

CARIMBO DA ITAIPU BINACIONAL			
X	APROVADO	RESPONSÁVEIS	
	APROVADO COM COMENTÁRIOS	oscare/ronaldca	rodricha/jrsilva
	NÃO APROVADO		
	CANCELADO		
	INFORMATIVO		
	APTO PARA ASSINATURA	NO CASO DE DOCUMENTO DE CONTRATO, A APROVAÇÃO NÃO ISENTA A CONTRATADA DE SUA TOTAL RESPONSABILIDADE PELO CUMPRIMENTO DE SUAS OBRIGAÇÕES CONTRATUAIS.	
DATA		21/08/2025	

	DOCUMENTO EMITIDO SOMENTE EM FORMATO DIGITAL CONFIRMAR AUTENTICIDADE PELO SISTEMA DO ARQUIVO TÉCNICO DA ITAIPU BINACIONAL
---	---

Nº	DESCRIÇÃO	REVISOR(ES)	APROVAÇÃO	DATA

REVISÕES

					
EMIÇÃO INICIAL		<p>ÁREA GERAL DO PROJETO (ME)</p> <p>INSTALAÇÃO ELÉTRICA</p> <p>ESPAÇO SAÚDE DA DIRETORIA TÉCNICA</p> <p>DIMENSIONAMENTO DE CONDUCTORES E PROTEÇÕES</p> <p>MEMÓRIA DE CÁLCULO</p>			
EMISORA					
					
ISC SRL					
4500064409-21					
PROJETO/AUTORIA		MEMÓRIA DE CÁLCULO			
FÉLIX AMARILLA					
VERIFICAÇÃO					
HERMINIA BÁEZ					
APROVAÇÃO					
GUILLERMO LÓPEZ FLORES					
DATA	CONTROLE DE EMISORA	FORMATO	CÓDIGO DE ITAIPU	PÁGINA	REVISÃO
09/09/2024	-	A4	3832-10-J7890-P	1	R0

ÍNDICE

1	OBJETIVO	4
2	INTRODUÇÃO	4
3	CRITÉRIOS GERAIS DE CÁLCULO	4
3.1	CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES	5
3.1.1	Para condutores de energia e tomadas, as seguintes características:	5
3.1.2	As seguintes características são atribuídas aos condutores para circuitos de iluminação: ...	5
4	SEÇÃO MÍNIMA DOS CONDUTORES.....	8
5	CORRENTE MÁXIMA PERMITIDA	9
5.1	TEMPERATURA AMBIENTE	9
5.2	TIPO DE INSTALAÇÃO.....	10
5.3	AGRUPAMENTO DE CONDUTORES	11
6	MÁXIMA QUEDA DE TENSÃO PERMITIDA.....	13
6.1	QUEDA MÁXIMA DE TENSÃO NOS SISTEMAS.....	13
6.2	CRITÉRIO DE QUEDA DE TENSÃO	13
7	MÁXIMA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO PERMITIDA	14
7.1	CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO EM CONDUTORES	14
8	COORDENAÇÃO DE PROTEÇÕES E DE CONDUTORES.	16
8.1	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	16
8.2	PROTEÇÃO CONTRA CORRENTES DE SOBRECARGA	16
8.2.1	Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção contra sobrecarga	16
8.2.1.1	Critério de coordenação.....	16
8.3	PROTEÇÃO CONTRA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO	17
8.3.1	Condição 1.....	17
8.3.2	Condição 2.....	17
8.3.3	Condição 3.....	17
9	CORRENTES E POTÊNCIAS NOMINAIS	18
9.1	CÁLCULO DA CORRENTE NOMINAL	18
10	DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS E CALHAS.....	19
10.1	DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS	19
11	REFERÊNCIAS	22
12	PARA DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E PROTEÇÕES, VEJA ANEXO 1	23
13	PARA DIMENSIONAMENTO DE DUTOS, VEJA ANEXO 2	23

14	RESUMO DOS RESULTADOS	23
	ANEXO 1	26
	ANEXO 2	27

EDIFÍCIO ESPAÇO SAÚDE DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E PROTEÇÕES MEMÓRIA DE CÁLCULO

1 OBJETIVO

O objetivo deste documento é dimensionar os dispositivos de proteção e condutores para os circuitos de corrente alternada que alimentam os diversos equipamentos encontrados no **EDIFÍCIO ESPAÇO SAÚDE**.

2 INTRODUÇÃO

Para a correta definição da seleção dos condutores, é necessário considerar os seguintes parâmetros elétricos da rede e dos circuitos:

- Tensão nominal [V];
- Potência Nominal [W];
- Intensidade de corrente a ser transportada [A];
- N° de polos [1ϕ ; 2ϕ o 3ϕ];
- Fator de potência [$\cos \phi$];
- Queda de tensão permitida no circuito [$\%V$];
- Comprimento do circuito [m];
- Tipo de instalação;
- Temperatura ambiente [$^{\circ}C$];
- Nível de curto-circuito [kA].

3 CRITÉRIOS GERAIS DE CÁLCULO

Os critérios utilizados para dimensionamento de proteções e condutores em circuitos e alimentadores de sistemas de distribuição de corrente alternada são os seguintes:

- Seção mínima dos condutores.
- Corrente máxima admissível pelo condutor, ajustada às condições de instalação e à temperatura ambiente determinada.
- Queda de tensão máxima permitida em alimentadores e circuitos, em regime permanente e regime transitório.
- Corrente máxima admissível pelo condutor em situação de curto-circuito, nas condições de instalação, temperatura de trabalho e tempo de atuação da proteção.

Uma vez realizado o dimensionamento de acordo com esses critérios, adota-se como seção o maior dos dois valores, para atender a ambos os requisitos.

3.1 CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES

3.1.1 Para condutores de energia e tomadas, as seguintes características:

- Formação, unipolares, sem blindagem.
- Material condutor, cobre eletrolítico.
- Material isolante termoestável XLPE ou EPR.
- Material da capa protetora, composto termoplástico de PVC.
- Temperatura para regime operacional permanente 90 °C.
- Temperatura de sobrecarga 150 °C
- Temperatura transitória máxima sob efeitos termodinâmicos 250 °C para ($t \leq 5$ s).
- Isolamento 0,6/1k V, Classe 5.

3.1.2 As seguintes características são atribuídas aos condutores para circuitos de iluminação:

- Formação, unipolar ou multipolar, sem blindagem.
- Material condutor, cobre eletrolítico.
- Material de cobertura protetora e isolante, composto termoplástico de PVC.
- Temperatura para regime operacional permanente 70 °C.
- Temperatura de sobrecarga 110 °C.
- Temperatura transitória máxima sob efeitos termodinâmicos 160 °C para ($t \leq 5$ s).
- Isolamento 450/750V, Classe 5.

EPR

Tensão nominal: 0,6/1kV

Temperatura máxima en el conductor: 90°C en servicio permanente, 250°C en cortocircuito

Material de aislamiento: Mezcla de polietileno reticulado (EPR), tipo DIX3 según HD 603-1.

Temperatura ambiente: 30°C para instalación no enterrada y 20°C para instalación enterrada.

Seções nominais mm2	A1		A2		B1		B2		C			D		Rcc a 20°C [ohm/km]	Rca		XL	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	50Hz [ohm/km]		60Hz [ohm/km]	50Hz [ohm/km]	60Hz [ohm/km]	
Cobre																		
0.5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12	-	-	-	-	-	
0.75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15	-	-	-	-	-	
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17	18.1	-	-	-	-	
1.5	19	17	18.5	16.5	23	20	22	19.5	24	22	26	22	12.1	15.4	15.4	0.141	0.169	
2.5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29	7.41	9.45	9.45	0.13	0.156	
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37	4.61	5.88	5.88	0.12	0.144	
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46	3.08	3.93	3.93	0.113	0.135	
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61	1.83	2.33	2.33	0.107	0.128	
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79	1.15	1.47	1.47	0.0993	0.119	
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101	0.73	0.927	0.927	0.0955	0.115	
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122	0.52	0.668	0.669	0.0911	0.109	
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144	0.39	0.494	0.494	0.0883	0.106	
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178	0.268	0.342	0.343	0.0858	0.103	
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211	0.19	0.247	0.247	0.0833	0.0999	
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240	0.15	0.196	0.197	0.0817	0.098	
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271	0.12	0.159	0.16	0.0814	0.0976	
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304	0.099	0.128	0.129	0.0807	0.0969	
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351	0.075	0.0983	0.0992	0.0792	0.095	
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396	0.06	0.0793	0.0805	0.0782	0.0939	
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464	0.047	0.0634	0.0648	0.0776	0.0931	
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525	0.037	0.051	0.0528	0.077	0.0924	
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596	0.028	0.0417	0.0438	0.0751	0.0901	
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679	0.022	0.035	0.0373	0.0741	0.089	
1 000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767	0.018	0.0304	0.0328	0.0735	0.0882	

PVC

Tensão nominal: 0,6/1kV

Temperatura máxima en el conductor: 70°C en servicio permanente, 160°C en cortocircuito

Material de aislamiento: Mezcla de policloruro de vinilo (PVC)

Temperatura ambiente: 30°C para instalación no enterrada y 20°C para instalación enterrada.

Seções nominais mm²	A1		A2		B1			B2			C			D			Rcc a 20°C [ohm/km]	Rca		XL	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	50Hz [ohm/km]	60Hz [ohm/km]		50Hz [ohm/km]	60Hz [ohm/km]		
Cobre																					
0.5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10			-	-	-	-			
0.75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12			-	-	-	-			
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15			18.1	-	-	-			
1.5	14.5	13.5	14	13	17.5	15.5	16.5	15	19.5	17.5	22	18			12.1	15.4	15.4	0.141	0.169		
2.5	19.5	18	18.5	17.5	24	21	23	20	27	24	29	24			7.41	9.45	9.45	0.13	0.156		
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31			4.61	5.88	5.88	0.12	0.144		
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39			3.08	3.93	3.93	0.113	0.135		
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52			1.83	2.33	2.33	0.107	0.128		
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67			1.15	1.47	1.47	0.0993	0.119		
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86			0.73	0.927	0.927	0.0955	0.115		
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103			0.52	0.668	0.669	0.0911	0.109		
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122			0.39	0.494	0.494	0.0883	0.106		
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151			0.268	0.342	0.343	0.0858	0.103		
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179			0.19	0.247	0.247	0.0833	0.0999		
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203			0.15	0.196	0.197	0.0817	0.098		
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230			0.12	0.159	0.16	0.0814	0.0976		
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258			0.099	0.128	0.129	0.0807	0.0969		
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297			0.075	0.0983	0.0992	0.0792	0.095		
300	367	328	334	298	°	426	401	358	530	464	408	336			0.06	0.0793	0.0805	0.0782	0.0939		
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394			0.047	0.0634	0.0648	0.0776	0.0931		
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445			0.037	0.051	0.0528	0.077	0.0924		
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506			0.028	0.0417	0.0438	0.0751	0.0901		
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577			0.022	0.035	0.0373	0.0741	0.089		
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652			0.018	0.0304	0.0328	0.0735	0.0882		

4 SEÇÃO MÍNIMA DOS CONDUCTORES

Conforme a norma NBR 5410, são estabelecidas as seguintes seções mínimas:

- Para circuitos de iluminação - 1,5 mm².
- Para circuitos de força - 2,5 mm².
- Dimensionamento neutro, conforme tabela 48 da ABNT NBR 5410.

Tabela 48 — Seção reduzida do condutor neutro¹⁾

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
¹⁾ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.	

- Dimensionamento do condutor de proteção, conforme tabela 58 da ABNT NBR 5410.

Tabela 58 — Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

5 CORRENTE MÁXIMA PERMITIDA

A corrente máxima permitida é determinada para condutores da série métrica [mm^2], conforme as seguintes correções:

$$I_{cor} = Inc \cdot ft \cdot fa$$

Onde:

I_{cor}: Corrente máxima admissível pelo condutor para as condições de instalação [A];

Inc: Capacidade de corrente do condutor em regime permanente [A];

ft: Fator de correção da temperatura ambiente;

fa: Fator de correção para agrupamento de condutores.

5.1 TEMPERATURA AMBIENTE

O valor da temperatura ambiente a ser utilizado é a temperatura do meio circundante quando o condutor em questão não está carregado.

As classificações de corrente máxima permitidas para cabos no ar são baseadas em uma temperatura ambiente média de **30°C** para todos os tipos de instalações, exceto linhas enterradas, cuja capacidade é referenciada a uma temperatura de **20°C**.

Para outras temperaturas, o fator de correção *ft* é indicado na seguinte **Tabela 40** da **ABNT NBR 5410** para diferentes materiais de isolamento, tais como: **XLPE, PVC e EPR**.

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	—	0,65
70	—	0,58
75	—	0,50
80	—	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,60
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Atribuímos 36,5 °C como temperatura ambiente máxima para fins de cálculo. Como aproximação adotamos o valor de 35°C.

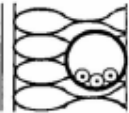
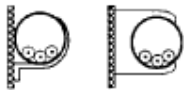
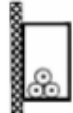
Considerando este critério, são estabelecidos os seguintes fatores de correção “*f_t*”

Cabos com material isolante **PVC** _____ 0,94
Cabos com material isolante **XLPE e EPR** _____ 0,96

5.2 TIPO DE INSTALAÇÃO

A **Tabela 33 ABNT NBR 5410** nos informa o tipo de instalação elétrica.

Tabela 33 — Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

No caso, o método de referência é o “B1” para o cálculo dos circuitos alimentados pelos Quadros TSG-01 e TSG-02, e o “B2” para o cálculo dos alimentadores dos referidos quadros.

5.3 AGRUPAMENTO DE CONDUCTORES

A Tabela 42 ABNT NBR 5410 nos indica os valores do fator de correção “*fa*” para diferentes configurações de condutores ou cabos não enterrados, grupos de mais de um circuito ou cabos multicores.

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

NOTAS

1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.

2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.

3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se

- à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
- à quantidade de cabos multipolares

que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).

4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:

- na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
- na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.

5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.

6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

As correntes máximas permitidas indicadas na tabela acima referem-se a circuitos simples constituídos pelo seguinte número de condutores sob carga:

Dois condutores isolados ou dois cabos unifilares, ou um cabo de dois fios (aplicável a circuitos monofásicos)

Três condutores isolados ou três cabos unifilares, ou um cabo trifásico (aplicável a circuitos trifásicos)

De acordo com as condições da instalação e como possível agrupamento de condutores é considerado como fator **$f_a = 0,8$** .

6 MÁXIMA QUEDA DE TENSÃO PERMITIDA

6.1 QUEDA MÁXIMA DE TENSÃO NOS SISTEMAS

Estabeleceremos o valor de referência para a queda de tensão nas instalações do **EDIFÍCIO ESPAÇO SAÚDE**:

Circuitos terminais para iluminação, aquecimento, tomadas e similares 4%.

Esta percentagem é devido a que a norma **ABNT NBR 5410** no numeral **6.2.7.2** estabelece que em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos poderá ser maior que **4%**.

6.2 CRITÉRIO DE QUEDA DE TENSÃO

De acordo com a **IEC 60364-5-52** em seu anexo **G**, as fórmulas mostradas abaixo podem ser aceitas para cabos de cobre até **35 mm²** e cabos de alumínio até **70 mm²**. Mas para seções iguais ou maiores é correto não ignorar o efeito da reatância,

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (\text{Monofásica sem reatância. } S \geq 35 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}, S \geq 70 \text{ mm}^2 \text{ (Al)})$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (\text{Trifásico sem reatância. } S \geq 35 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}, S \geq 70 \text{ mm}^2 \text{ (Al)}).$$

Também temos a opção de calcular a seção por queda de tensão em função da potência. Especialmente se não se sabe o $\cos \varphi$.

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U} \quad (\text{Monofásico sem reatância em função de } P. S \geq 35 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}, S \geq 70 \text{ mm}^2 \text{ (Al)}).$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U} \quad (\text{Trifásico sem reatância em função de } P. S \geq 35 \text{ mm}^2 \text{ (Cu)}, S \geq 70 \text{ mm}^2 \text{ (Al)}).$$

7 MÁXIMA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO PERMITIDA

Para determinar a capacidade de um condutor de um determinado circuito suportar uma situação de curto-circuito, são considerados os seguintes aspectos:

- O condutor deve suportar o curto-circuito em qualquer ponto do seu percurso;
- A temperatura do cabo no momento do curto-circuito é considerada a temperatura máxima de operação do cabo.

O tempo de interrupção da corrente de curto-circuito deve ser menor que o tempo necessário para que os materiais que compõem a instalação atinjam o limite de temperatura permitido.

7.1 CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO EM CONDUTORES

No caso de cabos, conforme a norma NBR 5410, para curtos-circuitos com duração máxima de cinco segundos, esta temperatura limite é atingida com uma combinação de intensidade e tempo que responde à seguinte expressão:

$$I_{cco}^2 \cdot t_{cc} = k^2 \cdot S^2 \cdot L_n \left(\frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} \right)$$

$$I_{cco}^2 \cdot t_{cc} = K^2 \cdot S^2$$

Onde:

I_{cco} : Corrente de curto-circuito simétrica em valor eficaz [A]

t_{cc} : Duração do curto-circuito, expressa em segundos

θ_i : Temperatura máxima admissível pelo condutor em regime permanente [°C]

θ_f : Temperatura máxima admissível ao condutor durante a duração do curto-circuito [°C]

S: Seção do condutor [mm²]

K: Constante que depende das capacidades térmicas do material isolante e da constante k [A·s^{1/2}·mm⁻²]

k: Constante que depende do material condutor e da natureza dos materiais isolantes, que é determinada a partir da expressão:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c \cdot (\beta + 20)}{\rho_{20}}}$$

Onde:

Q_c : Capacidade térmica volumétrica do condutor [J/K·m³]

β : Inverso do coeficiente de temperatura da resistividade a 0°C para o condutor [K]

ρ_{20} : Resistividade elétrica do material condutor a 20°C [Ω·m]

O cobre é especificado como o material condutor (item 3)

Material	β [K]	CV [J/K·m ³]	ρ_{20} [Ω · m]
Cobre	234,5	3,45 x 10 ⁶	17,241 x 10 ⁻⁹

Tabela 1 – Propriedades térmicas e elétricas do cobre.

De acordo com o item 3, são atribuídos condutores com as seguintes características de isolamento.

Material	θ_i [°C]	θ_f [°C]
XLPE e EPR	90	250
PVC	70	160

Tabela 2 – Características térmicas do isolamento IEC 60724 e ABNT NBR 5410.

Finalmente, os valores de k , θ_i , θ_f e β , a partir das tabelas 1 e 2, permitem determinar a quantidade máxima de energia que o condutor pode dissipar de acordo com suas características de isolamento (IEC 60724 e NBR 5410):

Para condutores com isolamento termoestáveis XLPE e EPR:

$$I_{cco}^2 \cdot t_{cc} = 143^2 \cdot S^2$$

Para condutores com isolamento termoplástico de PVC:

$$I_{cco}^2 \cdot t_{cc} = 115^2 \cdot S^2$$

Para durações muito curtas (<0,1 segundos) onde a assimetria é considerada importante, para dispositivos limitadores de corrente, $K^2 \cdot S^2$ deve ser maior que o valor energético ($I_{cc}^2 \cdot t_{cc}$) indicado pelo fabricante, que permite a passagem do dispositivo de proteção:

$$I_{cco}^2 \cdot t_{cc} \leq K^2 \cdot S^2$$

Em particular, o tempo máximo durante o qual a corrente de curto-circuito, calculada no final da secção do condutor, e de acordo com a secção considerada, pode ser dissipada é determinado de acordo com:

$$t = \frac{K^2 \cdot S_{cc}^2}{I_{cc}^2}$$

Em geral, os disjuntores têm valores de tempo de disparo inferiores a 500 ms. Para preservar e garantir a proteção dos condutores, o tempo t é condicionado de acordo com:

$$t \leq 0,5 \text{ segundos}$$

8 COORDENAÇÃO DE PROTEÇÕES E DE CONDUCTORES.

8.1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Para a proteção dos condutores de circuitos, considera-se a utilização de um interruptor com dispositivo de disparo em série, do tipo termomagnético, no início do circuito.

Os disjuntores especificados nos painéis gerais são de caixa moldada, atendendo à norma **EN60947-2**, eles têm correntes nominais e capacidades de interrupção muito maiores, bem como relés ajustáveis.

8.2 PROTEÇÃO CONTRA CORRENTES DE SOBRECARGA

Sobrecarga ocorre quando a potência absorvida é maior que a esperada. Então a corrente excede o que os cabos podem suportar e, portanto, é necessária uma intervenção.

As seguintes condições são levadas em consideração no dimensionamento da proteção:

8.2.1 Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção contra sobrecarga

Para garantir a proteção dos condutores contra sobrecargas, são consideradas as seguintes condições (**IEC60364** e **NBR 5410**):

8.2.1.1 Critério de coordenação

$$\Sigma I_n \leq I_p \leq I_{cor}$$

Onde:

ΣI_n : Corrente nominal do circuito conforme projeto [A];
 I_p : Corrente nominal do dispositivo de proteção (para dispositivos de proteção ajustáveis, I_p é a intensidade da regulação adotada) [A];
 I_{cor} : Corrente máxima admissível pelo condutor para as condições de instalação [A];

A capacidade de condução de corrente do condutor do circuito sob as condições de instalação fornecidas (I_{cor}), deve ser pelo menos igual ou maior que a corrente nominal do dispositivo de disparo em série do disjuntor de proteção do circuito (I_p).

A corrente nominal do disparador série (I_p), deve ser pelo menos maior ou igual à corrente máxima esperada no circuito (ΣI_n).

Para garantir os critérios acima, são adotadas as seguintes considerações:

A corrente total do circuito em regime permanente (ΣI_n), não pode exceder 80% do valor da corrente nominal do disparador série do disjuntor de proteção (I_p).

A corrente nominal do disparador série (I_p) não deve exceder 90% do valor da capacidade de condução de corrente do condutor do circuito nas condições de instalação determinadas (I_{cor}).

$$\Sigma I_n < I_p = 1,25. \Sigma I_n < I_{cor} = 1,1. I_p$$

8.3 PROTEÇÃO CONTRA CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

Qualquer dispositivo que garanta proteção contra curto-circuitos deve atender às três condições seguintes:

8.3.1 Condição 1

Sua capacidade de interrupção deve ser no mínimo igual à corrente de curto-circuito assumida no ponto onde está instalado.

$$I_{cc} \leq I_k$$

Para garantir esta condição é adotado o seguinte critério:

$$I_k = \text{valor normalizado imediato superior a } 1,25 \cdot I_{cc}$$

8.3.2 Condição 2

O tempo de interrupção da corrente de curto-circuito deve ser menor que o tempo necessário para que os materiais que compõem a instalação atinjam o limite de temperatura permitido.

$$t_p < t$$

Sendo:

$$t = \frac{K^2 \cdot S_{cc}^2}{I_{cc}^2} \quad \text{conforme item 7.1}$$

8.3.3 Condição 3

A corrente de disparo correspondente à curva de disparo do dispositivo de proteção não deve ser maior que a corrente mínima de curto-circuito no final do circuito:

$$I_{k,min} \leq I_{cc,min} (I_{cc} \text{ monofásico})$$

9 CORRENTES E POTÊNCIAS NOMINAIS

9.1 CÁLCULO DA CORRENTE NOMINAL

O cálculo da corrente nominal dos alimentadores de circuitos e quadros é desenvolvido de acordo com o seguinte:

Para circuitos trifásicos:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin\varphi$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L$$

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_L}$$

Onde:

- P*: Demanda de potência ativa do circuito [W];
Q: Demanda de potência reativa do circuito [VAR];
S: Demanda de potência aparente do circuito [VA];
V_L: Tensão nominal da linha [V];
I_L: Corrente nominal da linha [A];
cosφ: Fator de potência do circuito;

Para circuitos monofásicos:

$$P = V_f \cdot I_f \cdot \cos\varphi$$

$$Q = V_f \cdot I_f \cdot \sin\varphi$$

$$S = V_f \cdot I_f$$

$$I_f = \frac{S}{V_f}$$

Onde:

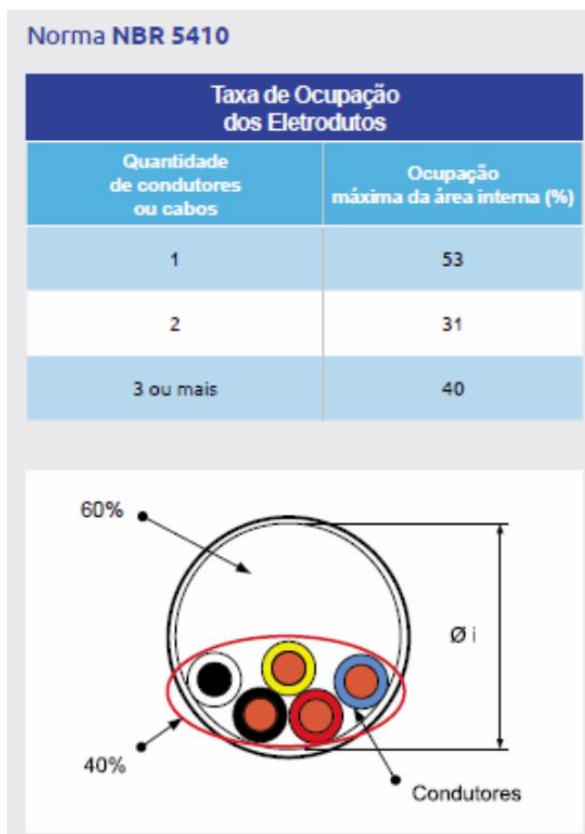
- P*: Demanda de potência ativa do circuito [W];
Q: Demanda de potência reativa do circuito [VAR];
S: Demanda de potência aparente do circuito [VA];
V_f: Tensão nominal de fase [V];
I_f: Corrente nominal de fase [A];
cosφ: Fator de potência do circuito;

10 DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS E CALHAS

10.1 DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS

Para o dimensionamento de eletrodutos e calhas, foi considerado um fator de enchimento máximo de **40%** e **eletrodutos e calhas** de acordo com **NBR 5410**, também será levado em consideração que somente cargas poderão ser **9 condutores** em cada eletroduto.

É permitido um **fator de enchimento máximo de 60%** para acomodar adições não planejadas na instalação inicial.



Esse fator de enchimento é calculado dividindo-se a soma das áreas da seção transversal de todos os cabos pela área da seção transversal útil do eletroduto ou calha.

A área útil dos eletrodutos e calhas é obtida a partir dos dados fornecidos pelos fabricantes.

Eletroduto Galvanizado a Fogo (RIR) NBR 5597 NPT			
Diâmetro Nominal		Diâm. Ext.	Parede
Pol.	DN ø	mm	mm
1/2"	15	21,3	2,25
3/4"	20	26,9	2,25
1"	25	33,7	2,65
1.1/4"	32	42,4	3,00
1.1/2"	40	48,3	3,00
2"	50	60,3	3,35
2.1/2"	65	73,0	3,75
3"	80	88,9	3,75
4"	100	114,3	4,25
5"	125	141,3	5,00
6"	150	168,3	5,30

Espessura do revestimento de zinco = 300 g/m²

Neste caso, a partir do **Transformador** saem **2 eletrodutos** de **3"** de diâmetro, um para alimentação do **Quadro TSB-01** e outro de **3"** para o **Quadro TSB-02**.

Para alimentar o quadro **TSB-01** serão utilizados condutores de **185 mm²**, e para o quadro **TSB-02** serão utilizados condutores de **300 mm²**. Na tabela abaixo calcularemos a porcentagem de ocupação daquele número de condutores dentro do eletroduto; e se ela está de acordo com a porcentagem de ocupação que a norma limita (**40%**).

Transformador									
Circuitos	Conductor				Electroductos				
	Sección de los Conductores [mm²]	Ø Diámetro Externo [mm]	Cantidad de Conductores	Área total a Ocupar [mm²]	Ø Diámetro Nom. [pulgadas]	Ø Diámetro Externo [mm]	Espesor de Pared [mm]	Área Efectiva [mm²]	% de Ocupación
Alimentación TSB-01	185	23.5	4	1734.07	3	88.9	3.65	5226.97	33.2
Alimentación TSB-02	300	23.5	4	1734.065	3	88.9	2.9	5420.90	32.0

Como observa-se na tabela acima, os condutores dentro dos eletrodutos de 3" ocupam 33% e 32% da área total, respectivamente.

Portanto, está em conformidade com a norma **NBR 5410** que nos limita a **40%** de ocupação.

TSB-01									
Circuitos	Conductor				Electrodutos				
	Sección de los Conductores [mm²]	Ø Diámetro Externo [mm]	Cantidad de Conductores	Área total a Ocupar [mm²]	Ø Diámetro Nom. [pulgadas]	Ø Diámetro Externo [mm]	Espesor de Pared [mm]	Área Efectiva [mm²]	% de Ocupación
Alimentación #1 y #3	2.5	5.6	6	147.71	1.5	48.3	2.9	1417.91	17.9
Alimentación #4	4	6.7	3	105.72					
Alimentación #2	4	6.7	3	105.71595	1	33.7	2.9	611.05	29.4
Alimentación #8	2.5	5.6	3	73.8528					
Alimentación #5, #6 y #7	4	6.7	9	317.14785	1.5	48.3	2.9	1417.91	22.4
Alimentación #9 y #10	2.5	5.6	6	147.7056	1	33.7	2.9	611.05	24.2
Alimentación #11 y #12	2.5	5.6	6	147.7056	1	33.7	2.9	611.05	24.2

TSB-02									
Circuitos	Conductor				Electrodutos				
	Sección de los Conductores [mm²]	Ø Diámetro Externo [mm]	Cantidad de Conductores	Área total a Ocupar [mm²]	Ø Diámetro Nom. [pulgadas]	Ø Diámetro Externo [mm]	Espesor de Pared [mm]	Área Efectiva [mm²]	% de Ocupación
Alimentación #20 y #25	2.5	5.6	6	147.71	1	33.7	2.9	611.05	24.2
Alimentación #21 y #33	2.5	5.6	6	147.7056	1	33.7	2.9	611.05	24.2
Alimentación #22	2.5	5.6	6	147.7056	0.75	26.9	2.35	386.88	38.2
Alimentación #23, #24, #26 y #27	2.5	5.6	12	295.4112	1.5	48.3	2.9	1417.91	20.8
Alimentación #28, #32 y #35	4	6.7	9	317.14785	1.5	48.3	2.9	1417.91	33.0
Alimentación #29	10	8	3	150.72					

Como podemos observar nas duas tabelas acima, referentes aos circuitos derivados dos Quadros TSB-01 e TSB-02, a taxa de ocupação nas condutas elétricas está de acordo com a norma NBR 5410.

11 REFERÊNCIAS

Memoria de Cálculo	
Luminotécnico	3832-10-J7891-E
Iluminación	
Disposición de Luminarias – Planta –Bloque 1	3832-DC-J7890-E
Iluminación	
Disposición de Luminarias – Planta –Bloque 2	3832-DC-J7891-E
Iluminación	
Sección y Detalles	3832-DC-J7892-E
Tablero General (TG)	
Diagrama Unifilar y Cuadro de Cargas	3832-DC-J7900-E
Tablero Seccional Bloque 01 (TSB-01)	
Diagrama Unifilar y Cuadro de Cargas	3832-DC-J7901-E
Tablero Seccional Bloque 02 (TSB-02)	
Diagrama Unifilar y Cuadro de Cargas	3832-DC-J7902-E
Tablero Seccional A. Aire 01 (TSAA-01)	
Diagrama Unifilar y Cuadro de Cargas	3832-DC-J7903-E
Tablero Seccional A. Aire 02 (TSAA-02)	
Diagrama Unifilar y Cuadro de Cargas	3832-DC-J7904-E

12 PARA DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E PROTEÇÕES, VEJA ANEXO 1

13 PARA DIMENSIONAMENTO DE DUTOS, VEJA ANEXO 2

14 RESUMO DOS RESULTADOS

Quadro	Seção do Alimentador	Proteção
TSB-01	185 mm ²	250 A
TSB-02	300 mm ²	320 A
TSAA-01	120 mm ²	200 A
TSAA-02	185 mm ²	250 A

Quadro TSB-01		
Circuitos	Seção do condutor	Proteção
No. 1 Iluminação e Tomadas	2,5 mm ²	16 A
No. 2 Iluminação, Tomadas e Bebedouro	2,5 mm ²	16 A
No. 3 Iluminação e Tomadas	2,5 mm ²	16 A
Nº 4 Tomadas e Bebedouro	2,5 mm ²	16 A
No. 5 Tomadas para calçadas	4 mm ²	16 A
No. 6 Tomadas para calçadas	4 mm ²	16 A
No. 7 Tomadas para calçadas	4 mm ²	16 A
No. 8 Iluminação de emergência	2,5 mm ²	16 A
No. 9 Iluminação Externa	2,5 mm ²	16 A
No. 10 CDI	2,5 mm ²	16 A
No. 11 CCTV 2	2,5 mm ²	16 A
No. 12 CCTV 1	2,5 mm ²	16 A
No. 13 TELECOM	2,5 mm ²	16 A
No. 17 TSAA-01	120 mm ²	200 A

Quadro TSB-02		
Circuitos	Seção do condutor	Proteção
No. 20 Iluminação e Tomadas	2,5 mm ²	16 A
No. 21 Iluminação e Tomadas	2,5 mm ²	16 A
No. 22 Iluminação e Tomadas	2,5 mm ²	16 A
Nº 23 Tomadas para bebedouros	2,5 mm ²	16 A
Nº 24 Tomadas de Cafeteiras	2,5 mm ²	16 A
No. 25 Iluminação e Tomadas	2,5 mm ²	16 A
Nº 26 Tomadas para Refrigeradores	4 mm ²	16 A
No. 27 Tomada para micro-ondas	4 mm ²	16 A
No. 28 Tomada para forno	4 mm ²	16 A
No. 29 Tomada para fogão	10 mm ²	40 A
No. 30 Iluminação Externa	2,5 mm ²	16 A
No. 31 Iluminação da Sala do Reservatório	2,5 mm ²	16 A
No. 32 Tomada para Extrator	4 mm ²	16 A
No. 33 Iluminação de Emergência	2,5 mm ²	16 A
No. 34 CCTV-01	2,5 mm ²	16 A
Nº 35 Tomada para Churrasqueira	4 mm ²	16 A
No. 36 CCTV-02	2,5 mm ²	16 A
No. 40 TSAA-02	185 mm ²	250A

Quadro TSAA-01		
Circuitos	Seção do condutor	Proteção
No. 1 A. Ar 12.000 Btu	4 mm ²	16 A
No. 2 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	20 A
No. 3 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	20 A
No. 4 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	20 A
No. 5 A. Ar 60.000 Btu	6 mm ²	25 A
No. 6 A. Ar 60.000 Btu	6 mm ²	25 A
No. 7 A. Ar 60.000 Btu	6 mm ²	25 A
No. 8 A. Ar 60.000 Btu	6 mm ²	25 A
No. 9 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	20 A
No. 10 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	20 A
No. 11 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	20 A
No. 12 Insuflador de Ar 01	6 mm ²	25 A
No. 13 Insuflador de Ar 02	6 mm ²	25 A

Quadro TSAA-02		
Circuitos	Seção do condutor	Proteção
No. 1 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	25 A
No. 2 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	25 A
No. 3 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	25 A
No. 4 A. Ar 48.000 Btu	4 mm ²	25 A
No. 5 A. Ar 36.000 Btu	4 mm ²	25 A
No. 6 Insuflador de Ar 03	4 mm ²	25 A
No. 7 Resistência 01	25 mm ²	80 A
No. 8 Resistência 02	25 mm ²	80 A
No. 9 Resistência 02	25 mm ²	80 A

ANEXO 1

ANEXO 2