75)	41

2.13.1	Dimensionamento do Fusível protetor (74-75):	41
2.13.2	Dimensionamento do Religador (64-65)	42
2.14	Área 14: Coordenação Religador - Fusíveis(64-65)/(91-92)	44
2.14.1	Dimensionamento do Fusível protetor (91-92):	44
2.14.2	Dimensionamento do Religador (64-65)	45
2.15	Área 15: Coordenação Religador - Fusíveis(64-65)/(91-96)	48
2.15.1	Dimensionamento do Fusível protetor (91-96):	48
2.15.2	Dimensionamento do Religador (64-65)	48
2.16	Área 16: Coordenação Relé - Religador (01-63)/(64-65)	51
2.16.1	Dimensionamento do Relé (01-63)	51
2.17	Área 17: Coordenação Religador - Fusível (64-78)/(79-80)	53
2.17.1	Dimensionamento do Fusível protetor (79-80):	53
2.17.2	Dimensionamento do Religador (64-78):	53
2.18	Área 18: Coordenação Religador - Fusível (64-78)/(79-86)	56
2.18.1	Dimensionamento do Fusível protetor (79-86):	56
2.19	Área 19: Coordenação Relé - Religador (01-63)/(64-78)	58
2.19.1	Dimensionamento do Relé (1-100):	59
2.20	Área 20: Coordenação Religador - Fusível (100-101)/(110-112)	60
2.20.1	Dimensionamento do Fusível protetor (110-112):	60
2.20.2	Dimensionamento do Religador (100-101):	61
2.21	Área 21: Coordenação Religador - Fusível (100-101)/(110-111)	63
2.21.1	Dimensionamento do Fusível protetor (110-111):	63
2.21.2	Dimensionamento do Religador (100-101):	63
2.22	Área 22: Coordenação Relé - Fusível (1-100)/(100-114)	66
2.22.1	Dimensionamento do Fusível protetor (100-114):	66
2.22.2	Dimensionamento do Relé (1-100):	66
2.23	Área 23: Coordenação Relé - Religador (1-100)/(100-101)	67
2.23.1	Dimensionamento do Relé (1-100):	67
3	CONCLUSÃO	70
4	REFERÊNCIA	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Os sistemas de distribuição de energia elétrica são responsáveis por transportar eletricidade desde a geração até o consumidor final, por meio de uma rede de transmissão e distribuição de energia elétrica. Essa rede é composta por uma série de equipamentos, como transformadores, linhas de transmissão e subestações, que permitem que a energia elétrica seja transportada com segurança e eficiência.

Os sistemas de distribuição de energia elétrica são essenciais para a sociedade moderna, pois fornecem energia elétrica para os mais diversos usos, como iluminação, refrigeração, comunicação, transporte, entre outros. Além disso, esses sistemas também são importantes para o desenvolvimento econômico, pois garantem o funcionamento de indústrias, comércios e serviços.

Um dos principais desafios dos sistemas de distribuição de energia elétrica é garantir a segurança e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica. Para isso, são utilizados diversos equipamentos de proteção, como disjuntores, fusíveis e relés, que atuam em caso de falhas ou sobrecargas, evitando danos aos equipamentos e prejuízos aos consumidores.

No presente trabalho será realizado um estudo de coordenação para um Sistema de Distribuição de 119 barras onde serão definidos todos os dispositivos de proteção, seus valores, seus intervalos de coordenação e a configurações sobre seus métodos de operação.

1.2 Objetivo

Encontrar os ajustes (TDS , I_{pk} e I_n) de cada um dos dispositivos de proteção presente no estudo de acordo com os critérios de coordenação e seletividade para cada par considerado.

2 ESTUDO DE CASO: ALIMENTADOR TESTE RADIAL IEEE DE 119 BARRAS

O alimentador teste radial IEEE de 119 barras possui todos os seus dispositivos de proteção alocados, conforme indica a Figura 1, fator de crescimento igual a 1,1 e opera a 11 kV. Estudos de Fluxo de Carga e Curto-Círcuito foram realizados na rede e estão indicados no Apêndice L. Encontre os ajustes (TDS, Ipk e In) de cada um deles de acordo com os critérios de coordenação e seletividade para cada par considerado.

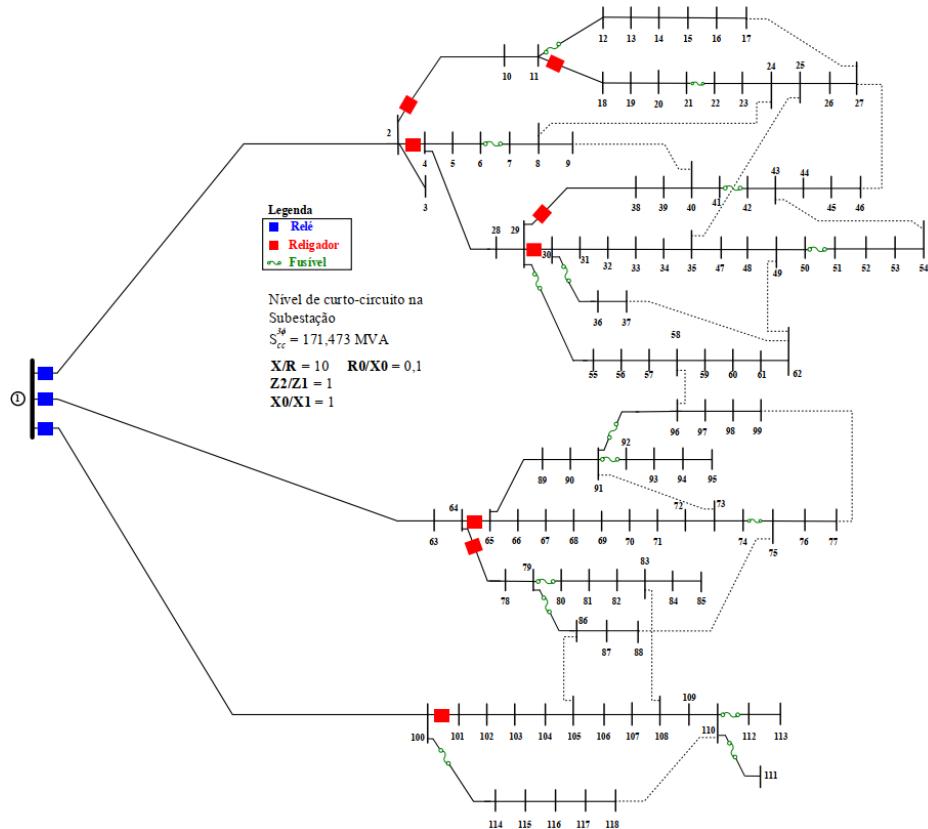


Figura 1 – Alimentador Teste Radial de 119 barras.

O estudo de fluxo de carga e curto-círcuito para o SDR de 119 Barras é mostrado na Figura 2. O circuito do alimentador foi dividido de acordo com seus pares de coordenação/atuação.

Os dados iniciais, fornecido pelo caso são:

$$F_c = 1.1$$

$$V = 11kV$$

$$I_{desbalanco} = 15\%$$

As análises das áreas serão descritas nas secções abaixo.

ESTUDOS								
FLUXO DE CARGA			CURTO-CIRCUITO (A)					
De	Para	I _{nom} (A)	DP	Barra	I _{cc} ³⁰	I _{cc} ^{0T}	I _{cc} ^{0T min}	I _{cc} ²⁰
1	2	711,6236	Relé	1	9000	9000	420,9609	7794,229
2	10	134,5564	Religador	2	8784,596	8681,951	419,9316	7607,683
10	11	122,7155	-	3	8579,94	8395,394	418,9918	7430,446
11	12	20,75673	Fusível	4	8504,336	8292,818	418,6510	7364,971
12	13	19,05491	-	5	7911,807	7410,381	418,1081	6851,826
13	14	16,13035	-	6	7396,336	6697,62	417,5523	6405,415
14	15	6,3333	-	7	7265,463	6536,485	417,1064	6292,076
15	16	4,45313	-	8	7120,47	6362,484	416,5745	6166,508
16	17	2,18695	-	9	6628,391	5746,161	415,8102	5740,355
11	18	93,29002	Religador	10	7119,337	6440,591	415,0452	6165,527
18	19	92,0417	-	11	6320,702	5543,694	411,8041	5473,889
19	20	82,76793	-	12	4647,459	3736,303	405,7199	4024,818
20	21	47,997	-	13	4059,041	3198,714	401,3916	3515,232
21	22	34,92268	Fusível	14	3618,869	2840,58	396,3134	3134,033
22	23	29,15837	-	15	3390,697	2683,211	392,433	2936,43
23	24	24,23459	-	16	3007,195	2346,33	387,6345	2604,307
24	25	14,13308	-	17	2711,629	2094,723	382,9719	2348,34
25	26	3,51718	-	18	4688,257	3810,119	405,0434	4060,149
26	27	1,94602	-	19	4037,475	3180,232	401,1866	3496,556
2	4	567,5092	Religador	20	3487,103	2691,526	396,1753	3019,92
4	5	26,85808	-	21	3105,942	2355,127	392,1489	2689,8240
5	6	21,8428	-	22	2922,266	2217,537	388,8053	2530,756
6	7	13,40267	Fusível	23	1755,625	1380,838	353,8863	1520,4160
7	8	6,98215	-	24	1619,951	1283,115	347,402	1402,918
8	9	5,36608	-	25	1553,394	1228,927	344,2247	1345,278
4	28	538,8375	-	26	1473,611	1164,687	340,0704	1276,184
28	29	496,8644	-	27	1401,579	1106,819	335,9862	1213,803
29	38	107,47	Religador	28	8154,131	7771,816	418,1686	7061,685
38	39	100,8378	-	29	7856,105	7345,023	417,7704	6803,587
39	40	97,25401	-	30	5744,826	4740,523	413,6321	4975,166
40	41	69,32317	-	31	4527,255	3557,98	407,0453	3920,718
41	42	46,39787	Fusível	32	4235,447	3329,415	403,6989	3668,005
42	43	14,44912	-	33	3552,662	2720,202	397,9890	3076,695
43	44	8,9169	-	34	3057,049	2299,064	392,2394	2647,482
44	45	5,26041	-	35	2768,672	2068,759	387,5277	2397,741
45	46	2,45798	-	36	4499,281	3513,75	407,5557	3896,492
29	30	323,432	Religador	37	4089,745	3169,356	403,6363	3541,823
30	31	254,8965	-	38	5741,316	4980,772	408,3561	4972,125
31	32	222,3851	-	39	4431,687	3730,782	399,7140	3837,954
32	33	186,2395	-	40	3810,768	3099,909	395,6601	3300,222
33	34	174,9388	-	41	3249,185	2642,245	388,2128	2813,876
34	35	163,37	-	42	1879,411	1499,87	357,7304	1627,617
35	47	154,4147	-	43	1649,024	1320,77	348,0415	1428,096
47	48	150,0634	-	44	1542,572	1245,325	342,438	1335,907
48	49	145,0205	-	45	1425,713	1161,185	335,6392	1234,704
49	50	138,0758	-	46	1329,707	1081,982	329,867	1151,56
50	51	52,91974	Fusível	47	2519,512	1888,11	381,751	2181,961
51	52	38,20507	-	48	2394,580	1797,764	378,5060	2073,767
52	53	33,20573	-	49	2253,443	1695,722	374,5052	1951,539
53	54	29,90013	-	50	2126,907	1604,194	370,5662	1841,955
30	36	60,93192	Fusível	51	1949,905	1475,93	364,3892	1688,667

36	37	29,52368	-	52	1871,518	1419,033	361,3597	1620,782
29	55	59,56439	Fusível	53	1685,627	1299,336	352,3434	1459,796
55	56	56,10878	-	54	1529,3	1196,004	343,745	1324,413
56	57	49,26816	-	55	5826,737	5198,039	406,9311	5046,102
57	58	43,85923	-	56	4374,205	3861,032	396,1846	3788,172
58	59	18,00134	-	57	3444,069	3039,195	385,9271	2982,651
59	60	16,48091	-	58	2321,852	1960,086	367,8243	2010,783
60	61	11,41934	-	59	2065,683	1756,635	360,2239	1788,934
61	62	4,28119	-	60	1858,189	1589,988	352,9065	1609,239
2	3	1,04131	-	61	1749,737	1502,146	348,5582	1515,317
1	63	506,0825	Relé	62	1448,593	1148,787	338,4638	1254,518
63	64	471,4661	-	63	8463,252	8162,642	420,0875	7329,391
64	65	315,595	Religador	64	6549,084	5627,563	416,2995	5671,673
65	89	101,5006	-	65	5576,089	4719,566	409,1647	4829,034
89	90	97,32026	-	66	4867,999	4110,317	403,4473	4215,811
90	91	94,85291	-	67	3867,838	3281,258	393,3774	3349,646
91	96	71,12298	Fusível	68	2852,348	2374,157	380,0985	2470,206
96	97	39,48433	-	69	2421,531	2038,294	370,4495	2097,108
97	98	4,66052	-	70	1650,332	1349,253	346,8746	1429,229
98	99	3,06849	-	71	1582,434	1299,151	343,4632	1370,428
91	92	19,09561	Fusível	72	1470,75	1216,011	337,3663	1273,707
92	93	11,34867	-	73	1373,095	1142,383	331,4701	1189,135
93	94	5,56895	-	74	1302,356	1080,9	327,1341	1127,873
94	95	3,83125	-	75	1241,853	1035,074	322,8309	1075,477
65	66	204,8272	-	76	1114,09	939,904	312,6026	964,8303
66	67	181,0763	-	77	1089,252	920,5226	310,4577	943,32
67	68	178,9879	-	78	4163,57	3363,217	400,2312	3605,757
68	69	175,7169	-	79	3674,74	2950,018	395,0493	3182,418
69	70	171,3159	-	80	3281,18	2624,339	389,9512	2841,586
70	71	135,5108	-	81	2879,962	2309,611	383,1467	2494,12
71	72	98,05711	-	82	2627,017	2088,765	378,8258	2275,063
72	73	88,68456	-	83	2382,744	1899,879	373,0118	2063,517
73	74	85,31815	-	84	2178,358	1750,102	367,0124	1886,513
74	75	21,16796	Fusível	85	2017,913	1614,327	362,3778	1747,564
75	76	18,59862	-	86	3225,872	2544,734	390,2514	2793,687
76	77	4,82603	-	87	2795,38	2168,998	384,2447	2420,87
64	78	149,3455	Religador	88	2363,974	1770,008	377,9999	2047,261
78	79	131,697	-	89	3708,628	3150,803	391,4324	3211,766
79	80	84,12503	Fusível	90	3200,275	2717,542	384,6403	2771,519
80	81	48,33522	-	91	2807,975	2385,891	378,0391	2431,778
81	82	31,60025	-	92	2497,888	2124,707	371,6232	2163,234
82	83	14,85493	-	93	2247,509	1914,106	365,387	1946,4
83	84	4,98068	-	94	2062,018	1756,196	360,0291	1785,76
84	85	3,09246	-	95	1782,951	1539,3	349,6089	1544,08
79	86	29,5502	Fusível	96	2512,372	2103,901	372,8524	2175,778
86	87	4,32652	-	97	2273,079	1881,336	367,715	1968,544
87	88	1,38928	-	98	2106,967	1739,591	363,1594	1824,687
1	100	358,3243	Relé	99	1932,177	1540,401	359,7017	1673,315
100	101	318,2615	Religador	100	8574,865	8378,177	419,1676	7426,051
101	102	287,5438	-	101	6329,759	5423,533	414,4113	5481,732
102	103	250,5357	-	102	5613,716	4702,68	410,5027	4861,621
103	104	227,424	-	103	4742,644	3919,938	404,0368	4107,25
104	105	216,6758	-	104	3681,929	3072,725	392,261	3188,644
105	106	209,8584	-	105	3385,277	2837,6	388,1128	2931,736
106	107	202,6681	-	106	2915,752	2474,585	380,0529	2525,115
107	108	166,0509	-	107	2724,287	2320,212	376,3079	2359,302
108	109	151,2083	-	108	2341,503	2009,428	367,4155	2027,801

109	110	114,6007	-	109	2207,753	1900,029	363,7443	1911,97
110	112	25,54358	Fusível	110	1944,54	1683,298	355,3796	1684,021
112	113	3,93976	-	111	1805,656	1568,109	350,2073	1563,744
110	111	74,47685	Fusível	112	1824,657	1583,855	350,9527	1580,199
100	114	34,34683	Fusível	113	1708,16	1486,811	346,191	1479,31
114	115	19,38042	-	114	5272,102	4747,955	402,4071	4565,774
115	116	14,89307	-	115	4468,271	3925,874	397,3147	3869,636
116	117	5,06891	-	116	3422,776	2928,259	387,373	2964,211
117	118	2,05862	-	117	2644,703	2188,862	376,4234	2290,38
				118	2077,341	1680,31	363,5376	1799,03
118	110	0	Aberto					
17	27	0	Aberto					
35	25	0	Aberto					
27	46	0	Aberto					
37	62	0	Aberto					
43	54	0	Aberto					
49	62	0	Aberto					
58	96	0	Aberto					
88	75	0	Aberto					
99	77	0	Aberto					
8	24	0	Aberto					
83	108	0	Aberto					
86	105	0	Aberto					
9	40	0	Aberto					
91	73	0	Aberto					

Figura 2 – Estudos de fluxo de carga e curto-circuito para o SDR.

2.1 Área 1: Coordenação Religador - Fusível (11-18)/(21-22)

2.1.1 Dimensionamento do Fusível protetor (21-22):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[21 - 22] = 34,92268$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 335,9862$.

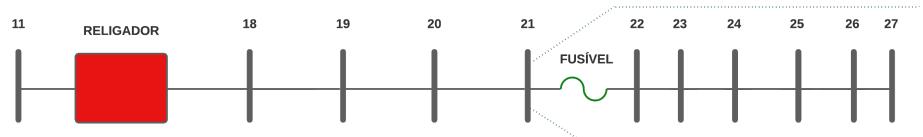


Figura 3 – Área 1 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4} \quad (2.1)$$

Logo

$$1,1 \cdot 34,92268 \leq I_{elo} < \frac{335,9862}{4}$$

$$38,4149 \leq I_{elo} < 83,9965$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 40k, 50k, 65k, 80k. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo

religador e fusível, neste caso em 21 que é de 3105,942 A, resulta na extração das áreas de MMT dos fusíveis de 40k,50k e 65k. Para esta corrente, o fusível de 80k foi escolhido para ser possível a coordenação.

2.1.2 Dimensionamento do Religador (11-18):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[11 - 18] = 93,29002$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 1213,803$. Finalmente, é necessário determinar qual o tipo de curva o religador irá trabalhar. A curva selecionada para este caso é a IEC do tipo inversa, que tem por constantes os valores exibidos na tabela abaixo.

Descrição da Curva	Padrão	A	P	Q	B	K
Inversa	IEC - A	0,14	0,02	1	0	0
Muito Inversa	IEC - B	13,5	1	1	0	0
Extremamente Inversa	IEC - C	80	2	1	0	0

Tabela 1 – Curva Padrão IEC/BS142 do fabricante General Electric.

A equação para curvas IEC é dada por:

$$t_{op-IEC} = \frac{TDS \cdot A}{\left(\frac{I_{op}}{I_{aj}}\right)^P - Q} + TDS \cdot B + K \quad (2.2)$$

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \quad (2.3)$$

$$1,1 \cdot 93,29002 \leq I_{pickupF} < \frac{1213,803}{1}$$

$$102,6190 \leq I_{pickupF} < 1213,803$$

$$I_{pickupF}[A] = 103$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 103A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 21, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 3105,9042A$. Substituindo as constantes dada pela Tabela 1 e aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{3105,9042}{103}\right)^{0,02} - 1\right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{1,9857}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

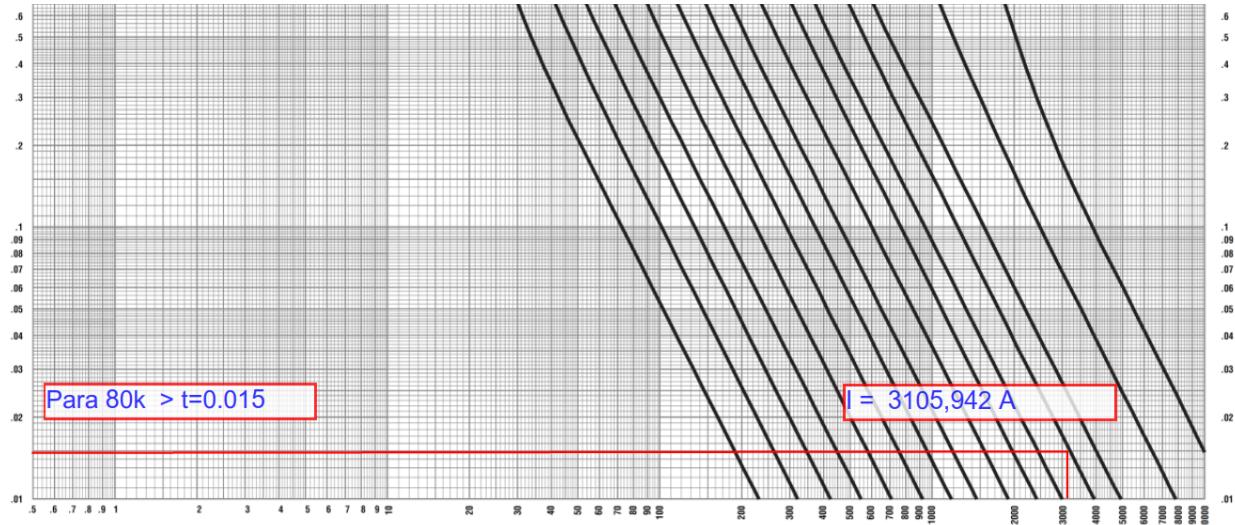


Figura 4 – Tempo de operação fusíveis - 80k.

Assim sendo,

$$t = 0,015 + 0,2 = 0,215s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{1,9857}$$

$$TDS_F = \frac{0,215}{1,9857} = 0,1082$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.4)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 335,9862A$ no fim do trecho, em 27:

$$0,15 \cdot 93,29002 \leq I_{pickupN} < 335,9862$$

$$13,9935 \leq I_{pickupN} < 335,9862$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 14$ A. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 21, dada por $I_{cc}^{FT} = 2355,127$ A. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, (2.2) temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2355,127}{14} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,2969 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,2969}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

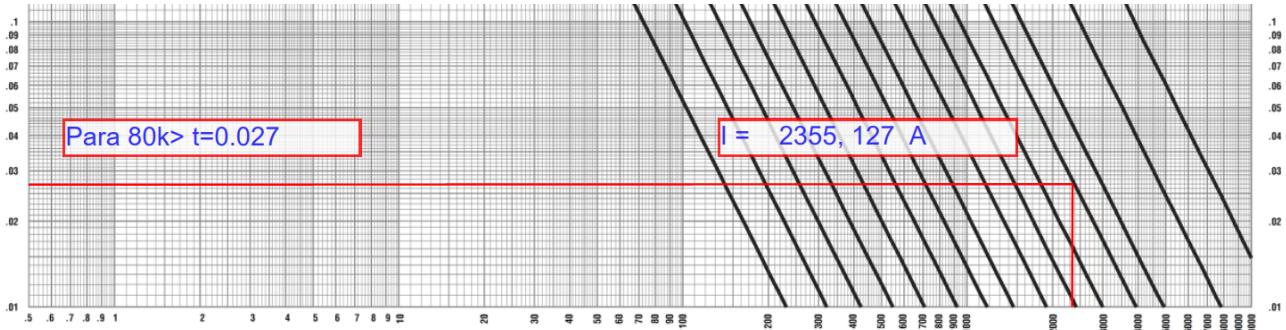


Figura 5 – Tempo de operação fusíveis - 80k.

Assim sendo,

$$t = 0,027 + 0,2 = 0,227s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,2969}$$

$$TDS_N = \frac{0,227}{1,2969} = 0,17503$$

2.2 Área 2: Coordenação Religador - Fusível(2-10)/(11-12)

2.2.1 Dimensionamento do Fusível protetor (11-12):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[11 - 12] = 20,7567$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FTmin}(A) = 382,9719$.

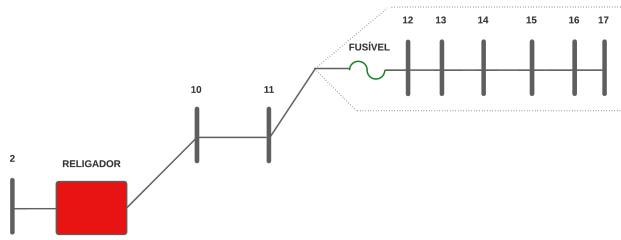


Figura 6 – Área 2 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4}$$

Logo

$$1,1 \cdot 20,7567 \leq I_{elo} < \frac{382,9719}{4}$$

$$22,8327 \leq I_{elo} < 95,7429$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 20k, 25k, 30k, 40k, 50k, 65k, 80k. Dado que uma margem pode ser dada para o fusível, em torno de 50% a mais de sua capacidade, então, o fusível escolhido foi o de 20k. Note que pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e fusível, neste caso na barra 11 que é de 6320,702 A, resulta na extração da área de MMT do maior fusível possível, de 80k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 140k para ser possível a coordenação.

Na situação de não haver qualquer possibilidade de aumento do fusível considerando os níveis de curto-circuito, fica evidente que neste par não pode haver coordenação, apenas seletividade.

2.2.2 Dimensionamento do Religador (2-10):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[2 - 10] = 134,5564$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásico no fim do trecho, na barra 17, $I_{cc}^{FF}(A) = 2348,34$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS}$$

$$1,1 \cdot 134,5564 \leq I_{pickupF} < \frac{2348,34}{1}$$

$$148,0121 \leq I_{pickupF} < 2348,34$$

$$I_{pickupF}[A] \approx 149$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 149A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 11, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 6320,702A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{6320,702}{149} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,7987}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

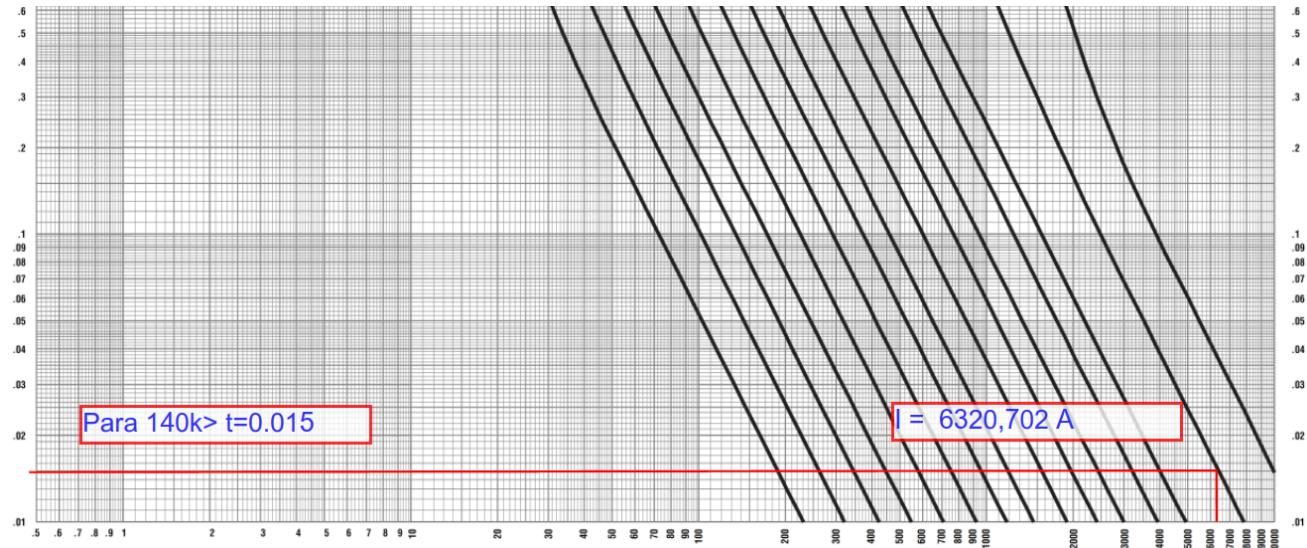


Figura 7 – Tempo de operação fusíveis - 140k.

Assim sendo,

$$t = 0,015 + 0,2 = 0.215s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{1,7987}$$

$$TDS_F = \frac{0,215}{1,7987} = 0,1195$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 382,9719A$ no fim do trecho, em 17:

$$0,15 \cdot 134,5564 \leq I_{pickupN} < 382,9719$$

$$20,1834 \leq I_{pickupN} < 382,9719$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 20,2$ A. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 11, dada por $I_{cc}^{FT} = 5543,694$ A. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{5543,694}{20,2} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,17802 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,17802}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

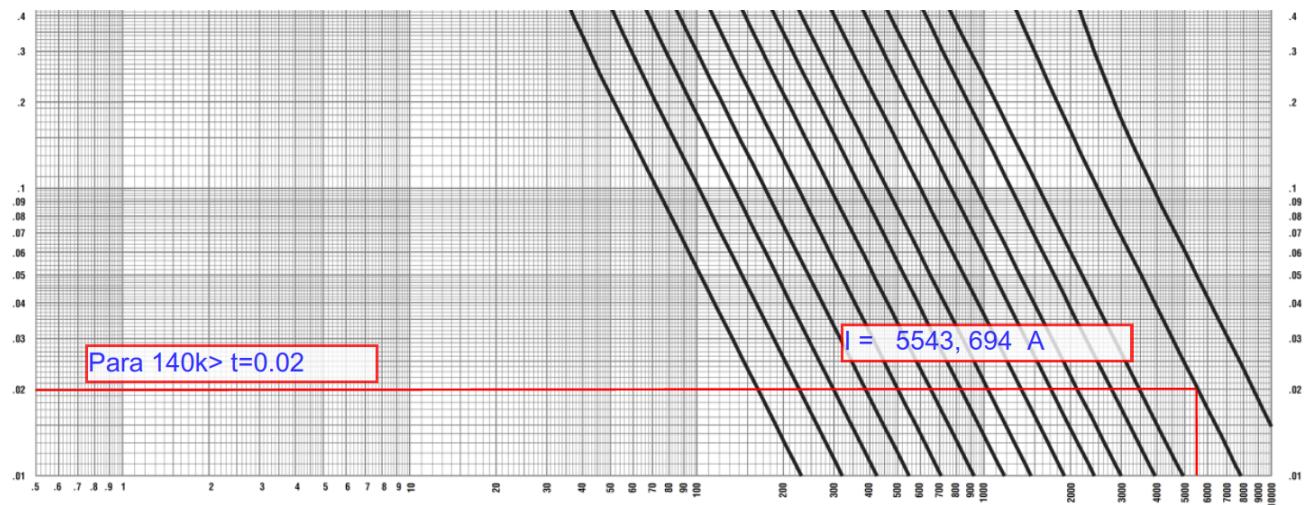


Figura 8 – Tempo de operação fusíveis - 140k.

Assim sendo,

$$t = 0,02 + 0,2 = 0.22s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,17802}$$

$$TDS_N = \frac{0,22}{1,17802} = 0,1867$$

Note que, nos dois casos (Fase e neutro), este par não pode ser coordenado. Existe apenas seletividade com os níveis de curto-circuito atuais.

2.3 Área 3: Coordenação Religador - Fusível(2-4)/(6-7)

2.3.1 Dimensionamento do Fusível protetor (6-7):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[6-7] = 13,40267$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 415,8102$.

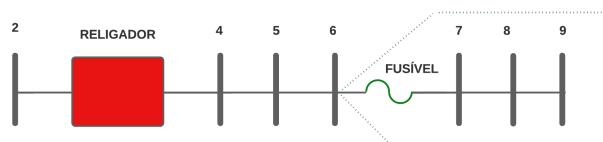


Figura 9 – Área 3 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4}$$

Logo

$$1,1 \cdot 13,40267 \leq I_{elo} < \frac{415,8102}{4}$$

$$14,7429 \leq I_{elo} < 103,9525$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 10k, 12k, 15k, 20k, 25k, 30k, 40k, 50k, 65k, 80k e 100k. O fusível escolhido foi o de 15k. Note que pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e fusível, neste caso na barra 6 que é de 7396,336 A, resulta na extração da área de MMT do maior fusível possível, de 100k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 140k para ser possível a coordenação.

Na situação de não haver qualquer possibilidade de aumento do fusível considerando os níveis de curto-circuito, fica evidente que neste par não pode haver coordenação, apenas seletividade.

2.3.2 Dimensionamento do Religador (2-4):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[2 - 4] = 567,5092$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 9, $I_{cc}^{FF}(A) = 5740,355$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 567,5091 &\leq I_{pickupF} < \frac{5740,355}{1} \\ 624,26012 &\leq I_{pickupF} < 5740,355 \\ I_{pickupF}[A] &\approx 625 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 625A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 6, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 7396,336A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7396,336}{625} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS &= \frac{t_{op}}{2,76345} \end{aligned}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,011 + 0,2 = 0,211s$$

Logo:

$$\begin{aligned} TDS_F &= \frac{t_{op}}{2,76345} \\ TDS_F &= \frac{0,211}{2,76345} = 0,0763 \end{aligned}$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 415,8102A$ no fim do trecho, em 9:

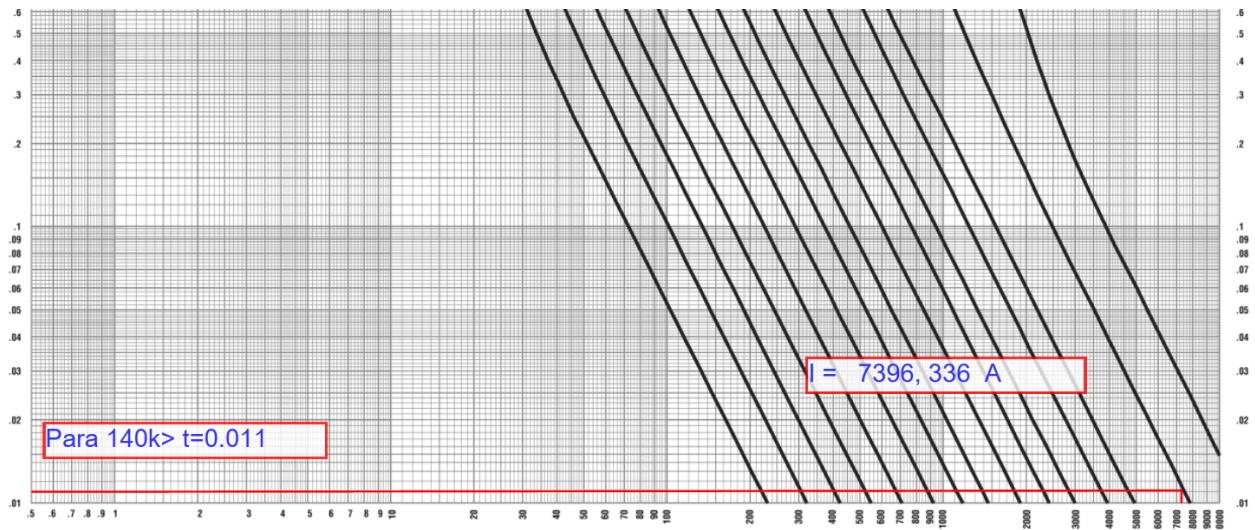


Figura 10 – Curva Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.

$$0,15 \cdot 567,5092 \leq I_{pickupN} < 415,8102$$

$$85,1263 \leq I_{pickupN} < 415,8102$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 85,13$ A. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 6, dada por $I_{cc}^{FT} = 6697,62$ A. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{6697,62}{85,13} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5345 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,5345}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0135 + 0,2 = 0.2135s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,5345}$$

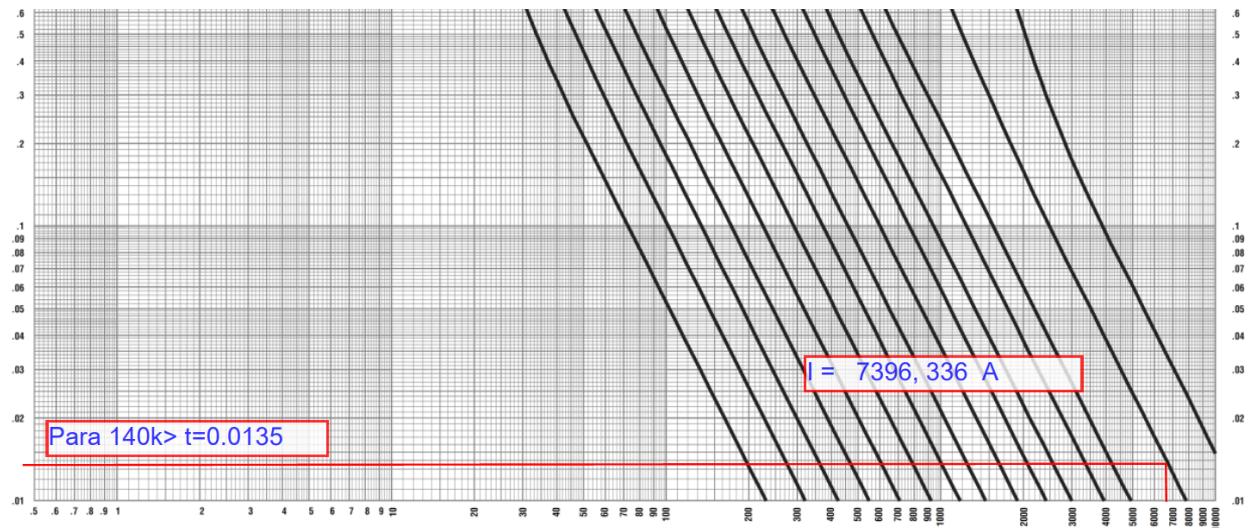


Figura 11 – Curva Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.

$$TDS_N = \frac{0,2135}{1,5345} = 0,1391$$

Note que, nos dois casos (Fase e neutro), este par não pode ser coordenado. Existe apenas seletividade com os níveis de curto-circuito atuais.

2.4 Área 4: Coordenação Religador - Fusível (29-38)/(41-42)

2.4.1 Dimensionamento do Fusível protetor (41-42):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[41 - 42] = 46,3978$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 329,867$.

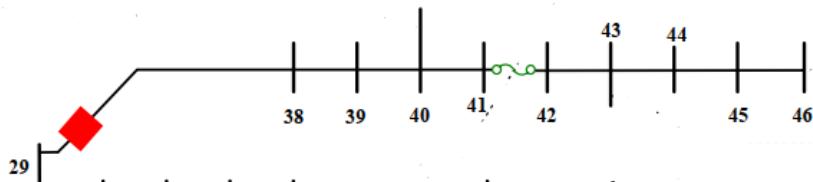


Figura 12 – Área 4 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4}$$

Logo

$$1,1 \cdot 46,3978 \leq I_{elo} < \frac{329,867}{4}$$

$$51,0375 \leq I_{elo} < 82,4667$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 40k, 50k, 65k e 80k. Note que pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e

fusível, neste caso na barra 41 que é de 3249,185 A, resulta na extração da área de MMT dos fusíveis 40k, 50k e 65k, portanto, o fusível escolhido foi o de 80k para ser possível a coordenação.

2.4.2 Dimensionamento do Religador (29-38):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[29 - 38] = 107,47$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 46, $I_{cc}^{FF}(A) = 1151,56$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 107,47 &\leq I_{pickupF} < \frac{1151,56}{1} \\ 118,217 &\leq I_{pickupF} < 1151,56 \\ I_{pickupF}[A] &\approx 118,3 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 118,3A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 41, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 3249,185A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{3249,185}{118,3} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS &= \frac{t_{op}}{2,0437} \end{aligned}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0151 + 0,2 = 0,2151s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,0437}$$

$$TDS_F = \frac{0,2151}{2,0437} = 0,1052$$

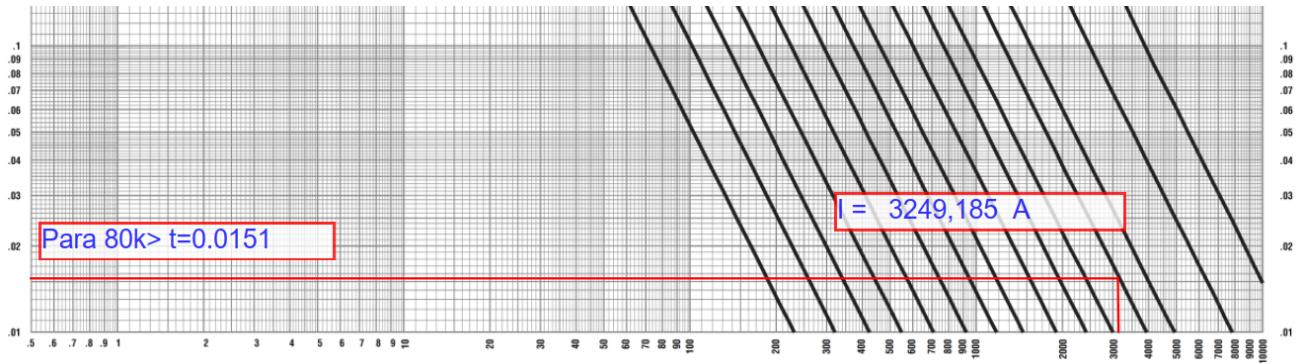


Figura 13 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 80k.

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 329,867A$ no fim do trecho, em 46:

$$0,15 \cdot 107,47 \leq I_{pickupN} < 329,867$$

$$16,1205 \leq I_{pickupN} < 329,867$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 16,13 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 41, dada por $I_{cc}^{FT} = 2642,245 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2642,245}{16,13} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,3040 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,3040}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0219 + 0,2 = 0.2219s$$

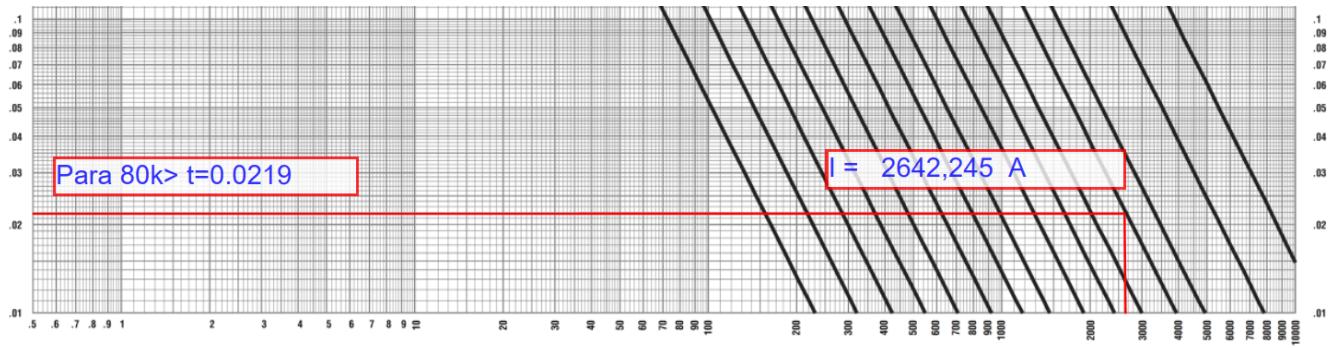


Figura 14 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 80k.

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,3040}$$

$$TDS_N = \frac{0,2219}{1,3040} = 0,1701$$

2.5 Área 5: Coordenação Religador - Fusível (29-30)/(50-51)

2.5.1 Dimensionamento do Fusível Protetor (50-51):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[50 - 51] = 52,91974$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 343,745$.

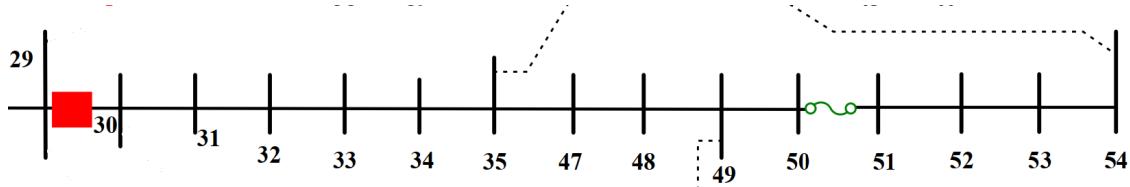


Figura 15 – Área 5 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4}$$

Logo,

$$1,1 \cdot 52,91974 \leq I_{elo} < \frac{343,745}{4}$$

$$58,2117 \leq I_{elo} < 85,9362$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 40k, 50k, 65k e 80k. Dado que uma margem pode ser dada para o fusível, em torno de 50% a mais de sua capacidade, então, o fusível escolhido foi o de 50k.

2.5.2 Dimensionamento do Religador (29-30):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[29 - 30] = 323,432$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 54, $I_{cc}^{FF}(A) = 1324,413$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS}$$

$$\begin{aligned} 1,1 \cdot 323,432 &\leq I_{pickupF} < \frac{1324,413}{1} \\ 355,7752 &\leq I_{pickupF} < 1324,413v \end{aligned}$$

$$I_{pickupF}[A] \approx 356$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 356A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 50, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 2126,907A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2126,907}{356} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{3,8465}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

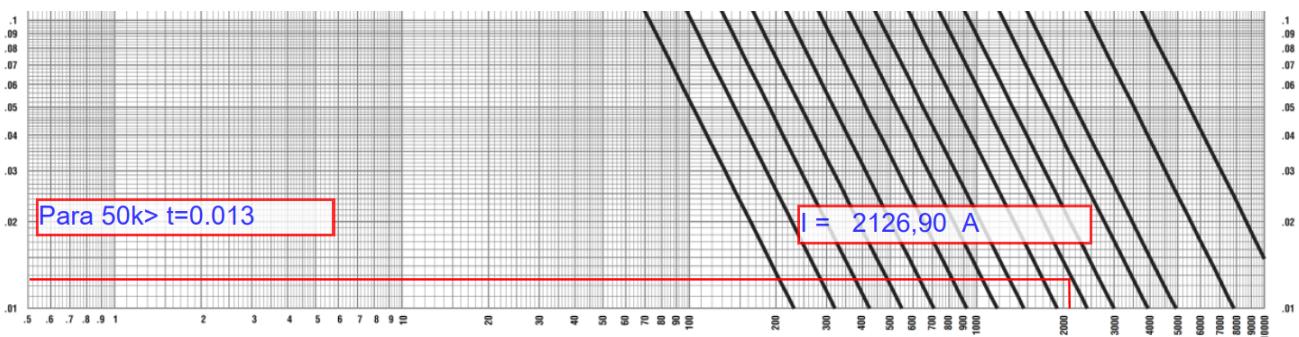


Figura 16 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 50k.

Assim sendo,

$$t = 0,013 + 0,2 = 0,213s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{3,8465}$$

$$TDS_F = \frac{0,213}{3,8465} = 0,05537$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 343,745A$ no fim do trecho, em 54:

$$0,15 \cdot 323,432 \leq I_{pickupN} < 343,745$$

$$48,5148 \leq I_{pickupN} < 343,745$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 48,55 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 50, dada por $I_{cc}^{FT} = 1604,194 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.5)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1604,194}{48,55} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,9320 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,9320}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0218 + 0,2 = 0.2218s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,9320}$$

$$TDS_N = \frac{0,2218}{1,9320} = 0,1148$$

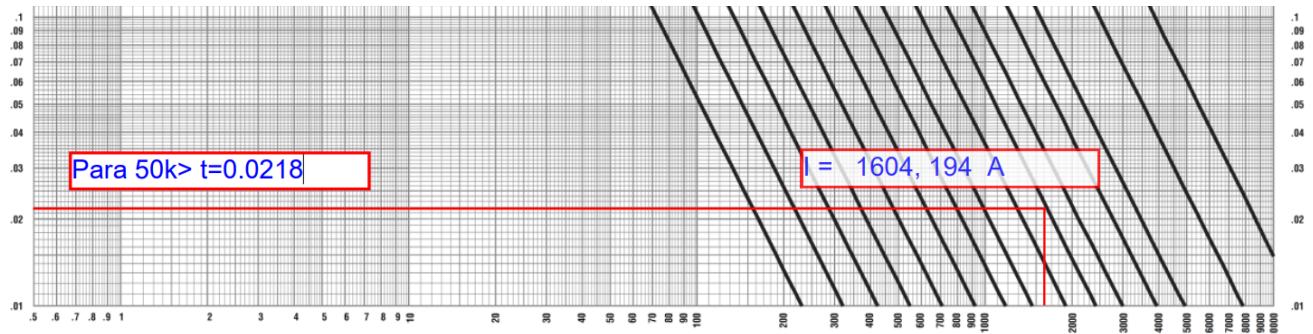


Figura 17 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 50k.

2.6 Área 6: Coordenação Religador - Fusível (29-30)/(30-36)

2.6.1 Dimensionamento do Fusível Protetor (30-36):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[30 - 36] = 60,9319$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 403,6363$.

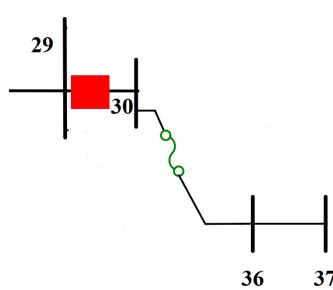


Figura 18 – Área 6 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4}$$

Logo,

$$1,1 \cdot 60,9319 \leq I_{elo} < \frac{403,6363}{4}$$

$$67,0251 \leq I_{elo} < 100,9090$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 50k, 65k, 80k e 100k. Dado que uma margem pode ser dada para o fusível, em torno de 50% a mais de sua capacidade, então, O componente escolhido para este caso, foi o de 50k, pois pode conduzir até 75 A. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e fusível, neste caso em 30 que é de 5744,826 A, resulta na extração das áreas de MMT dos fusíveis de 50k, 65k, 80k e 100k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 140k para ser possível a coordenação.

Na situação de não haver qualquer possibilidade de aumento do fusível considerando os níveis de curto-circuito, fica evidente que neste par não pode haver coordenação, apenas seletividade.

2.6.2 Dimensionamento do Religador (29-30):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[29 - 30] = 323,432$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 37, $I_{cc}^{FF}(A) = 3541,823$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por (2.2):

Corrente de Pickup de Fase:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 323,432 &\leq I_{pickupF} < \frac{3541,823}{1} \\ 355,7752 &\leq I_{pickupF} < 3541,823 \\ I_{pickupF}[A] &\approx 356 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 356A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 30, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 5744,826A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{5744,826}{356} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS &= \frac{t_{op}}{2,4476} \end{aligned}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0172 + 0,2 = 0,2172s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,4476}$$

$$TDS_F = \frac{0,2172}{2,4476} = 0,08873$$

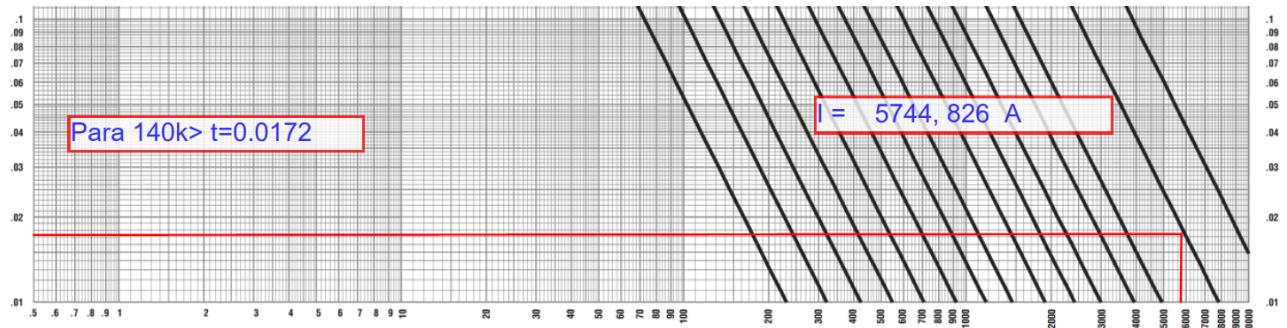


Figura 19 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 403,6363A$ no fim do trecho, em 37:

$$0,15 \cdot 323,432 \leq I_{pickupN} < 403,6363$$

$$48,5148 \leq I_{pickupN} < 403,6363$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 48,55 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 30, dada por $I_{cc}^{FT} = 4740,523 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.6)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{4740,523}{48,55} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,4590 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,4590}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0295 + 0,2 = 0.2295s$$

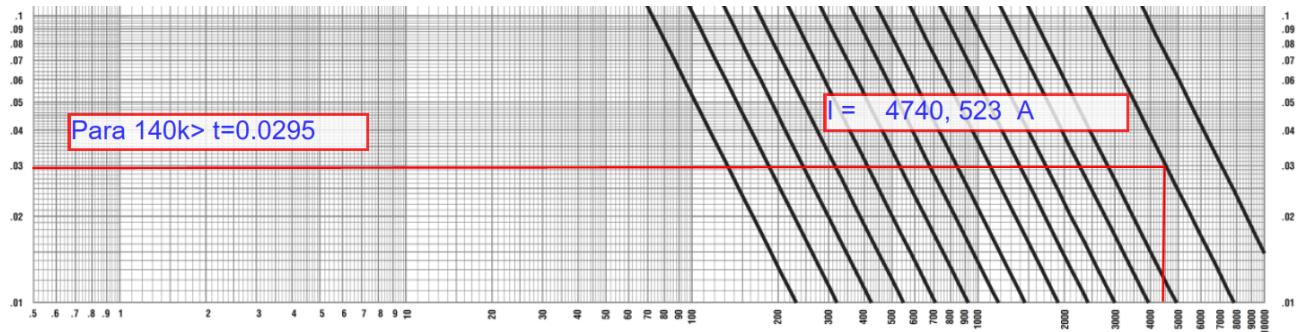


Figura 20 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,4590}$$

$$TDS_N = \frac{0,2295}{1,4590} = 0,1572$$

2.7 Área 7: Coordenação Religador - Fusível (2-4)/(29-55)

2.7.1 Dimensionamento do Fusível Protetor (29-55):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[29 - 55] = 59,5643$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 338,4638$.

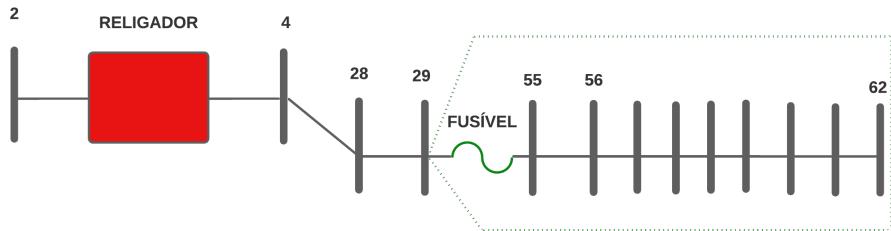


Figura 21 – Área 7 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4}$$

Logo,

$$\begin{aligned} 1,1 \cdot 59,5643 &\leq I_{elo} < \frac{338,4638}{4} \\ 65,5207 &\leq I_{elo} < 84,6159 \end{aligned}$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 50k, 65k e 80k. Dado que uma margem pode ser dada para o fusível, em torno de 50% a mais de sua capacidade, então, O componente escolhido para este caso, foi o de 50k, pois pode conduzir

até 75 A. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e fusível, neste caso em 29 que é de 7856,105 A, resulta na extração das áreas de MMT dos fusíveis de 50k,65k e 80k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 140k para ser possível a coordenação.

Na situação de não haver qualquer possibilidade de aumento do fusível considerando os níveis de curto-circuito, fica evidente que neste par não pode haver coordenação, apenas seletividade.

2.7.2 Dimensionamento do Religador (2-4):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[2 - 4] = 567,5092$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 62, $I_{cc}^{FF}(A) = 1254,518$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por (2.2):

Corrente de Pickup de Fase:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 567,5092 &\leq I_{pickupF} < \frac{1254,518}{1} \\ 624,26012 &\leq I_{pickupF} < 1254,518 \\ I_{pickupF}[A] &\approx 624,5 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{aj_F} = 624,5A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 29, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 7856,105A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7856,105}{624,5} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS &= \frac{t_{op}}{2,6951} \end{aligned}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,01 + 0,2 = 0,21s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,6951}$$

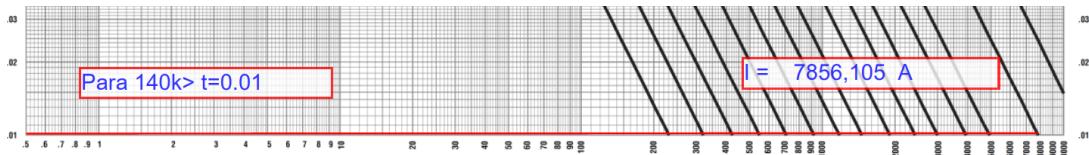


Figura 22 – Curva MMT Tempo-Corrente de fusíveis - 140k.

$$TDS_F = \frac{0,21}{2,6951} = 0,07791$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 338,4638A$ no fim do trecho, em 62:

$$0,15 \cdot 567,5092 \leq I_{pickupN} < 338,4638$$

$$85,12638 \leq I_{pickupN} < 338,4638$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 85,4 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 29, dada por $I_{cc}^{FT} = 7345,023 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7345,023}{85,4} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5025 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,5025}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar.

Assim sendo,

$$t = 0,01 + 0,2 = 0.21s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,5025}$$

$$TDS_N = \frac{0,21}{1,5025} = 0,1397$$

2.8 Área 8: Coordenação Religador - Religador (2-4)/(29-30)

O TDS obtido da área 5 é de 0,05537, que corresponde ao tempo de 0,213 para a fase. Para o neutro o TDS foi de 0,1148 com um tempo de 0,2218 . Neste caso:

2.8.1 Dimensionamento do Religador (2-4):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[2-4] = 567,5092$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 54, $I_{cc}^{FF}(A) = 1324,413$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por (2.2):

Corrente de Pickup de Fase:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 567,5092 &\leq I_{pickupF} < \frac{1324,413}{1} \\ 624,2601 &\leq I_{pickupF} < 1324,413 \\ I_{pickupF}[A] &\approx 624,5 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{adjF} = 624,5A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer em ambos os religadores, neste caso, a corrente trifásica na barra 29, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 7856,105A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7856,105}{624,5} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS &= \frac{t_{op}}{2,6951} \end{aligned}$$

Dado o tempo da área 5, 0,213, como é necessário que a curva de retaguarda do religador tenha uma diferença para a curva do outro religador de 0,2 então, $t = 0,213 + 0,2 = 0,413$. Portanto:

$$TDS_F = \frac{0,413}{2,6951} = 0,1532$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 343,745A$ no fim do trecho, em 54:

$$0,15 \cdot 567,5092 \leq I_{pickupN} < 343,745$$

$$85,1263 \leq I_{pickupN} < 343,745$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 85,15$ A. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 29, dada por $I_{cc}^{FT} = 7345,023$ A. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7345,023}{85,15} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5014 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,5014}$$

Dado o tempo da área 5, 0,2218, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,2218 + 0,2 = 0,4218$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,4218}{1,5014} = 0,2809$$

2.9 Área 9: Coordenação Religador - Religador (2-4)/(29-38)

O TDS obtido da área 4 é de 0,1052, que corresponde ao tempo de 0,2151 para a fase. Para o neutro o TDS foi de 0,1701 com um tempo de 0,2219.

2.9.1 Dimensionamento do Religador (2-4):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[2-4] = 567,5092$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, na barra 46, $I_{cc}^{FF}(A) = 1151,56$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por (2.2):

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS}$$

$$1,1 \cdot 567,5092 \leq I_{pickupF} < \frac{1151,56}{1}$$

$$624,2601 \leq I_{pickupF} < 1151,56$$

$$I_{pickupF}[A] \approx 624,5$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 624,5A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer em ambos os religadores, neste caso, a corrente trifásica na barra 29, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 7856,105A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7856,105}{624,5} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{2,6951}$$

Dado o tempo da área 4, 0,2151, como é necessário que a curva de retaguarda do religador tenha uma diferença para a curva do outro religador de 0,2 então, $t = 0,2151 + 0,2 = 0,4151$. Portanto:

$$TDS_F = \frac{0,4151}{2,6951} = 0,1540$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 329,867A$ no fim do trecho, em 46:

$$0,15 \cdot 567,5092 \leq I_{pickupN} < 329,867$$

$$85,12638 \leq I_{pickupN} < 329,867$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 85,4 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 29, dada por $I_{cc}^{FT} = 7345,023 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{7345,023}{85,4} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5025 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,5025}$$

Dado o tempo da área 4, 0,2219, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,2219 + 0,2 = 0,4219$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,4219}{1,5025} = 0,28079$$

2.10 Área 10: Coordenação Religador - Religador (2-10)/(11-18)

O TDS obtido da área 1 é de 0,1082, que corresponde ao tempo de 0,215 para a fase. Para o neutro o TDS foi de 0,1750 com um tempo de 0,227.

2.10.1 Dimensionamento do Religador (2-10):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A) = 134,5564$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, neste caso em , então, $I_{cc}^{FF}(A) = 1213,803$.

Dado a equação para determinação do intervalo do religador:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 134,5564 &\leq I_{pickupF} < \frac{1213,803}{1} \\ 148,0120 &\leq I_{pickupF} < 1213,803 \\ I_{pickupF}[A] &\approx 148,2 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 148,2A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer em ambos os religadores, neste caso, a corrente trifásica na barra 11, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 6320,702A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{6320,702}{148,2} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS &= \frac{t_{op}}{1,7960} \end{aligned}$$

Dado o tempo da área 1, 0,215, como é necessário que a curva de retaguarda do religador tenha uma diferença para a curva do outro religador de 0,2 então, $t = 0,215 + 0,2 = 0,415$. Portanto:

$$TDS_F = \frac{0,415}{1,7960} = 0,2310$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 335,9862A$ no fim do trecho, em 27:

$$0,15 \cdot 134,5564 \leq I_{pickupN} < 335,9862$$

$$20,1834 \leq I_{pickupN} < 335,9862$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 20,2 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer ambos os religadores, neste caso, a corrente monofásica na barra 27, dada por $I_{cc}^{FT} = 1106,819 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1106,819}{20,2} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,6793 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,6793}$$

Dado o tempo da área 1, 0,227, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,227 + 0,2 = 0,427$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,427}{1,6793} = 0,2542$$

2.11 Área 11: Coordenação Relé - Religador (1-2)/(2-10)

O TDS obtido da área 10 é de 0,2310, que corresponde ao tempo de 0,415 para a fase. Para o neutro o TDS foi de 0,2542 com um tempo de 0,427

2.11.1 Dimensionamento do Relé (1-2):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A) = 711,6236$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, neste caso em , então, $I_{cc}^{FF}(A) = 1213,803$.

Dado a equação para determinação do intervalo do relé:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{rele} < I_{cc}^{FF} \quad (2.7)$$

$$1,1 \cdot 711,6236 \leq I_{rele} < 1213,803$$

$$782,7859 \leq I_{rele} < 1213,803$$

Com isto, a corrente de ajuste já pode ser definida, neste caso sendo a menor corrente do intervalo de do relé, portanto, $I_{aj} = 783$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé, quanto o religador, neste caso, a corrente trifásica em 2, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 8784,596A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.8)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8784,596}{783} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 2,8259 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{2,8259}$$

Dado o tempo da área de 0,415, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,415 + 0,2 = 0,615$ Portanto:

$$TDS_F = \frac{0,615}{2,8259} = 0,2176$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 335,9862A$ no fim do trecho, em 27:

$$0,15 \cdot 711,6236 \leq I_{pickupN} < 335,9862$$

$$106,7435 \leq I_{pickupN} < 335,9862$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 106,8 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer ambos, neste caso, a corrente monofásica na barra 2, dada por $I_{cc}^{FT} = 8681,951 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8681,951}{106,8} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5226 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,5226}$$

Dado o tempo da área 10, 0,4227, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,427 + 0,2 = 0,627$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,627}{1,5226} = 0,4117$$

2.12 Área 12: Coordenação Relé - Religador (1-2)/(2-4)

O TDS obtido da área 9 é de 0,1540, que corresponde ao tempo de 0,4151 para a fase. Para o neutro o TDS foi de 0,28079 com um tempo de 0,4219.

2.12.1 Dimensionamento do Relé (1-2):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A) = 711,6236$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, neste caso em 46, então, $I_{cc}^{FF}(A) = 1151,563$.

Dado a equação para determinação do intervalo do relé:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{relé} < I_{cc}^{FF} \quad (2.9)$$

$$1,1 \cdot 711,6236 \leq I_{relé} < 1151,56$$

$$782,7859 \leq I_{relé} < 1151,56$$

Com isto, a corrente de ajuste já pode ser definida, neste caso sendo a menor corrente do intervalo de do relé, portanto, $I_{aj} = 783$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé, quanto o religador, neste caso, a corrente trifásica em 2, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 8784,596A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.10)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8784,596}{783} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 2,8259 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{2,8259}$$

Dado o tempo da área de 0,4151, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,4151 + 0,2 = 0,6151$ Portanto:

$$TDS_F = \frac{0,6151}{2,8259} = 0,217665$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}}$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 329,867A$ no fim do trecho, em 46:

$$0,15 \cdot 711,6236 \leq I_{pickupN} < 329,867$$

$$106,7435 \leq I_{pickupN} < 329,867$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 106,8 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer ambos, neste caso, a corrente monofásica na barra 2, dada por $I_{cc}^{FT} = 8681,951 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8681,951}{106,8} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5226 \cdot TDS$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{1,5226}$$

Dado o tempo da área 9, 0,4227, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,4219 + 0,2 = 0,6219$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,6219}{1,5226} = 0,408446$$

2.13 Área 13: Coordenação Religador - Fusíveis(64-65)/(74-75)

2.13.1 Dimensionamento do Fusível protetor (74-75):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[74 - 75] = 21,16796$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 362,3778$.

O intervalo do fusível é dado pela equação 2.38, logo:

$$1,1 \cdot 21,16796 \leq I_{elo} < \frac{362,3778}{4}$$

$$23,2847 \leq I_{elo} < 90,59445$$

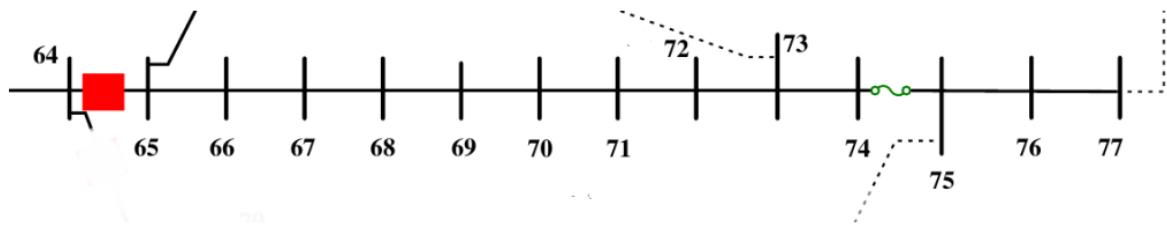


Figura 23 – Área 13 - Zona de proteção.

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 25k, 30k, 40k, 50k, 65k, 80k. o fusível escolhido foi o de 30k.

2.13.2 Dimensionamento do Religador (64-65)

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[64 - 65] = 315,595$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 943,32$.

A equação para determinação do intervalo do religador (PickupF) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \quad (2.11)$$

$$1,1 \cdot 315,595 \leq I_{pickupF} < \frac{943,32}{1}$$

$$347.15450 \leq I_{pickupF} < 943.32$$

$$I_{pickupF}[A] = 348A$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 348A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 74, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 1302,356A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1302,356}{348} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{5.23443}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como

critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

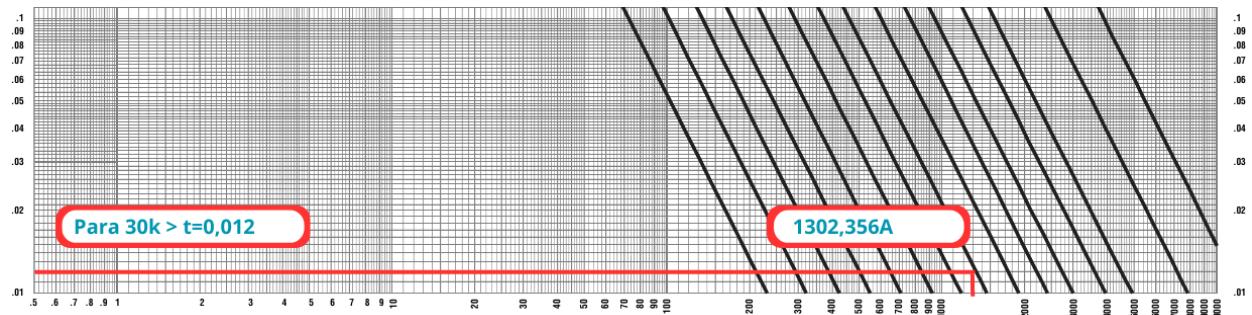


Figura 24 – Tempo de operação fusíveis - 30k.

Assim sendo,

$$t = 0,012 + 0,2 = 0,212s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{5.23443}$$

$$TDS_F = \frac{0,212}{5.23443} = 0.0405$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.12)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 310,4577A$ no fim do trecho, em 77:

$$0,15 \cdot 315,595 \leq I_{pickupN} < 310,4577$$

$$47.33925 \leq I_{pickupN} < 310.4577$$

$$I_{pickupN}[A] = 48A$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 48A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 74, dada por $I_{cc}^{FT} = 1080,9A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_N}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.13)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1080,9}{48} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 2.17838 \cdot TDS_N$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{2.17838}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

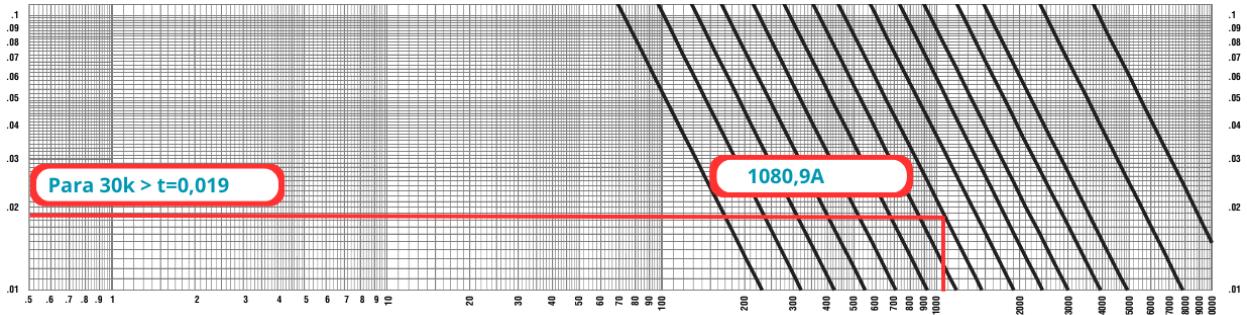


Figura 25 – Tempo de operação fusíveis - 30k.

Assim sendo,

$$t = 0,019 + 0,2 = 0.219s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{2.17838}$$

$$TDS_N = \frac{0,219}{2.17838} = 0.1005$$

2.14 Área 14: Coordenação Religador - Fusíveis(64-65)/(91-92)

2.14.1 Dimensionamento do Fusível protetor (91-92):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[91 - 92] = 19,09561$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 337,3663$.

O intervalo do fusível é dado pela equação 2.38, logo:

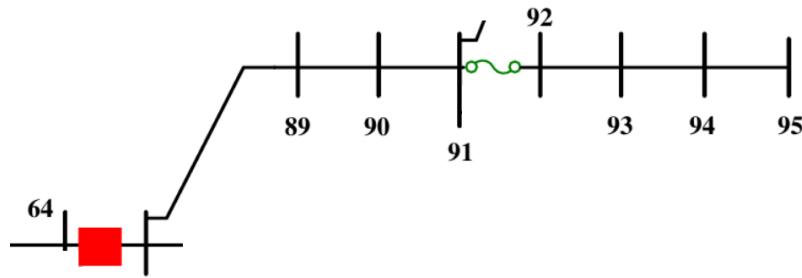


Figura 26 – Área 14 - Zona de proteção.

$$1,1 \cdot 19,09561 \leq I_{elo} < \frac{337,3663}{4}$$

$$21,0051 \leq I_{elo} < 84,34157$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 25k, 30k, 40k, 50k, 65k, 80k. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e fusível, neste caso em 91 que é de 2807,975A, resulta na extrapolação das áreas de MMT dos fusíveis de 25k, 30k, 40k e 50k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 65k para ser possível a coordenação, sendo assim, será escolhido o fusível 65k.

2.14.2 Dimensionamento do Religador (64-65)

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[64 - 65] = 315,595$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 1544,08$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \quad (2.14)$$

$$1,1 \cdot 315,595 \leq I_{pickupF} < \frac{1544,08}{1}$$

$$347,15450 \leq I_{pickupF} < 1544,08$$

$$I_{pickupF}[A] = 348A$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 348A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 91, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 2807,975A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2807,975}{348} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{3.28295}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

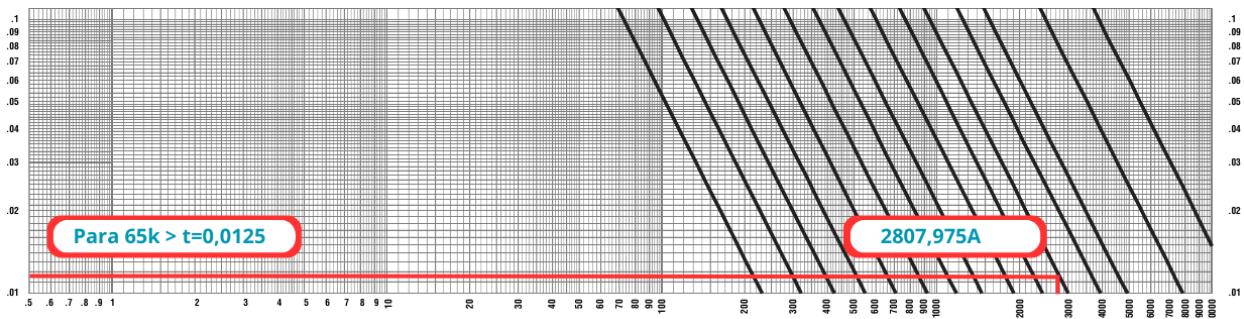


Figura 27 – Tempo de operação fusíveis - 65k.

Assim sendo,

$$t = 0,0125 + 0,2 = 0,2125s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{3.28295}$$

$$TDS_F = \frac{0,2125}{3.28295} = 0.064$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.15)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 349,6089A$ no fim do trecho, em 95:

$$0,15 \cdot 315,595 \leq I_{pickupN} < 349,6089$$

$$47.33925 \leq I_{pickupN} < 349,6089$$

$$I_{pickupN}[A] = 48A$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 48A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 91, dada por $I_{cc}^{FT} = 2385,891A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_N}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.16)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2385,891}{48} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1.72296 \cdot TDS_N$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1.72296}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

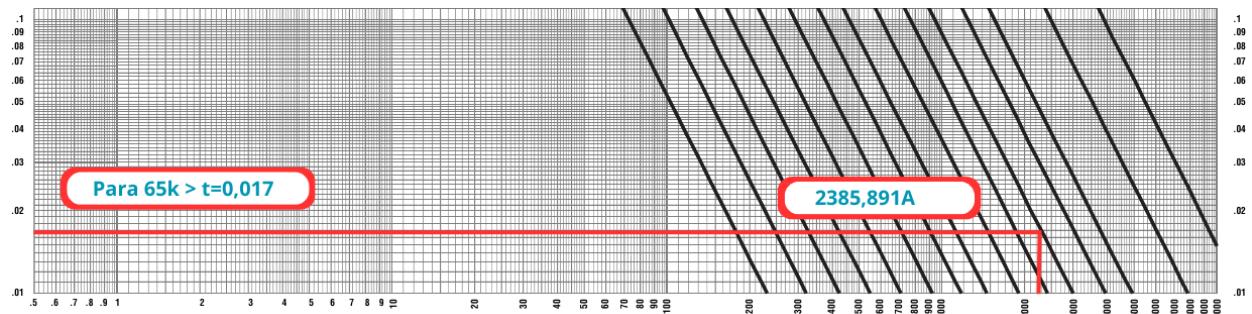


Figura 28 – Tempo de operação fusíveis - 65k.

Assim sendo,

$$t = 0,017 + 0,2 = 0.217s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1.72296}$$

$$TDS_N = \frac{0,217}{1.72296} = 0.1259$$

2.15 Área 15: Coordenação Religador - Fusíveis(64-65)/(91-96)

2.15.1 Dimensionamento do Fusível protetor (91-96):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[91 - 96] = 71,12298$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 380,0246$.

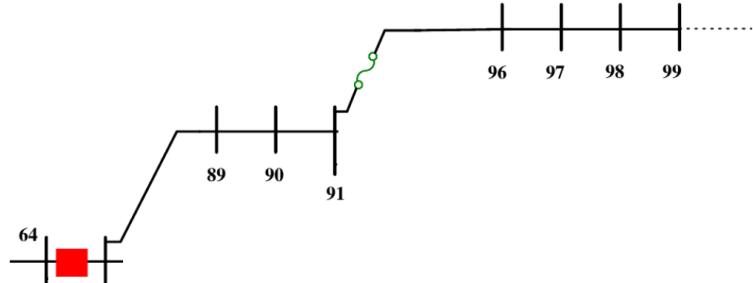


Figura 29 – Área 15 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação 2.38, logo:

$$1,1 \cdot 71,12298 \leq I_{elo} < \frac{380,0246}{4}$$

$$78,2352 \leq I_{elo} < 95,0985$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, o fusível possível para este caso é o de 80k.

2.15.2 Dimensionamento do Religador (64-65)

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[64 - 65] = 315,595$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 1673,315$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \quad (2.17)$$

$$1,1 \cdot 315,595 \leq I_{pickupF} < \frac{1673,315}{1}$$

$$347.15450 \leq I_{pickupF} < 1673,315$$

$$I_{pickupF}[A] = 348A$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 348A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 91, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 2807,975A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2807,975}{348} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{3.28295}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

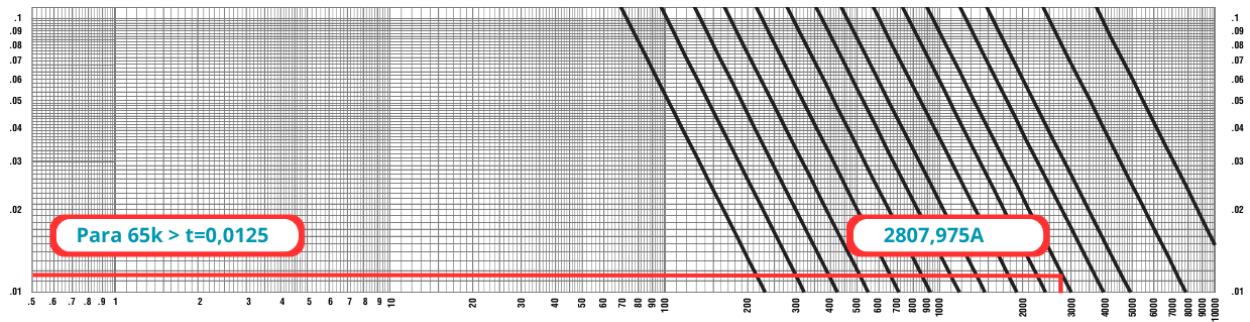


Figura 30 – Tempo de operação fusíveis - 80k.

Assim sendo,

$$t = 0,019 + 0,2 = 0,219s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{3,28295}$$

$$TDS_F = \frac{0,219}{3,28295} = 0,0667$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.18)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 359,7017A$ no fim do trecho, em 99:

$$0,15 \cdot 315,595 \leq I_{pickupN} < 359,7017$$

$$47,33925 \leq I_{pickupN} < 359,7017$$

$$I_{pickupN}[A] = 48A$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 48A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 91, dada por $I_{cc}^{FT} = 2385,891A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_N}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.19)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2385,891}{48} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,72296 \cdot TDS_N$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,72296}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

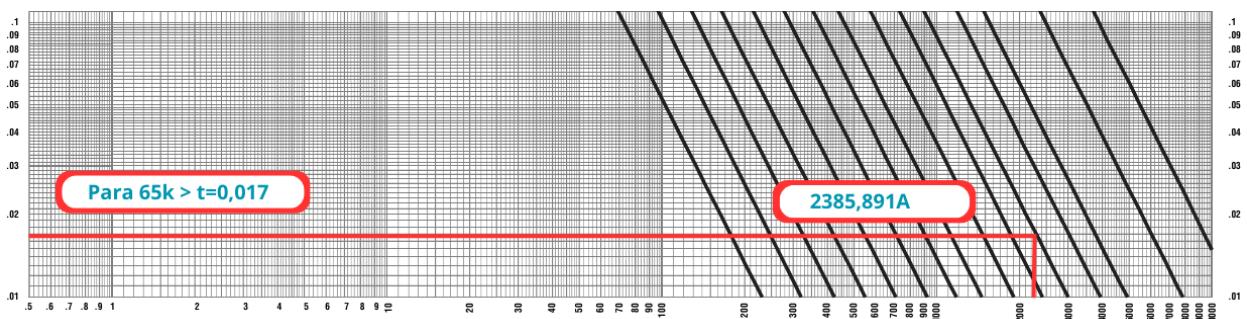


Figura 31 – Tempo de operação fusíveis - 80k.

Assim sendo,

$$t = 0,027 + 0,2 = 0,227s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,72296}$$

$$TDS_N = \frac{0,227}{1,72296} = 0,1317$$

2.16 Área 16: Coordenação Relé - Religador (01-63)/(64-65)

Para todos os tempos obtidos dos pares Religador/Fusível para o Religador (64-65), o maior TDS foi da par *Religador - Fusíveis (64-65)/(91-96)*, $TDS = 0,0667$, que corresponde ao tempo de 0,212 para a fase. já para o neutro o maior TDS foi o par *Religador - Fusíveis (64-65)/(91-96)*, $TDS = 0,1317$, que resultou em um tempo de 0,227. a partir desses valores podemos dimensionar o Relé.

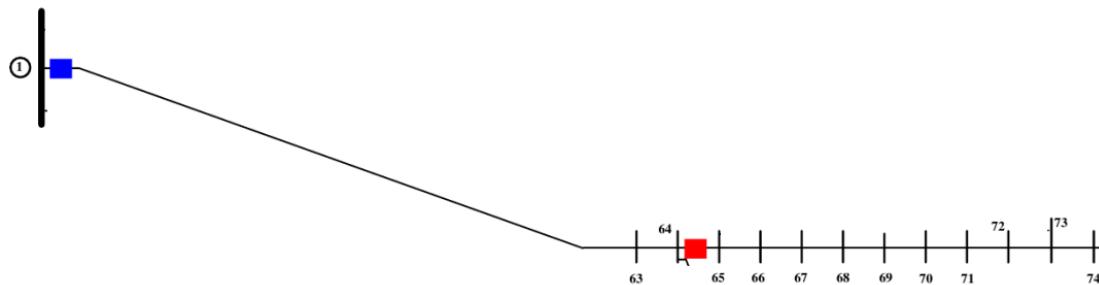


Figura 32 – Área 16 - Zona de proteção.

2.16.1 Dimensionamento do Relé (01-63)

A partir do fluxo de carga, $I_c(01 - 63) = 506,0825A$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, neste caso em 74, então, $I_{cc2F}(74) = 1127,873A$.

Aplicando os valores acima na equação para determinação do intervalo do relé, temos:

$$1,1 \cdot I_c \leq I_{relF} < I_{cc}^{FF} \quad (2.20)$$

Logo:

$$1,1 \cdot 506,0825 \leq I_{relF} < 1127,873 \quad (2.21)$$

$$556,96075 \leq I_{relF} < 1127,873 \quad (2.22)$$

Dessa forma é possível obter a corrente de ajuste, neste caso sendo a menor corrente do intervalo de do relé, portanto, $I_{aj} \approx 557$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente

de curto que pode percorrer tanto o relé, quanto o religador, neste caso, a corrente trifásica em 64, dada por $I_{cc3F} = 6549,084A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_F}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajF}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.23)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_F}{\left[\left(\frac{6549,084}{557} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 2,77089 \cdot TDS_F$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,77089}$$

Sabemos que o tempo de operação do Religador é de 0,212, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,212 + 0,2 = 0,412$. Portanto:

$$TDS_F = \frac{0,412}{2,77089} = 0,148688$$

Para o neutro, temos:

$$0,15 \cdot I_c \leq I_{relN} < I_{cc}^{FTmin} \quad (2.24)$$

Considerando $I_{ccFTmin} = 327,1341A$ no fim do trecho, em 74:

$$0,15 \cdot 506,0825 \leq I_{relN} < 327,1341 \quad (2.25)$$

$$75,9123 \leq I_{relF} < 327,1341 \quad (2.26)$$

Assim como na análise de fase, podemos encontrar a corrente de ajuste, para esse caso, sendo a menor corrente do intervalo do relé, portanto, $I_{aj} = 76A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé quanto o religador, neste caso, a corrente monofásica em 64, dada por $I_{FT} = 5627,563A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_N}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.27)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS_N}{\left[\left(\frac{5627,563}{76} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,55713 \cdot TDS_N$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,55713}$$

Sabemos que o tempo de operação do Religador para falta no neutro é de 0,227, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,227 + 0,2 = 0,427$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,427}{1,55713} = 0,274222$$

2.17 Área 17: Coordenação Religador - Fusível (64-78)/(79-80)

2.17.1 Dimensionamento do Fusível protetor (79-80):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[79 - 80] = 84,12503$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 362,3778$.

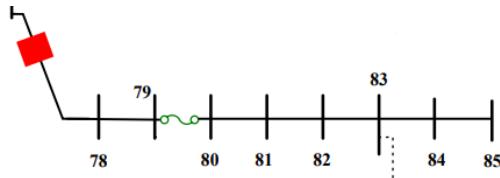


Figura 33 – Área 17 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4} \quad (2.28)$$

Logo

$$\begin{aligned} 1,1 \cdot 84,12503 &\leq I_{elo} < \frac{362,3778}{4} \\ 92,53755 &\leq I_{elo} < 90,5944 \end{aligned}$$

Dado que uma margem pode ser dada para o fusível, em torno de 50% a mais de sua capacidade, então o fusível escolhido foi o de 80k. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo religador e fusível, o fusível de 80k é o único que se enquadra para a possível coordenação.

2.17.2 Dimensionamento do Religador (64-78):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[64 - 78] = 149,3455$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 1747,564$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \quad (2.29)$$

$$1,1 \cdot 149,3455 \leq I_{pickupF} < \frac{1747,564}{1}$$

$$164,2800 \leq I_{pickupF} < 1747,56$$

$$I_{pickupF}[A] = 165$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 165A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 79, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 3674,74A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{3674,74}{165} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,18639}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

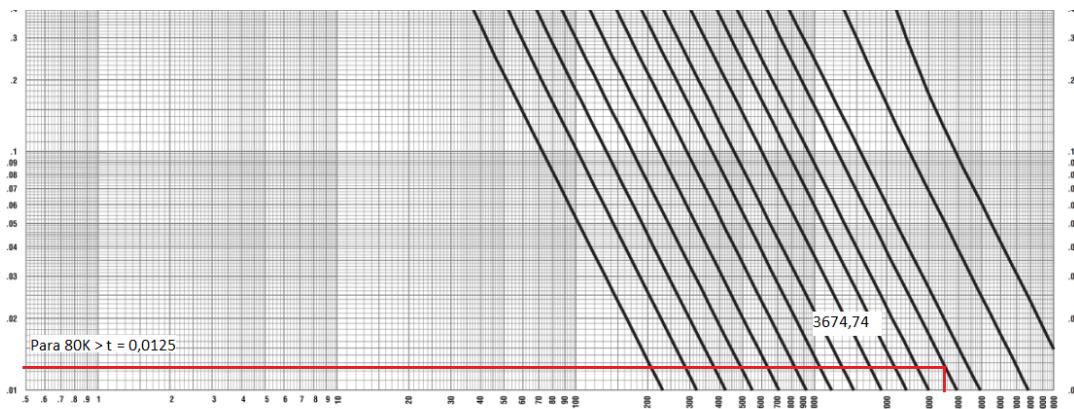


Figura 34 – Tempo de operação fusíveis - 80k.

Assim sendo,

$$t = 0,0125 + 0,2 = 0,2125s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,18639}$$

$$TDS_F = \frac{0,2125}{2,18639} = 0,0971$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.30)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 362,3778A$ no fim do trecho, em 85:

$$0,15 \cdot 149,3455 \leq I_{pickupN} < 362,3778$$

$$22,4018 \leq I_{pickupN} < 362,3778$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 23 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 79, dada por $I_{cc}^{FT} = 2950,018 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.31)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2355,127}{14} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,37322 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,37322}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,018 + 0,2 = 0,38s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,37322}$$

$$TDS_N = \frac{0,38}{1,37322} = 0,027672$$

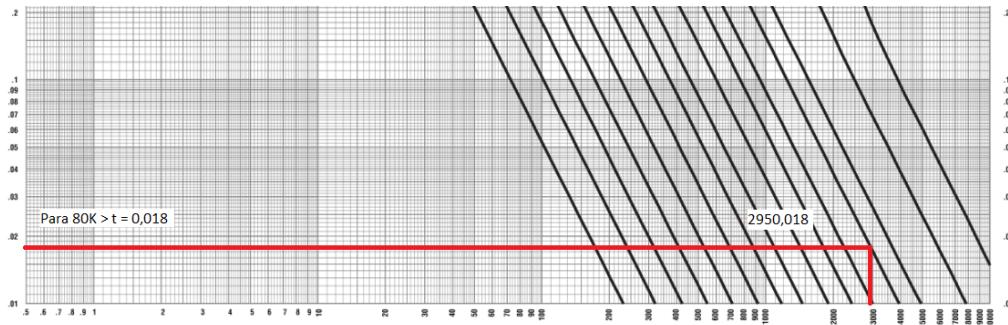


Figura 35 – Tempo de operação fusíveis - 80k.

2.18 Área 18: Coordenação Religador - Fusível (64-78)/(79-86)

2.18.1 Dimensionamento do Fusível protetor (79-86):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[79 - 80] = 29,5502$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 362,3778$.

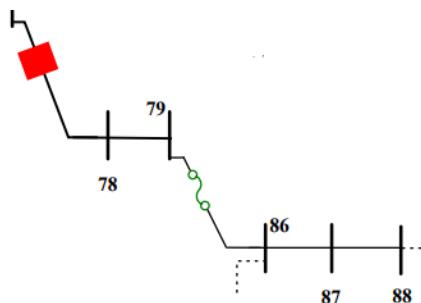


Figura 36 – Área 1 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4} \quad (2.32)$$

Logo

$$1,1 \cdot 29,5502 \leq I_{elo} < \frac{362,3778}{4}$$

$$32,5052 \leq I_{elo} < 90,5944$$

O fusível escolhido foi o de 80k.

Dimensionamento do Religador (64-78):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[11 - 18] = 149,3455$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 2047,261$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \quad (2.33)$$

$$\begin{aligned} 1,1 \cdot 149,3455 &\leq I_{pickupF} < \frac{2047,261}{1} \\ 164,2800 &\leq I_{pickupF} < 2047,261 \end{aligned}$$

$$I_{pickupF}[A] = 165$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 165A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 79, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 3674,74A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{3674,74}{165} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,18639}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0125 + 0,2 = 0,2125s$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,18639}$$

$$TDS_F = \frac{0,2125}{2,18639} = 0,0971$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.34)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 377,9999A$ no fim do trecho, em 85:

$$0,15 \cdot 149,3455 \leq I_{pickupN} < 377,9999$$

$$22,4018 \leq I_{pickupN} < 377,9999$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 23 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 79, dada por $I_{cc}^{FT} = 2950,018 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.35)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{2950,018}{23} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,37322 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,37322}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,018 + 0,2 = 0,38s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,37322}$$

$$TDS_N = \frac{0,38}{1,37322} = 0,027672$$

2.19 Área 19: Coordenação Relé - Religador (01-63)/(64-78)

De todos os TDS obtidos nos pares em si, o maior TDS foi da área 17, 0,0971, que corresponde ao tempo de 0,2125 para a fase. Para o neutro o maior foi o da área 17 que resultou em 0,027672 com um tempo de 0,38. Neste caso:

2.19.1 Dimensionamento do Relé (1-100):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[1 - 100] = 506,0825$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, neste caso em 79, então, $I_{cc}^{FF}(A) = 3182,418$.

A equação para determinação do intervalo relé é dada por:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{rele} < I_{cc}^{FF}$$

$$1,1 \cdot 506,0825 \leq I_{rele} < 3182,418$$

$$556,6907 \leq I_{rele} < 3182,418$$

$$I_{rele}[A] = 557$$

Com isto, a corrente de ajuste já pode ser definida, neste caso sendo a menor corrente do intervalo de do relé, aproximadamente, $I_{aj} = 557$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé, quanto o religador, neste caso, a corrente trifásica em 64, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 6549,084A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{6549,084}{557} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,7708}$$

Dado o tempo da área 17, 0,2125, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,2125 + 0,2 = 0,4125$. Portanto:

$$\begin{aligned} TDS_F &= \frac{0,4125}{2,7708} \\ TDS_F &= 0,1488 \end{aligned}$$

Corrente de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{rele_N} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.36)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 395,0493A$ no fim do trecho, em 79:

$$0,15 \cdot 395,0493 \leq I_{rele_N} < 375,0493$$

$$75,9123 \leq I_{rele_N} < 375,0493$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 76 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé quanto o religador, neste caso, a

corrente monofásica na barra 64, dada por $I_{cc}^{FT} = 5627,563$ A. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.37)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{5627,563}{76} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,5571 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,5571}$$

Dado o tempo da área 17, 0,38, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t_{op} = 0,38 + 0,2 = 0,58$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,58}{1,5571} = 0,3724$$

2.20 Área 20: Coordenação Religador - Fusível (100-101)/(110-112)

2.20.1 Dimensionamento do Fusível protetor (110-112):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[110 - 112] = 25,54358$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 346,191$.

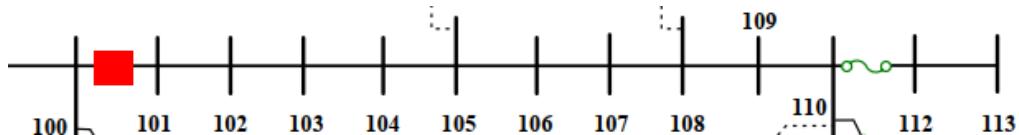


Figura 37 – Área 20 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{elo} < \frac{I_{cc}^{FT_{min}}}{4} \quad (2.38)$$

Logo

$$1,1 \cdot 25,54358 \leq I_{elo} < \frac{346,191}{4}$$

$$28,0979 \leq I_{elo} < 86,54775$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 20k ,25k, 30k, 40k, 50k, 65k, 80k. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto

que poderá passar pelo religador e fusível, neste caso em 110 que é de 1944,54 A, resulta na extração das áreas de MMT dos fusíveis de 20k, 25k, 30k, 40k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 50k para ser possível a coordenação.

2.20.2 Dimensionamento do Religador (100-101):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[100 - 101] = 318,2615$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 1479,31$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$\begin{aligned} F_c \cdot I_c &\leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS} \\ 1,1 \cdot 318,2615 &\leq I_{pickupF} < \frac{1479,31}{1} \\ 350,0876 &\leq I_{pickupF} < 1479,31 \\ I_{pickupF}[A] &= 350,1 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 350,1$ A. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 110, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 1944,54$ A. Aplicando estes dados a inversa:

$$\begin{aligned} t_{op} &= \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1944,54}{350,1} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ TDS_F &= \frac{t_{op}}{4,0130} \end{aligned}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,0147 + 0,2 = 0,2147s$$

Logo:

$$\begin{aligned} TDS_F &= \frac{t_{op}}{4,0130} \\ TDS_F &= \frac{0,2147}{4,0130} = 0,0535 \end{aligned}$$

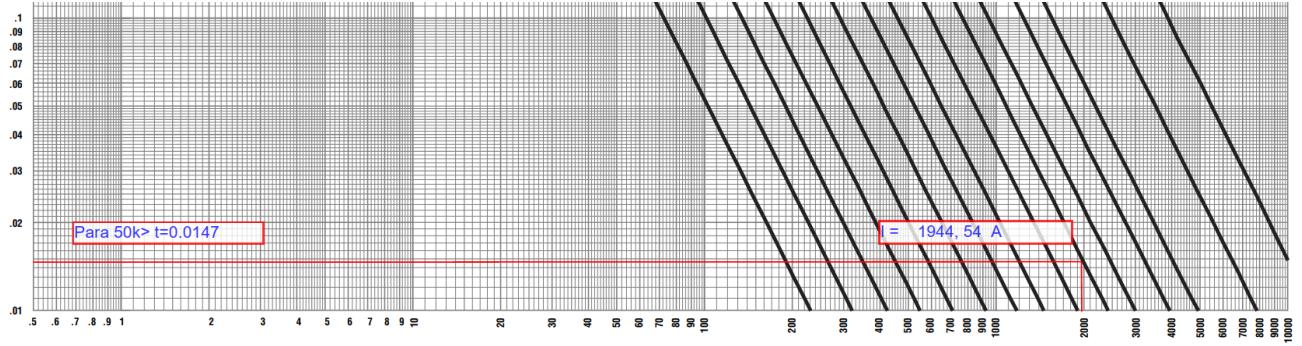


Figura 38 – Tempo de operação fusíveis - 50k.

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.39)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 346,191\text{A}$ no fim do trecho, em 113:

$$\begin{aligned} 0,15 \cdot 318,2615 &\leq I_{pickupN} < 346,191 \\ 47,7392 &\leq I_{pickupN} < 346,191 \end{aligned}$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 47,8\text{ A}$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 110, dada por $I_{cc}^{FT} = 1683,298\text{ A}$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.40)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1683,298}{47,8} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,8963 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,8963}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

Assim sendo,

$$t = 0,02 + 0,2 = 0,22s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,8963}$$

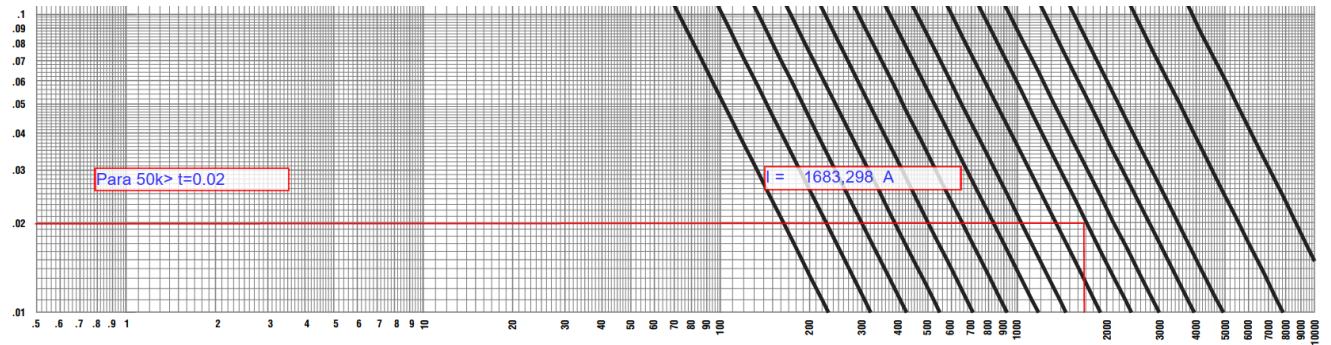


Figura 39 – Tempo de operação fusíveis - 50k.

$$TDS_N = \frac{0,22}{1,8963} = 0,11601$$

2.21 Área 21: Coordenação Religador - Fusível (100-101)/(110-111)

2.21.1 Dimensionamento do Fusível protetor (110-111):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[110 - 111] = 74,47685$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 350,2073$.

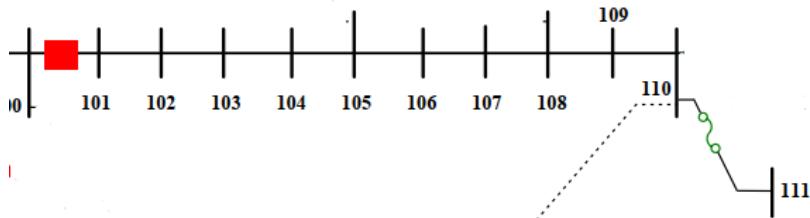


Figura 40 – Área 21 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$1,1 \cdot 74,47685 \leq I_{elo} < \frac{350,2073}{4}$$

$$81,9245 \leq I_{elo} < 87,5518$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os 65k e 80k. Para esta corrente, o fusível de 65k foi escolhido para ser possível a coordenação.

2.21.2 Dimensionamento do Religador (100-101):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[100 - 101] = 318,2615$. Além disso, é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho $I_{cc}^{FF}(A) = 1563,744$.

A equação para determinação do intervalo do religador (Pickup) é dada por:

Corrente de Pickup de Fase:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{pickupF} < \frac{I_{cc}^{FF}}{FS}$$

$$1,1 \cdot 318,2615 \leq I_{pickupF} < \frac{1563,744}{1}$$

$$350,0876 \leq I_{pickupF} < 1563,744$$

$$I_{pickupF}[A] = 350,1$$

A corrente de ajuste escolhida foi de $I_{ajF} = 350,1\text{A}$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica na barra 110, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 1944,54\text{A}$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1944,54}{350,1} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{4,0130}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

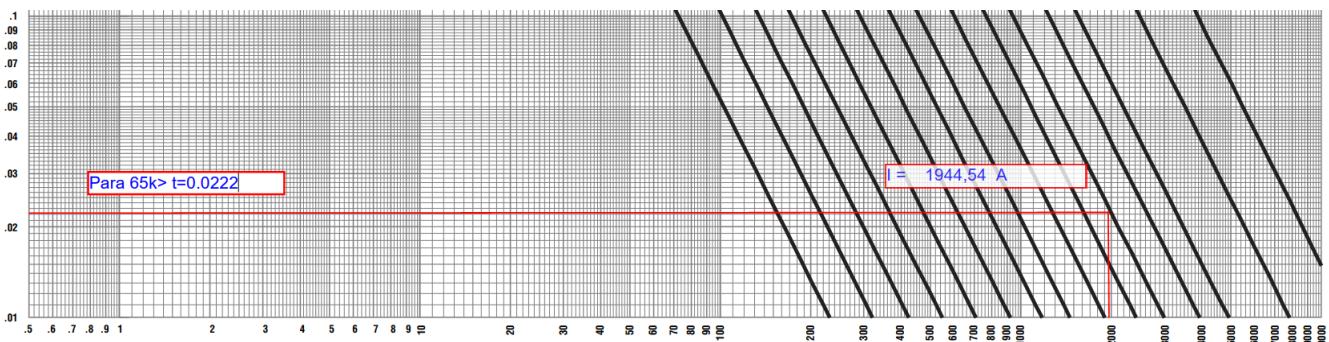


Figura 41 – Tempo de operação fusíveis - 65k.

Assim sendo,

$$t = 0,0222 + 0,2 = 0,2222\text{s}$$

Logo:

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{4,0130}$$

$$TDS_F = \frac{0,2222}{4,0130} = 0,05537$$

Corrente de Pickup de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{pickupN} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.41)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 350,2073A$ no fim do trecho, em 111:

$$0,15 \cdot 318,2615 \leq I_{pickupN} < 350,2073$$

$$47,7392 \leq I_{pickupN} < 350,2073$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 47,8 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o religador quanto o fusível, neste caso, a corrente monofásica na barra 110, dada por $I_{cc}^{FT} = 1683,298 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.42)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{1683,298}{47,8} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,8963 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,8963}$$

Para obter t_{op} , deve-se verificar em quanto tempo o fusível a montante responde a corrente máxima trifásica em sua curva mínima (Quando o mesmo pode começar a fundir, MMT). Como critério de coordenação, deve-se somar 0,2 segundos a este tempo e, então, obter o TDS da dupla a se coordenar. Neste caso:

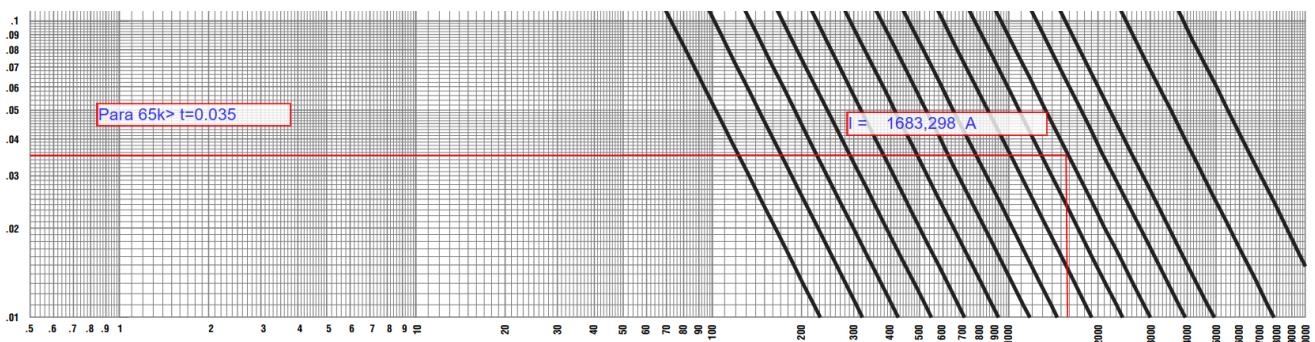


Figura 42 – Tempo de operação fusíveis - 65k.

Assim sendo,

$$t = 0,035 + 0,2 = 0,235s$$

Logo:

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,8963}$$

$$TDS_N = \frac{0,235}{1,8963} = 0,1239$$

2.22 Área 22: Coordenação Relé - Fusível (1-100)/(100-114)

2.22.1 Dimensionamento do Fusível protetor (100-114):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[100 - 114] = 34,3468$. A corrente de curto fase-terra mínimo é definida por: $I_{cc}^{FT_{min}}(A) = 363,5376$.

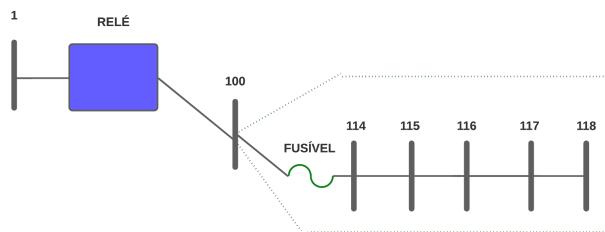


Figura 43 – Área 22 - Zona de proteção.

O intervalo do fusível é dado pela equação [2.1]:

$$1,1 \cdot 34,3468 \leq I_{elo} < \frac{363,5376}{4}$$

$$37,78148 \leq I_{elo} < 90,884$$

Através da tabela de fusíveis preferenciais, os fusíveis possíveis para este caso são os de 30k, 40k, 50k, 65k, 80k. Importante destacar que, pelo nível máximo de curto que poderá passar pelo relé e fusível, neste caso em 100 que é de 8574,865 A, resulta na extração das áreas de MMT dos fusíveis de 30k, 40k, 50k, 50k, 65k, e 80k. Para esta corrente, seria necessário um fusível de 200k para ser possível a coordenação.

Na situação de não haver qualquer possibilidade de aumento do fusível considerando os níveis de curto-circuito, fica evidente que neste par não pode haver coordenação, apenas seletividade.

2.22.2 Dimensionamento do Relé (1-100):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[1 - 100] = 358,3243$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásico no fim do trecho, neste caso em 118, então, $I_{cc}^{FF}(A) = 1799,03$.

A equação para determinação do intervalo relé é dada por:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{rele} < I_{cc}^{FF}$$

$$1,1 \cdot 358,3243 \leq I_{rele} < 1799,03$$

$$394,1567 \leq I_{rele} < 1799,03$$

$$I_{rele}[A] = 394,1567$$

Com isto, a corrente de ajuste já pode ser definida, neste caso sendo a menor corrente do intervalo do relé, portanto, $I_{aj} = 394,1567$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé, quanto o fusível, neste caso, a corrente trifásica em 100, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 8574,865A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8574,865}{394,1567} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS = \frac{t_{op}}{2,2035}$$

Note que, nos dois casos (Fase e neutro), este par não pode ser coordenado. Existe apenas seletividade.

2.23 Área 23: Coordenação Relé - Religador (1-100)/(100-101)

De todos os TDS obtidos nos pares em si, o maior TDS foi da área 21, 0,05537, que corresponde ao tempo de 0,2222 para a fase. Para o neutro o maior foi o da área 21 que resultou em 0,1239 com um tempo de 0,235. Neste caso:

2.23.1 Dimensionamento do Relé (1-100):

Pelo fluxo de carga, $I_{nominal}(A)[1 - 100] = 358,3243$. Além disso, como é necessária a corrente de curto bifásica no fim do trecho, neste caso em 113, então, $I_{cc}^{FF}(A) = 1479,31$.

A equação para determinação do intervalo relé é dada por:

$$F_c \cdot I_c \leq I_{rele} < I_{cc}^{FF}$$

$$1,1 \cdot 358,3243 \leq I_{rele} < 1479,31$$

$$394,1567 \leq I_{rele} < 1479,31$$

$$I_{rele}[A] = 394,1567$$

Com isto, a corrente de ajuste já pode ser definida, neste caso sendo a menor corrente do intervalo de do relé, portanto, $I_{aj} = 394,1567$. Além disto, pode-se também definir a máxima

corrente de curto que pode percorrer tanto o relé, quanto o religador, neste caso, a corrente trifásica em 100, dada por $I_{cc}^{3\phi} = 8574,865A$. Aplicando estes dados a inversa:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8574,865}{394,1567} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$TDS_F = \frac{t_{op}}{2,2035}$$

Dado o tempo da área X, 0,22219, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t = 0,2222 + 0,2 = 0,4222$. Portanto:

$$\begin{aligned} TDS_F &= \frac{0,4222}{2,2035} \\ TDS_F &= 0,1916 \end{aligned}$$

Corrente de Neutro:

$$I_{desbalanco} \leq I_{rele_N} < I_{cc}^{FT_{min}} \quad (2.43)$$

Então, utilizando a corrente de desbalanço de 15% e considerando $I_{cc}^{FT_{min}} = 346,191A$ no fim do trecho, em 113:

$$0,15 \cdot 358,3243 \leq I_{rele_N} < 346,191$$

$$53,7486 \leq I_{rele_N} < 346,191$$

A corrente de ajuste definida foi de $I_{ajN} = 53,8 A$. Além disto, pode-se também definir a máxima corrente de curto que pode percorrer tanto o relé quanto o religador, neste caso, a corrente monofásica na barra 100, dada por $I_{cc}^{FT} = 8378,177 A$. Utilizando a curva IEC do tipo inversa, temos:

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{I_{op}}{I_{ajN}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \quad (2.44)$$

$$t_{op} = \frac{0,14 \cdot TDS}{\left[\left(\frac{8378,177}{53,8} \right)^{0,02} - 1 \right]} = 1,3178 \cdot TDS$$

$$TDS_N = \frac{t_{op}}{1,3178}$$

Dado o tempo da área 21, 0,235, como é necessário que a curva de retaguarda do relé tenha uma diferença para a curva do religador de 0,2 então, $t_{op} = 0,235 + 0,2 = 0,435$. Portanto:

$$TDS_N = \frac{0,435}{1,3178} = 0,33009$$

3 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de proteção para o Sistema de Distribuição que contribuiu significativamente para a compreensão da importância da definição das filosofias de proteção. A decisão de quantos equipamentos serão necessários para proteger uma mesma zona e se os religadores/relés tentarão evitar que os fusíveis atuem depende da filosofia escolhida. Neste caso, foi decidido que cada zona seria protegida por no máximo dois equipamentos, garantindo a segurança do sistema sem comprometer a eficácia. Foi realizada a coordenação entre fusíveis-fusíveis, relés-fusíveis e relés-fusíveis, utilizando a curva IEC Inversa. Constata-se que é importante fazer um estudo de curto-círcuito para garantir a segurança e confiabilidade do sistema elétrico. O estudo permite identificar e avaliar os possíveis efeitos causados por falhas elétricas, como curtos-circuitos, e determinar as correntes e tensões que podem ser geradas nessas situações. Com base nessas informações, é possível selecionar os dispositivos de proteção adequados, definir a coordenação entre eles e dimensionar corretamente os equipamentos elétricos para suportar as condições de operação do sistema. Além disso, o estudo de curto-círcuito ajuda a prever e evitar possíveis danos aos equipamentos e interrupções no fornecimento de energia elétrica. Em resumo, o estudo de curto-círcuito é uma etapa fundamental no projeto e operação segura de sistemas elétricos.

4 REFERÊNCIA

VIEIRA, Andrey Ramos. UFPA – IIEC -FEEB. **Proteção De Redes De Distribuição De Energia Elétrica.** Belém, 2022.