

São Luís-MA

Papel Maranhense Ltda

Projetos de Sistemas Elétricos - Equatorial Energia

Responsáveis: Edson Luiz Mass Junior; Jemilly Baptista do Nascimento Lima; Lucas da Silva Faustino; Matheus Sheid dos Santos.



ESTRUTURA DO PROJETO

01

SOBRE O LOCAL 📍

A temperatura do local
A norma da concessionária

02

DESENVOLVIMENTO ⚙️⚡

Tabela de Cargas
Transformador
Condutores
Disjuntores
Correção do FP

03

INFRAESTRUTURA ELÉTRICA 💡

Chaves de partida (Inversor PowerFlex)
Projeto luminotécnico (DiaLux)
Diagrama unifilar (concessionária e empresa)
Subestação abrigada

04

SIMULAÇÕES E VALIDAÇÕES 📊

Cálculos e simulações de curto-circuito
Validação com software PSP-UFU
Ganhos no FP e perdas evitada

05

CONCLUSÃO E APRENDIZADOS ✅

Eficiência, segurança e conformidade
Preparado para ampliações futuras
Aplicação prática de normas e softwares

São Luís – Maranhão



- Única capital brasileira em uma ilha (Ilha de Upaon-Açu)
- Área urbana densa com alta demanda energética
- Concessionária: Equatorial Energia
- Temperatura Máxima: 35°C



A NORMA DA CONCESSIONÁRIA

NT.00002.EQTL

SEGURANÇA OPERACIONAL

Essencial para garantir a conformidade e a viabilidade da conexão à rede pública.

APLICAÇÕES PRÁTICAS

Utilizada para subestação, transformadores, correção de fator de potência, e medição.

Base Regulatória

A norma estabelece critérios técnicos para entrada de energia em média tensão, visando segurança e padronização.

TABELA DE CARGAS



www.weg.net

Levantamento realizado com catálogo técnico da WEG (2024)

Conversão de potências mecânicas dos motores para potências ativas (kW)

Cálculo da potência aparente (kVA) e potência reativa (kVAR)

Tensão nominal: 380 V trifásico, 60 Hz

In em 440 V para In em 380 V usar a expressão: $In(380\text{ V}) = In(440\text{ V}) \times 1,158$

16.Dados Elétricos

W22 Super Premium

Potência		Carcaça	Conjugado Nominal (kgfm)	Corrente com Rotor Bloqueado Ip/In	Conjugado de Partida Cp/Cn	Conjugado Máximo Cmx/Cn	Momento de Inércia J (kgm²)	Tempo máximo com rotor bloqueado (s)		Massa (kg)	Nível médio de pressão sonora dB(A)	Fator de Serviço	RPM	% de Carga						Tensão (V)	Corrente Nominal In (A)
								Quente						Frio	Rendimento			Fator de Potência			
kW	HP													50	75	100	50	75	100		
II Polos																					
0,75	1	71	0,213	7	3,4	3,6	0,00051	17	37	9	60	1,25	3425	79	81,5	82,5	0,65	0,77	0,84	220	2,84
1,1	1,5	80	0,308	9,5	5,9	5,1	0,001	25	55	17	62	1,25	3475	81,5	84,8	86	0,56	0,69	0,79	220	4,25
1,5	2	L80	0,424	8,9	5,4	4,5	0,001	22	48	18	62	1,25	3445	84,2	85,6	87	0,63	0,76	0,81	220	5,59
2,2	3	90L	0,611	9,7	5	5,4	0,003	11	24	24	68	1,25	3505	84,9	87,6	87,7	0,55	0,69	0,79	220	8,33
3	4	100L	0,831	9,5	3,6	4,5	0,006	16	35	33	71	1,25	3515	86	88,2	89,5	0,66	0,77	0,85	440	5,17
3,7	5	100L	1,03	9,9	3,8	4,7	0,007	13	29	33	71	1,25	3515	86	89,3	90	0,67	0,79	0,85	440	6,35
4,5	6	112M	1,25	8,5	2,9	4,1	0,009	25	55	44	66	1,25	3500	87,8	89,4	90	0,74	0,83	0,85	440	7,72
5,5	7,5	112M	1,53	9,2	3,5	4,7	0,009	19	42	45	66	1,25	3510	88,1	90,1	90,5	0,66	0,78	0,81	440	9,85
7,5	10	132S	2,08	7,6	2,5	3,2	0,025	28	62	72	68	1,25	3520	90,7	90,9	91,6	0,8	0,87	0,9	440	11,9
9,2	12,5	132M	2,54	8,5	2,9	3,6	0,03	19	42	80	68	1,25	3525	91,2	91,7	92	0,76	0,85	0,88	440	14,9
11	15	L132M	3,03	9,5	3,3	3,9	0,032	9	20	82	68	1,25	3540	88,6	91,1	92	0,7	0,8	0,81	440	19,4
15	20	160M	4,13	7,4	2,7	3	0,05526	14	31	115	72	1,25	3540	91,3	92,2	92,2	0,74	0,83	0,87	440	24,5
18,5	25	160L	5,09	7,8	2,6	3	0,06263	11	24	119	72	1,25	3540	92	92,8	92,8	0,74	0,83	0,87	440	30,1
22	30	160L	6,04	8,5	3	3,5	0,06631	9	20	131	72	1,25	3545	92	92,5	92,8	0,72	0,82	0,87	440	35,8
30	40	200M	8,18	7,5	3,4	3,3	0,19495	27	59	248	76	1,25	3570	92,4	94,1	94,1	0,74	0,83	0,86	440	48,6
37	50	200L	10,1	8,2	3,6	3,2	0,22885	25	55	275	76	1,25	3570	93	94,5	94,5	0,74	0,83	0,86	440	59,7
45	60	225S/M	12,3	9,5	2,4	3,2	0,36268	25	55	420	79	1,25	3570	93	94,5	95	0,79	0,86	0,89	440	69,8
55	75	225S/M	15	9,5	3,1	3,6	0,36268	14	31	425	79	1,25	3570	93,6	95	95	0,77	0,85	0,88	440	86,3
75	100	250S/M	20,5	8	2,9	3,2	0,60454	20	44	535	79	1,25	3565	94,5	95,4	95,4	0,81	0,87	0,89	440	116
90	125	280S/M	24,5	8,2	2,1	2,8	1,31768	44	97	762	81	1,25	3577	94,1	95,4	95,8	0,76	0,84	0,87	440	142
110	150	280S/M	29,9	7,9	2,6	3,2	1,62042	30	66	845	81	1,25	3580	94,5	95,8	96	0,77	0,85	0,88	440	171
132	175	315S/M	35,9	7,2	2,2	2,8	2,09499	30	66	1020	81	1,25	3577	93,9	95,2	96	0,79	0,86	0,89	440	203
150	200	315S/M	40,8	8,3	2,4	3	2,3314	30	66	1040	81	1,25	3580	94,4	95,6	96,2	0,79	0,86	0,89	440	230
185	250	315S/M	50,4	7,5	2,4	2,6	2,8289	20	44	1080	81	1,25	3577	95,1	96	96,5	0,82	0,88	0,9	440	280
200	270	355M/L	54,3	8,9	2,9	3,2	3,861	51	112	1455	84	1,15	3586	93,8	95,6	96,5	0,82	0,88	0,9	440	302
220	300	355M/L	59,8	8	1,8	2,9	3,86039	20	44	1475	84	1,15	3585	95,3	95,9	96,5	0,83	0,88	0,9	440	332
260	350	355M/L	70,6	7,8	2,2	2,7	4,50378	26	57	1605	84	1,15	3585	95,2	96	96,5	0,86	0,9	0,91	440	389
300	400	355M/L	81,7	8,4	2	2,5	5,36165	24	53	1743	84	1,15	3576	95,8	96,2	96,5	0,86	0,9	0,91	440	448
330	450	355M/L	89,7	8,4	2,5	2,5	6,00505	18	40	1860	84	1,15	3583	95,3	95,8	96,5	0,87	0,91	0,92	440	488
370	500	355M/L	101	8,4	2,7	2,7	6,00505	15	33	1853	84	1,15	3582	95,6	96,1	96,7	0,87	0,91	0,92	440	546

Catálogo da Weg - Modelo W22 Super Premium



TABELA DE CARGAS

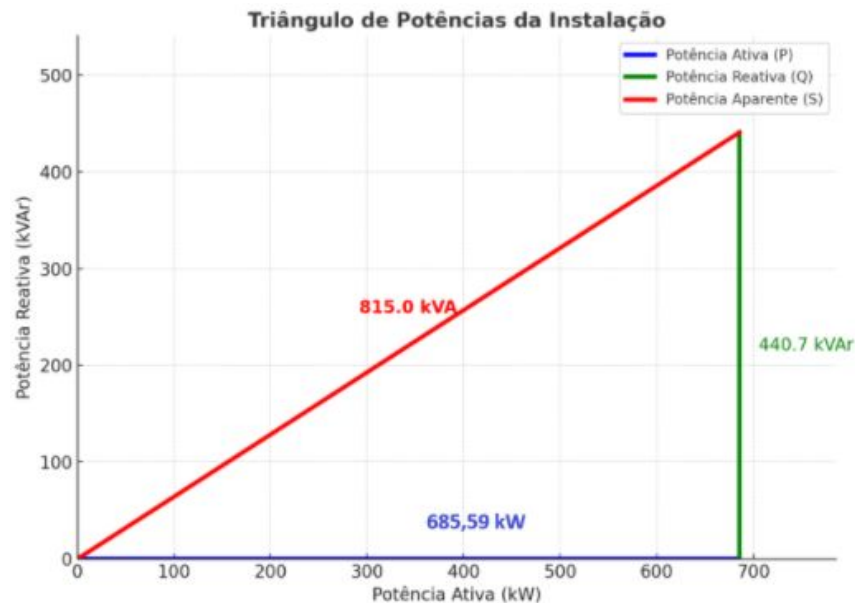
Setor	Carga	Potência mecânica (cv)	Potência mecânica (kW)	Fator de potência	Rendimento	In 380V (A)	Potência ativa (kW)	Potência reativa (kVAr)	Potência aparente (kVA)
1	Motor 1	75	55,16	0,81	95,4	108,16	57,82	41,52	71,19
	Motor 2	100	73,55	0,79	95,8	150,54	76,77	62,63	99,08
	Motor 3	30	22,06	0,8	94,1	44,35	23,45	17,39	29,19
	Motor 4	150	110,32	0,82	96,2	211,91	114,68	79,38	139,48
2	Motor 5	30	22,06	0,8	94,1	44,35	23,45	17,39	29,19
	Motor 6	125	91,94	0,8	95,8	251,29	95,97	134,70	165,39
	Motor 7	30	22,06	0,8	94,1	44,35	23,45	17,39	29,19

Tabela de Cargas - Desenvolvida pelo Grupo

O TRANSFORMADOR

Demanda Total da Instalação:

- Potência ativa (P): 685,59 kW
- Potência reativa (Q): 440,69 kVAr
- Potência aparente (S): 815 kVA



Triângulo de Potências - Desenvolvido pelo Grupo

O TRANSFORMADOR

Transformador selecionado:

- Potência nominal: 1000 kVA
- Tipo: Trifásico a óleo, resfriamento ONAN
- Tensão primária: 15 kV (delta)
- Tensão secundária: 380/220 V (estrela com neutro acessível)

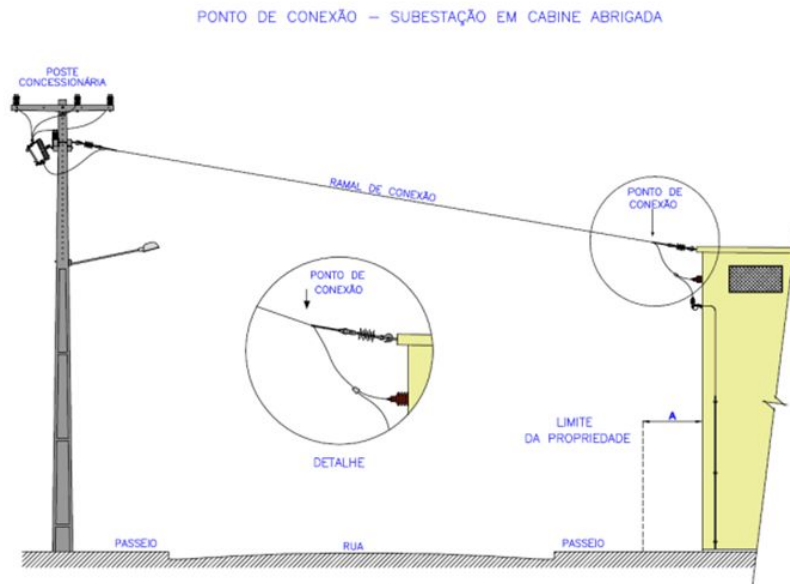


Exemplo de Transformador - SIMETRAFO

O TRANSFORMADOR

Justificativa de escolha:

- Atende à demanda atual com margem para ampliações futuras
- Conformidade com a NT.00002.EQTL – item 6.9
- Compatível com o modelo normalizado de subestação abrigada



Ponto de Conexão Segundo Norma da Concessionária
NT.00002.EQTL

Dimensionamento dos Condutores - Cargas

Normas e base técnica:

Guia de cabos Prysmian Rev. 9 e NBR 5410:2004 (circuitos de força e controle)

Métodos aplicados:

- Seção mínima:
 - Circuitos de força: 10 mm²
 - Circuitos de controle: 4 mm²
- Ampacidade (corrente máxima admissível):
 - Considerou fator de correção por temperatura ambiente
 - Ex: Motor 1 → corrente corrigida: 112,32 A → cabo 35 mm²

Guia de dimensionamento
de cabos para baixa tensão
De acordo com a NBR 5410



Dimensionamento dos Condutores - Cargas

Queda de tensão:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X_L \cdot \sin \varphi) \cdot I \cdot \ell$$

- ΔV = queda de tensão (V)
 R = resistência elétrica do condutor corrente alternada na temperatura máxima de operação (Ω/km)
 X_L = reatância indutiva da linha (Ω/km)
 $\cos \varphi = FP$ = fator de potência da carga
 $\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$
 I = corrente a ser transportada (A)
 ℓ = comprimento do circuito, do ponto de alimentação até a carga (km)

Tabela 33 - Resistências Elétricas e Reatâncias Indutivas - Voltenax (cobre) e Voltalene (cobre)
RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS
Condutor de Cobre
Voltenax e Voltalene
Frequência: 60 Hz • Rca: Resistência elétrica máxima do condutor em corrente alternada na temperatura de operação • X_L: Reatância Indutiva

Seção nominal												
	s = 2.D		s = 13 cm		s = 20 cm		Ver Nota (1)		Ver Nota (1)		Ver Nota (1)	
	Rca	X _L	Rca	X _L	Rca	X _L	Rca	X _L	Rca	X _L	Rca	X _L
(mm ²)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)
1,5	15,40	0,17	15,40	0,42	15,40	0,45	15,40	0,15	15,40	0,12	15,40	0,44
2,5	9,45	0,16	9,45	0,40	9,45	0,44	9,45	0,14	9,45	0,11	9,45	0,43
4	5,88	0,15	5,88	0,39	5,88	0,42	5,88	0,13	5,88	0,10	5,88	0,41
6	3,93	0,14	3,93	0,37	3,93	0,40	3,93	0,12	3,93	0,10	3,93	0,39
10	2,33	0,14	2,33	0,36	2,33	0,39	2,33	0,12	2,33	0,10	2,33	0,38
16	1,47	0,13	1,47	0,34	1,47	0,37	1,47	0,11	1,47	0,09	1,47	0,36
25	0,93	0,13	0,93	0,32	0,93	0,35	0,93	0,11	0,93	0,09	0,93	0,35
35	0,67	0,12	0,67	0,31	0,67	0,34	0,67	0,11	0,67	0,09	0,67	0,33
50	0,49	0,12	0,49	0,30	0,49	0,33	0,49	0,10	0,49	0,09	0,49	0,32
70	0,34	0,12	0,34	0,29	0,34	0,32	0,34	0,10	0,34	0,09	0,34	0,31
95	0,25	0,12	0,25	0,27	0,25	0,30	0,25	0,10	0,25	0,08	0,25	0,30
120	0,20	0,11	0,20	0,26	0,20	0,30	0,20	0,10	0,20	0,08	0,20	0,29
150	0,16	0,11	0,16	0,26	0,16	0,29	0,16	0,10	0,16	0,08	0,16	0,28
185	0,13	0,11	0,13	0,25	0,13	0,28	0,13	0,10	0,13	0,09	0,13	0,27
240	0,10	0,11	0,10	0,24	0,10	0,27	0,10	0,09	0,10	0,08	0,10	0,26
300	0,08	0,11	0,08	0,23	0,08	0,26	0,08	0,09	-	-	0,08	0,25
400	0,07	0,11	0,06	0,22	0,06	0,25	0,07	0,09	-	-	0,06	0,24
500	0,05	0,11	0,05	0,21	0,05	0,24	0,05	0,09	-	-	0,05	0,23

Tabela 33 - Guia de Dimensionamento de Cabos da Prysmian

Dimensionamento dos Condutores - Cargas

Em posse do resultado da queda de tensão em volts, consideramos o seguinte cálculo:

$\Delta V [V] = \text{Fator da tabela [V/A.km]} \times \text{comprimento do circuito [km]} \times \text{corrente do circuito [A]}$

Com isso podemos calcular o fator da tabela dada em [V/A.km] comparamos com os valores da tabela 24 do guia de cabos da Prysmian

Tabela 24 - Queda de Tensão - Voltenax (cobre) e Voltalene (cobre)
QUEDA DE TENSÃO
Condutor de Cobre
Voltenax e Voltalene
Frequência: 60 Hz

Seção nominal												
			Ver Nota (1)		s = 2.0		s = 13 cm		s = 20 cm			
	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95	FP=0,80	FP=0,95
(mm²)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)	(V/A.km)
1,5	24,82	29,36	24,78	29,33	24,89	29,39	25,12	29,51	25,16	29,53	21,49	25,40
2,5	15,29	18,04	15,25	18,02	15,35	18,08	15,58	18,20	15,62	18,22	13,25	15,62
4	9,57	11,26	9,53	11,24	9,63	11,29	9,85	11,40	9,89	11,42	8,29	9,75
6	6,44	7,54	6,41	7,53	6,50	7,58	6,71	7,69	6,75	7,71	5,59	6,54
10	3,87	4,50	3,84	4,49	3,94	4,53	4,14	4,64	4,17	4,66	3,37	3,90
16	2,49	2,86	2,46	2,85	2,55	2,90	2,74	2,99	2,78	3,01	2,17	2,49
25	1,62	1,83	1,59	1,82	1,68	1,86	1,85	1,95	1,89	1,97	1,42	1,59
35	1,20	1,34	1,18	1,33	1,26	1,37	1,42	1,45	1,46	1,47	1,05	1,17
50	0,91	1,00	0,90	0,99	0,98	1,04	1,13	1,11	1,16	1,13	0,81	0,88
70	0,67	0,71	0,65	0,71	0,73	0,75	0,87	0,82	0,91	0,84	0,60	0,63
95	0,51	0,53	0,50	0,52	0,58	0,56	0,70	0,63	0,74	0,65	0,46	0,47
120	0,43	0,43	0,42	0,43	0,49	0,46	0,61	0,53	0,65	0,55	0,39	0,38
150	0,37	0,36	0,36	0,36	0,43	0,39	0,54	0,45	0,58	0,47	0,34	0,33
185	0,32	0,30	0,31	0,30	0,38	0,34	0,48	0,39	0,52	0,41	0,30	0,27
240	0,27	0,25	0,26	0,24	0,33	0,28	0,42	0,32	0,46	0,34	0,25	0,22
300	0,24	0,21	0,23	0,21	0,30	0,24	0,38	0,28	0,42	0,30	0,23	0,19
400	0,21	0,18	0,21	0,18	0,27	0,21	0,34	0,24	0,38	0,26	0,21	0,17
500	0,19	0,16	0,19	0,15	0,25	0,18	0,31	0,21	0,35	0,23	0,19	0,15

Tabela 24 - Guia de Dimensionamento de Cabos da Prysmian

Dimensionamento dos Condutores - Cargas

Queda de tensão em %:

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

V = tensão nominal da instalação no ponto de alimentação (V)

	tabela 33 guia	tabela 24 guia			
Queda de tensão permitida (V)	Delta V = Raiz(3)*(Rca*cos(f.p)+Xca*sen(f.p))	Fator da Tabela	VOLTENAX	Cabo mm² - queda de tensão	Delta%
Motor 1	1,008	1,773	1,57	25	0,27
Motor 2	0,742	0,963	0,86	50	0,20
Motor 3	3,306	14,145	9,72	4	0,87
Motor 4	0,414	0,361	0,31	150	0,11
Motor 5	3,306	14,145	9,72	4	0,87
Motor 6	0,541	0,561	0,45	95	0,14
Motor 7	3,306	14,145	9,72	4	0,87
Auxiliar 1	0,612	0,824	0,61	70	0,16
Auxiliar 2	1,112	1,795	1,57	25	0,29
Aquecimento 1	4,036	15,178	9,72	4	1,06
Aquecimento 2	4,036	17,708	15,59	2,5	1,06
Aquecimento 3	4,036	13,281	9,72	4	1,06

Tabela do Cálculo de Queda de Tensão- Desenvolvida pelo Grupo

Dimensionamento dos Condutores - Cargas

Setor	Carga	Cabo - Ampacidade	Cabo - queda de tensão	Cabo - seção mínima	Cabo - escolhido
1	Motor 1	35	25	10	35
	Motor 2	50	50	10	50
	Motor 3	10	4	10	10
	Motor 4	95	150	10	95
2	Motor 5	10	4	10	10
	Motor 6	70	95	10	70
	Motor 7	10	4	10	10
3	aux 1	50	70	4	50
	aux 2	35	25	4	35
	Aquecimento 1	10	4	4	10
	Aquecimento 2	10	2,5	4	10
	Aquecimento 3	10	4	4	10

Tabela de Cabos Escolhidos - Desenvolvida pelo Grupo

Disjuntores - Cargas

Proteção dos Circuitos – Disjuntores Selecionados via Catálogo Siemens

Disjuntor deve atender:

I circuito < I disjuntor < I condutor

Correntes calculadas com base em: $I = \frac{P}{V \times FP}$



Setor	Carga	Cabo - escolhido	Corrente Corrigida	Disjuntor BT	Tipo
1	Motor 1	35	112,32	125A	D
	Motor 2	50	168	160A	D
	Motor 3	10	46,08	50A	D
	Motor 4	95	258,24	250A	D
2	Motor 5	10	46,08	50A	D
	Motor 6	70	213,12	200A	D
	Motor 7	10	46,08	50A	D
3	aux 1	50	168	160A	C
	aux 2	35	138,24	125A	C
	Aquecimento 1	10	63,36	63A	B
	Aquecimento 2	10	46,08	50A	B
	Aquecimento 3	10	63,36	63A	B

Tabela de Dimensionamento de Disjuntores - Desenvolvida pelo Grupo

Condutores dos Alimentadores QGF → Setores

Normas e base técnica:

Guia de cabos Prysmian Rev. 9 e NBR 5410:2004 (circuitos de força e controle)

Correntes calculadas por setor:

- Soma das correntes dos motores e cargas de cada setor
- Fator de correção aplicado B1 (instalação em solo/canaleta ventilada)
- Métodos de cálculo: seção mínima, ampacidade e queda de tensão

Circuito Trifásico:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi) \cdot I \cdot \ell$$

ΔV = queda de tensão (V)

R = resistência elétrica do condutor corrente alternada na temperatura máxima de operação (Ω/km)

X_L = reatância indutiva da linha (Ω/km)

$\cos\varphi = \text{FP}$ = fator de potência da carga

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$$

I = corrente a ser transportada (A)

ℓ = comprimento do circuito, do ponto de alimentação até a carga (km)

Queda de tensão em %:

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

V = tensão nominal da instalação no ponto de alimentação (V)

Condutores dos Alimentadores QGF → Setores

Critérios e Justificativa Técnica:

- Escolha baseada na ampacidade, como nos circuitos de força
- Queda de tensão avaliada e considerada não significativa
- Cabos suportam as correntes corrigidas com folga
- Queda de tensão dentro dos limites da norma ($\leq 4\%$)

Setor	Cabo - Ampacidade	Cabo - queda de tensão	Cabo - seção mínima	Cabo - escolhido
1	400	500	10	400
2	150	500	10	150
3	300	500	10	300

Tabela de Cabos Alimentadores - Desenvolvida pelo Grupo

Disjuntores QGF → Setores

Proteção dos Circuitos – Disjuntores Selecionados via Catálogo Siemens

Disjuntor deve atender:

I circuito < I disjuntor < I condutor

Correntes calculadas com base em: $I = \frac{P}{V \times FP}$



Setor	Cabo - escolhido	Corrente corrigida	Disjuntor BT	Tipo
1	400	588,29	630	Curva D
2	150	318,62	320	Curva D
3	300	492,17	500	Curva C

Tabela de Disjuntores dos Setores - Desenvolvida pelo Grupo

Disjuntores com curva D para motores → tolerância a picos de partida e curva C para equipamentos comuns

Condutores da Subestação → QGF

Critérios e Justificativa Técnica:

- Escolha baseada na ampacidade, como nos circuitos de força
- Queda de tensão avaliada e considerada não significativa
- Cabos suportam as correntes corrigidas com folga
- Queda de tensão dentro dos limites da norma ($\leq 4\%$)
- Foi adotado três cabos de 300mm para atender a corrente demanda

Disjuntor Subestação

Proteção dos Circuitos – Disjuntores Selecionados via Catálogo Siemens

Disjuntor deve atender:

I circuito < I disjuntor < I condutor

Correntes calculadas com base nas somatórias das correntes de cada setor



Setor	Cabo - escolhido	Corrente corrigida	Disjuntor BT	Tipo
1	400	588,29	630	Curva D
2	150	318,62	320	Curva D
3	300	492,17	500	Curva C

Tabela de Disjuntores dos Setores - Desenvolvida pelo Grupo

Disjuntor Subestação

Proteção dos Circuitos – Disjuntores Selecionados via Catálogo Siemens

Especificações Técnicas:

- Tipo: Disjuntor tripolar MCCB ou ACB
- Corrente nominal (I_n): 640 à 1600 A
- Tensão de operação: 380/220 V (BT)
- Capacidade de interrupção: ≥ 65 kA
- Curvas: D (motores), Proteções L, S, I, G
- Normas: ABNT NBR IEC 60947-2, NBR 14039

Justificativa da Escolha

- Atende à carga máxima da SE
- Permite manobra e proteção eficiente



Correção do FP

FP global calculado:

$$FP_{Global} = \frac{S_{total}}{P_{total}} = \frac{847,06 \text{ kVA}}{685,59 \text{ kW}} \approx 0,842$$

Abaixo do mínimo exigido pela Equatorial Energia (≥ 0,92)

O item 6.22.6 da norma da Equatorial Energia sugere que a correção do fator de potência seja feita com a instalação de banco de capacitores próximos as cargas.

Calculado a potência reativa dos bancos de capacitores necessária para a correção do fator de potência


	NORMA TÉCNICA	Homologado em: 27/12/2024	Página: 121 de 184
Título: Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão (13,8kV, 23,1kV e 34,5kV)		Código: NT.00002.EQTL	Revisão: 09
Classificação das informações: <input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Restrito <input type="checkbox"/> Confidencial			

TABELA 22 – Fator Multiplicador para Determinação da Potência Reativa Capacitiva																				
FP	Fator de Potência Corrigido																			
Original	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00				
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,526	1,580	1,732				
0,51	1,067	1,093	1,120	1,147	1,174	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687				
0,52	1,023	1,049	1,076	1,103	1,130	1,159	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643				
0,53	0,980	1,007	1,033	1,060	1,088	1,118	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600				
0,54	0,939	0,965	0,992	1,019	1,046	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559				
0,55	0,899	0,925	0,952	0,979	1,006	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,519				
0,56	0,860	0,886	0,913	0,940	0,967	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479				
0,57	0,822	0,848	0,875	0,902	0,929	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441				
0,58	0,785	0,811	0,838	0,865	0,892	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,075	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405				
0,59	0,749	0,775	0,802	0,829	0,856	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,369				
0,60	0,714	0,740	0,767	0,794	0,821	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333				
0,61	0,679	0,706	0,732	0,759	0,787	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299				
0,62	0,645	0,672	0,699	0,726	0,753	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265				
0,63	0,613	0,639	0,666	0,693	0,720	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233				
0,64	0,581	0,607	0,634	0,661	0,688	0,715	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201				
0,65	0,549	0,576	0,602	0,629	0,657	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169				
0,66	0,516	0,544	0,572	0,599	0,628	0,656	0,686	0,715	0,745	0,777	0,810	0,847	0,889	0,936	0,996	1,138				
0,67	0,483	0,511	0,541	0,568	0,596	0,624	0,655	0,682	0,713	0,745	0,779	0,815	0,857	0,905	0,965	1,107				
0,68	0,450	0,480	0,512	0,539	0,566	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078				
0,69	0,429	0,456	0,482	0,509	0,537	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049				
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020				
0,71	0,372	0,398	0,425	0,452	0,480	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,665	0,703	0,744	0,791	0,849	0,991				
0,72	0,344	0,370	0,397	0,424	0,452	0,480	0,509	0,539	0,569	0,601	0,638	0,677	0,717	0,764	0,821	0,963				
0,73	0,318	0,343	0,370	0,396	0,424	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,609	0,648	0,688	0,733	0,784	0,926				
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,708	0,760	0,902				
0,75	0,262	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,730	0,872				
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855				
0,77	0,209	0,236	0,262	0,289	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,828				
0,78	0,183	0,209	0,236	0,263	0,290	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802				
0,79	0,168	0,193	0,220	0,246	0,274	0,302	0,330	0,359	0,391	0,419	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776				

Tabela do Fator Multiplicador - Norma da Concessionária

SETOR 1

$$FP_{Setor1} = \frac{S_{Setor1}}{P_{Setor1}} = \frac{338,94 \text{ kVA}}{272,73 \text{ kW}} \approx 0,81$$

$$FP_{NovoSetor1} = \frac{297,82 \text{ VA}}{272,73 \text{ kW}} = 0,9157$$

Problema identificado:

- Setor 1 não atingiu o FP 0,92 após correção
- FP global continuava abaixo do exigido

$$Novo FP Global = \frac{862,05}{685,59} = 0,7953$$

SETOR 2

$$FP_{Setor2} = \frac{S_{Setor2}}{P_{Setor2}} = \frac{142,86 \text{ kVA}}{221,66 \text{ kW}} \approx 0,64$$

$$FP_{NovoSetor2} = \frac{142,86 \text{ VA}}{154,47 \text{ kW}} = 0,9248$$

SETOR 3

Não necessário realizar correção devido ao fator de potência já atender as especificações da norma da concessionária

Correção do FP

Correção recalculada considerando todos os setores ativos simultaneamente

FP = 0,93 para o Fator Multiplicador da Potência Reativa Necessária

Novo fator de multiplicação adotado para Setor 1 = 0,329

$$FP_{\text{NovoSetor1}} = \frac{294,52 \text{ VA}}{272,73 \text{ kW}} = 0,9259$$

FP global recalculado:

$$\text{Novo FP Global} = \frac{727,23}{685,59} = 0,9427$$

TABELA 22 – Fator Multiplicador para Determinação da Potência Reativa Capacitiva

FP	Fator de Potência Corrigido																
Original	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	
0,50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,580	1,732	
0,51	1,067	1,093	1,120	1,147	1,174	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687	
0,52	1,023	1,049	1,076	1,103	1,130	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643	
0,53	0,980	1,007	1,033	1,060	1,088	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600	
0,54	0,939	0,965	0,992	1,019	1,046	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559	
0,55	0,899	0,925	0,952	0,979	1,006	1,034	1,063	1,092	1,123	1,155	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518	
0,56	0,860	0,886	0,913	0,940	0,967	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479	
0,57	0,822	0,848	0,875	0,902	0,929	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441	
0,58	0,785	0,811	0,838	0,865	0,892	0,920	0,949	0,979	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405	
0,59	0,740	0,775	0,802	0,829	0,856	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368	
0,60	0,714	0,740	0,767	0,794	0,821	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333	
0,61	0,679	0,706	0,732	0,759	0,787	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,046	1,096	1,157	1,299	
0,62	0,646	0,672	0,699	0,726	0,753	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265	
0,63	0,613	0,639	0,666	0,693	0,720	0,748	0,777	0,807	0,837	0,870	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233	
0,64	0,581	0,607	0,634	0,661	0,688	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,056	1,201	
0,65	0,549	0,576	0,602	0,629	0,657	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,180	
0,66	0,519	0,545	0,572	0,599	0,626	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138	
0,67	0,488	0,515	0,541	0,568	0,596	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108	
0,68	0,459	0,485	0,512	0,539	0,566	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875	0,936	1,078	
0,69	0,429	0,456	0,482	0,509	0,537	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049	
0,70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020	
0,71	0,372	0,398	0,425	0,452	0,480	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992	
0,72	0,344	0,370	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964	
0,73	0,316	0,343	0,370	0,396	0,424	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936	
0,74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,656	0,706	0,766	0,909	
0,75	0,262	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882	
0,76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855	
0,77	0,209	0,235	0,262	0,289	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829	
0,78	0,183	0,209	0,236	0,263	0,290	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,474	0,511	0,552	0,599	0,660	0,802	
0,79	0,158	0,183	0,209	0,236	0,264	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776	
0,80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,608	0,750	
0,81	0,104	0,131	0,157	0,184	0,212	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724	
0,82	0,079	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698	
0,83	0,052	0,079	0,105	0,132	0,160	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672	
0,84	0,028	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646	
0,85	0	0,028	0,053	0,080	0,107	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620	
0,86		0	0,027	0,054	0,081	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593	
0,87			0	0,027	0,054	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567	
0,88				0	0,027	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540	
0,89					0	0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512	
0,90						0	0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,342	0,484	

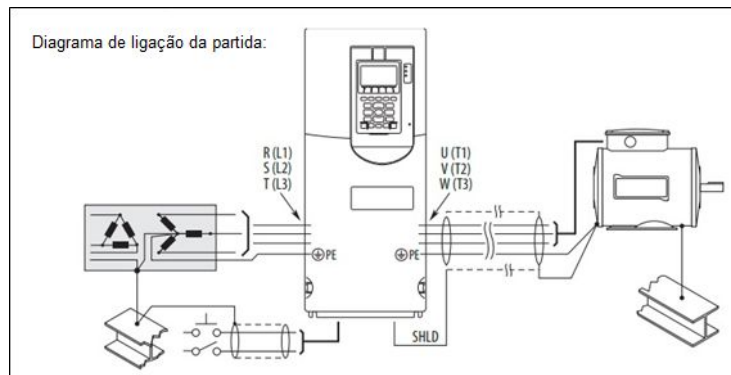
Chaves de Partida

Inversor de Frequência

Utilizamos o Inversor PowerFlex 750 da RockWell. E escolhemos dois motores os 3, 4 como exemplo levando em consideração o menor e maior entre os motores:

Para o Motor 3 - 30cv, 380V, $I_n = 44,35$ A. Escolha do PowerFlex 750, - modelo 20x a C060

Para o Motor 4 - 150 cv, 380V, $I_n = 211,91$ A . Escolha do PowerFlex 750 750 - modelo 20x a C260.



Exemplo de conexão do inversor
Alimentação - Inversor - Carga

Projeto luminotécnico (Cálculos)

Dados do problema:

- Medidas: 20x15x4,6;
- Atividade: Escritório;
- Índice de refletância: 571 (Teto claro, parede branca, piso escuro);
- Foi adotado uma refletância de 551 pois não existe na tabela o índice de 571.
- Lâmpadas de 4x32W Fluorescente;

Resolução:

- Iluminância mantida: 500 Lux (escritório) Tabela NBR 5995
- Luminária escolhida: 4 lâmpadas de 32 watts, TMS 500 C/RA 500

Determinar o índice do local pela equação:

$$K = (CL) (Hm(C + L))$$

$$Hm = 4,6 - (0,8 + 1,0) = 2,8$$

$$K = (2015) (2,8 (20 + 15)) = 3,00$$

De acordo com a tabela 13.7 do Hélio Creder é definido o coeficiente de utilização pelo índice do local (3,00) e refletância(551) sendo equivalente à 0,79, o fator de manutenção (depreciação) foi definido de acordo com a tabela 13.9 igual a 0,67.

Tabela 13.7

K

TMS 500

RA 500

TMS 500 c/ RA 500 - 1 TLD 32W

ÍNDICE
DO
LOCAL
K

REFLETÂNCIAS

751 731 711 551

531

511

331

311

000

0,60	0,44	0,38	0,34	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,33
0,80	0,52	0,46	0,42	0,51	0,46	0,42	0,45	0,42	0,40
1,00	0,59	0,53	0,49	0,57	0,52	0,49	0,52	0,48	0,46
1,25	0,64	0,59	0,55	0,63	0,58	0,55	0,58	0,54	0,52
1,50	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,59	0,57
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67	0,69	0,66	0,64
3,00	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69
4,00	0,84	0,82	0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78	0,75
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,80	0,77

Tabela 13.9

Fator de Manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de um ano, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira.
0,67	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12 000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira.
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12 000 h, substituição individual, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira.
0,50	Ambiente sujo, ciclo de manutenção de três anos, 8 000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8 000 h, LLB, substituição em grupo, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira.

Projeto luminotécnico (DiaLux)

Tabela 13.4

Sendo assim calculamos o fluxo luminoso:

$$\Phi = ((20 \times 15) \times 500) \div (0,79 \times 0,67) = 283,393 \text{ lumens}$$

Usando lâmpadas de 32W fluorescente o fluxo luminoso é 2700 de acordo com a tabela 13.4, portanto:

$$\Phi = 4 \times 2700 = 10.800 \text{ lúmens/luminária}$$

O número de luminárias é definido pela seguinte equação:

$$N = \Phi \div \Phi$$

$$N = 283.393 \div 10.800 = 26,24 \approx 28 \text{ luminárias}$$

Incandescente		Fluorescente		Vapor de mercúrio	
Potência (watts)	Fluxo luminoso (lumens)	Potência (watts)	Fluxo luminoso (lumens)	Potência (watts)	Fluxo luminoso (lumens)
25	230	20	1 100	80	3 600
40	450	32	2 950*	125	6 300
60	800	40	3 000 3 500*	250	12 700
100	1 500	110	7 800	400	22 000

*Lâmpada de alto rendimento

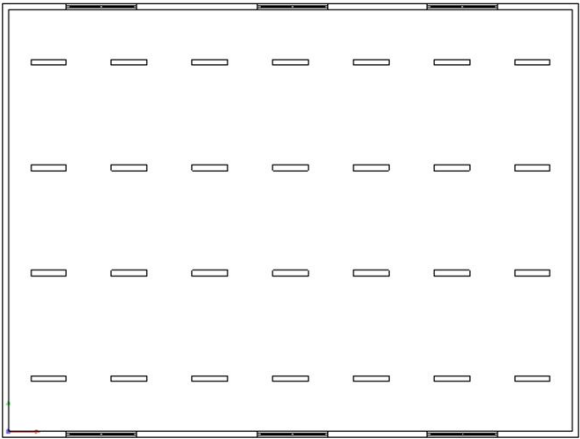


Diagrama unifilar (concessionária e empresa)

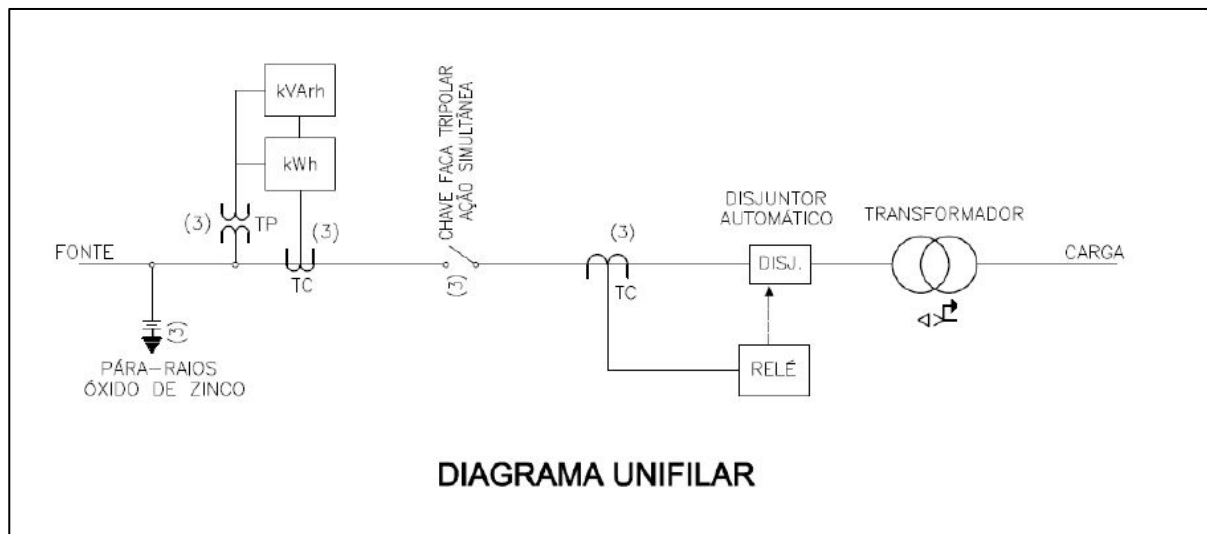


Diagrama unifilar modelo - Norma NT.00002.EQTL.09

Temos na norma da concessionária o diagrama unifilar padrão que podemos, ter como parâmetro para uma visualização clara de como é a instalação até a carga efetivamente ligada a subestação.

Diagrama unifilar (Empresa)

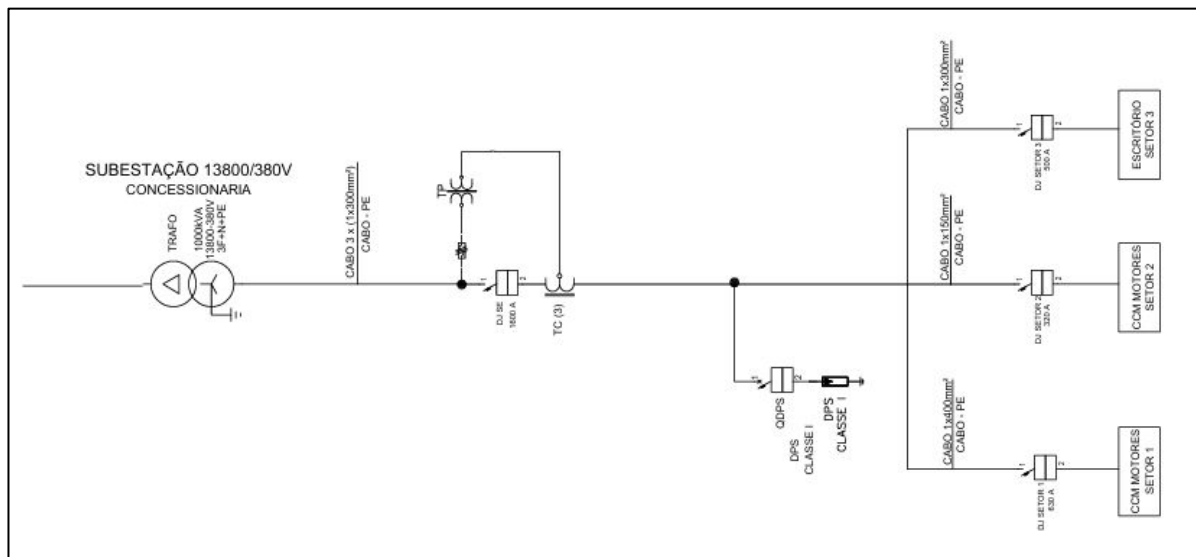
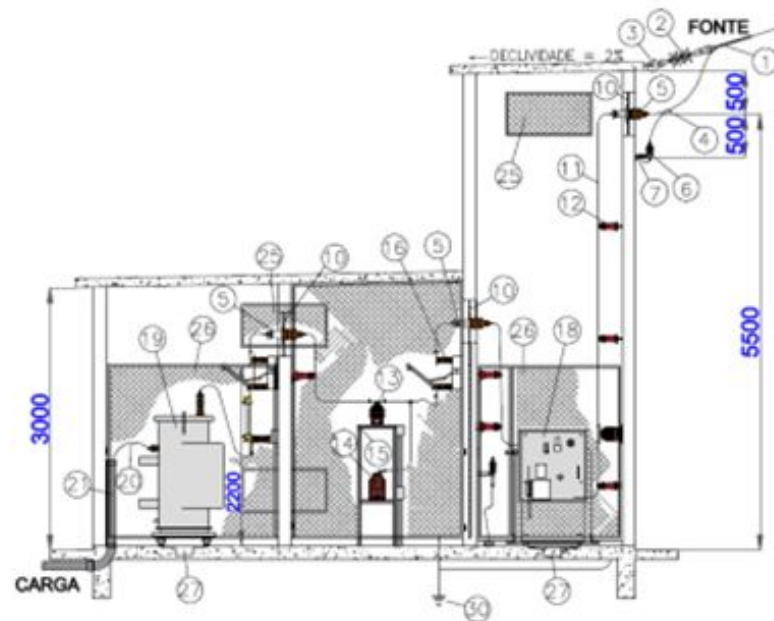
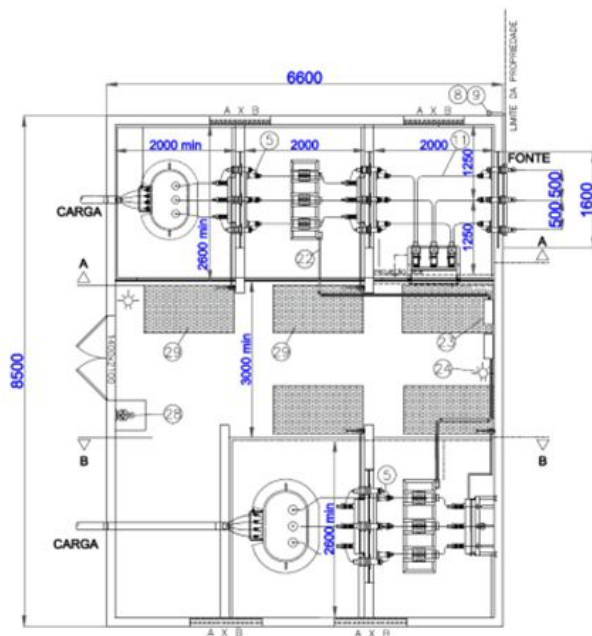


Diagrama unifilar da empresa a partir da subestação - Desenvolvido pelo grupo

Subestação Abrigada

Segundo a norma da concessionária para essa demanda devemos construir uma subestação do tipo ao tempo no solo ou subestação abrigada (alvenaria ou cabine), definimos seguir com a subestação abrigada em alvenaria.



CORTE - AA

Encontramos também a recomendação de realizar a construção de uma subestação compartilhada o que é ideal para futuras ampliações.

Subestação Abrigada

- Especificação sumária:

LEGENDA – DESENHO 29A

Item	Material	Especificação Técnica
01	Alça Pré-formada Para Cabo de Alumínio (*)	ET.00102
02	Isoladores de Ancoragem 15kV, 24,2kV ou 36,2kV(*)	ET.00176
03	Gancho Olhal; Porca-Olhal ; Parafuso Cabeça Quadrada Ø 16 x 250mm	ET.00125, ET.00120 e ET.00104
04	Conector Cunha (*)	ET.00147
05	Bucha de Passagem – 15 kV, 24,2kV ou 36,2kV	-
06	Para-raios Óxido de Zinco 12 kV, 10 kA para 13,8 kV (*) Para-raios Óxido de Zinco 30 kV, 10 kA para 34,5 kV (*) Para-raios Óxido de Zinco 21kV, 10 kA para 24,2 kV (*)	ET.00002
07	Suporte Para Para-raios/Isoladores Suporte em Cantoneira de Aço Galvanizado 1.1/2" x 1.1/2" x 3/16" com 1.200 mm de Comprimento	-
08	Cabo de Cobre Nu Ø 50mm² (mínimo) – Aterramento	ET.00133
09	Eletroduto Rígido PVC Diâmetro 25mm	ET.00166
10	Chapa Galvanizada 1600 x 600mm com 3/16" de espessura (Aterrada)	-
11	Barramento de Cobre Tipo Vergalhão, Tubo ou Barra	-
12	Isolador Suporte, 15 kV, 24,2kV ou 36,2kV Uso Interno	-

13	Transformador de Corrente 15kV, 24,2kV ou 36,2kV Medição (Fornecimento CONCESSIONÁRIA)	ET.00006
14	Transformador de Potencial Medição 15kV, 24,2kV ou 36,2kV (Fornecimento CONCESSIONÁRIA)	ET.00303
15	Cavelete para Instrumentos de Medição	-
16	Chave Faca Tripolar Seca, 15KV, 24,2kV ou 36,2kV-630A acionamento simultâneo com fusível limitador de corrente tipo HH	-
17	Transformador de Corrente 15kV Proteção	-
18	Disjuntor Tripolar Automático, 630 A, 350 MVA, Isolamento Para 15 KV ,24,2 KV e 36,2 kV	-
19	Transformador Distribuição	ET.00001, ET.00008 ou ET.00014
20	Cabo de Cobre Isolado XLPE 90°, EPR 90° ou HEPR 90° – Isolamento 0,6/1kV	-
21	Eletroduto 4" Aço Galvanizado	ET.00122
22	Eletroduto de Aço Galvanizado 1.1/2" pesado, zincado por imersão a quente	ET.00122
23	Caixa Padrão Para Instalação de Medidores (*)	NT.00030
24	Iluminação Artificial	-
25	Veneziana Para Ventilação Permanente com Grade de Proteção com Armação de Cantoneira e Tela de Arame Galvanizado n° 18 BWG com Malha Máxima de 13mm Sistema de Palhetas Metálicas	-
26	Grade de Proteção Removível com Armação de Cantoneira e Tela de Arame Galvanizado n° 12BWG, com Malha Mínima de 13mm e Máxima de 20mm	-
27	Bacia de Contenção de Óleo	-
28	Extintor de Incêndio – CO2 6 kg Mínimo	-
29	Tapete Isolante	-
30	Malha de Terra	-
31	Tubo de PVC ½" com tampa externa	-

Nota 135: Os materiais marcados com (*) devem obrigatoriamente ser de fornecedores homologados pela CONCESSIONÁRIA.

Cálculos e simulações de curto-circuito

Foi desenvolvido uma planilha a fim de facilitar os cálculos de curto circuito para os diversos pontos da instalação, sendo assim é possível verificar os resultado na tabela abaixo:

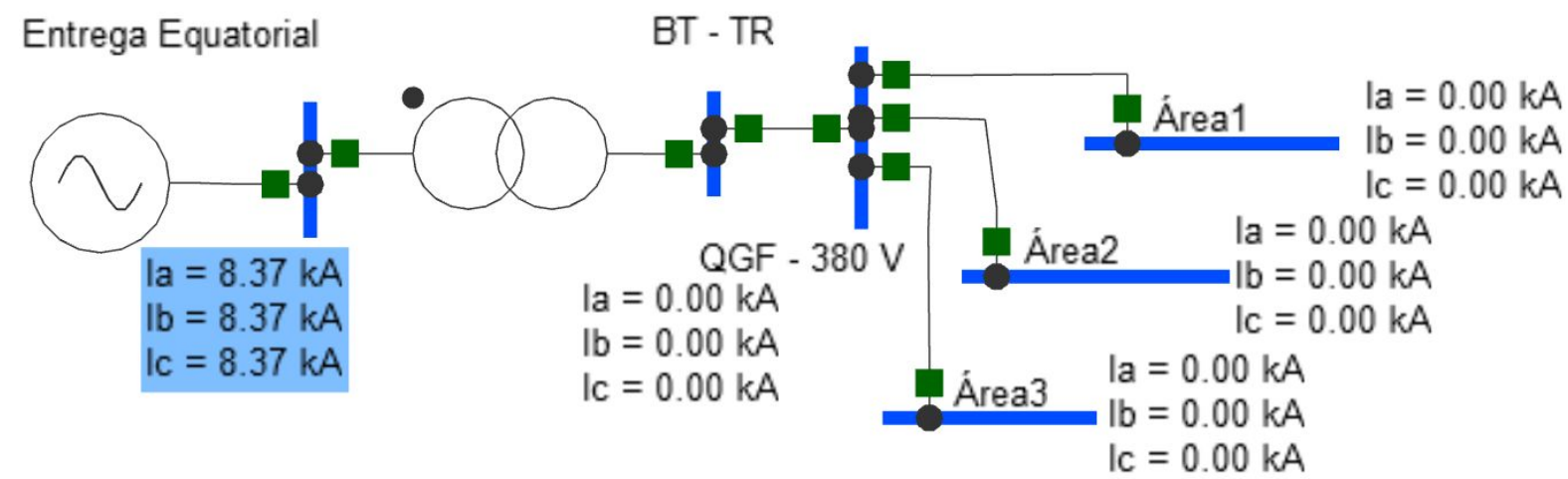
Setor	Corrente de curto-circuito			
	trifásico (Ics) - kA	monofásico franco (Icft) - kA	Fator de assimetria	Corrente de curto assimétrica (Ica) - kA
Ponto de entrega	8,36 < -88,85°	6,971 < -88,72°	-	-
Secundário do transformador	33,89 < -74,33°	33,17 < -74,63°	-	-
Barramento área 1	23,19< -66,99°	22,86 < -67,30°	1,24	28,75
Barramento área 2	17,55 < -52,83°	17,39< -53,21°	1,1	19,31
Barramento área 3	21,64 < -64,6°	26,22 < - 63,17°	1,19	25,75

Tabela de Resultados dos calculos de curto circuitos

Validação com software PSP-UFU

Para a validação dos cálculos foi desenvolvido uma modelagem no software PSP-UFU, é possível observar que ficou dentro de valores consideráveis, veja abaixo as simulações:

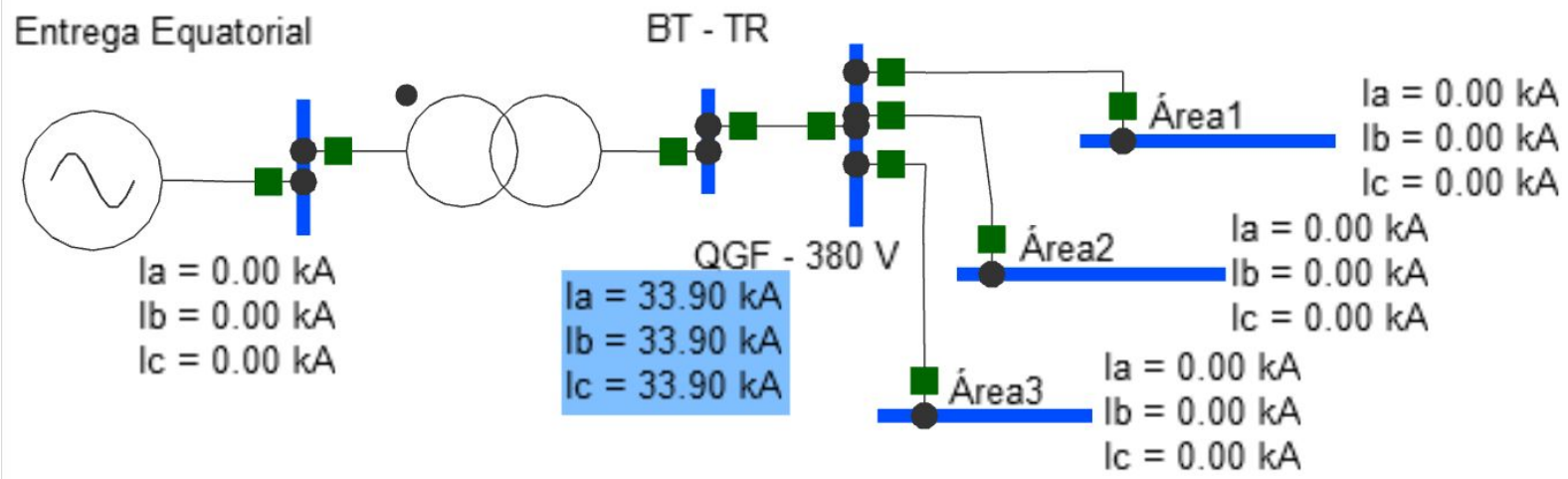
Setor	trifásico (Ics) - kA
Ponto de entrega	8,36 < -88,85°
Secundário do transformador	33,89 < -74,33°
Barramento área 1	23,19 < -66,99°
Barramento área 2	17,55 < -52,83°
Barramento área 3	21,64 < -64,6°



Curto Circuito trifásico no ponto de entrega da concessionária

Validação com software PSP-UFU

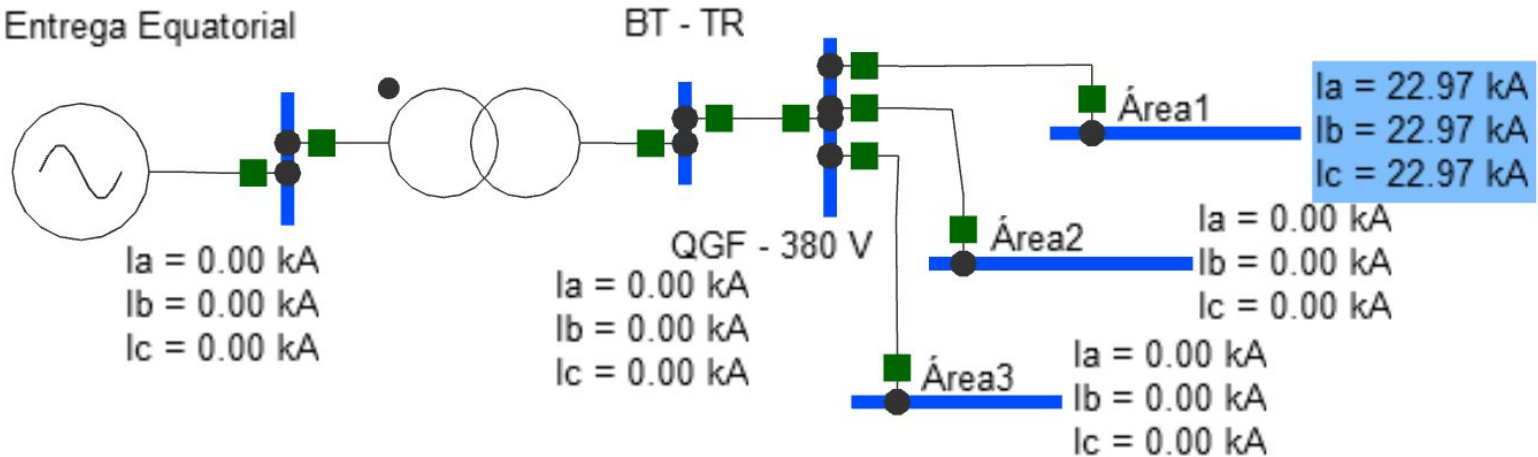
Setor	trifásico (lcs) - kA
Ponto de entrega	8,36 < -88,85°
Secundário do transformador	33,89 < -74,33°
Barramento área 1	23,19 < -66,99°
Barramento área 2	17,55 < -52,83°
Barramento área 3	21,64 < -64,6°



Curto circuito trifásico no secundário do transformador

Validação com software PSP-UFU

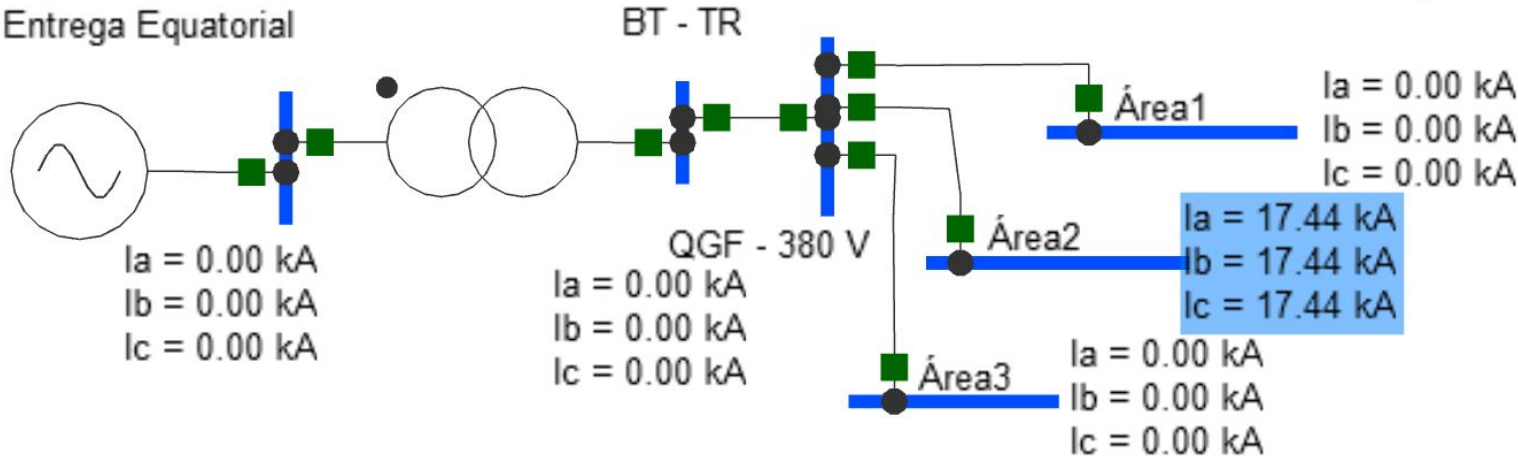
Sector	trifásico (lcs) - kA
Ponto de entrega	8,36 < -88,85°
Secundário do transformador	33,89 < -74,33°
Barramento área 1	23,19 < -66,99°
Barramento área 2	17,55 < -52,83°
Barramento área 3	21,64 < -64,6°



Curto circuito trifásico na área 1

Validação com software PSP-UFU

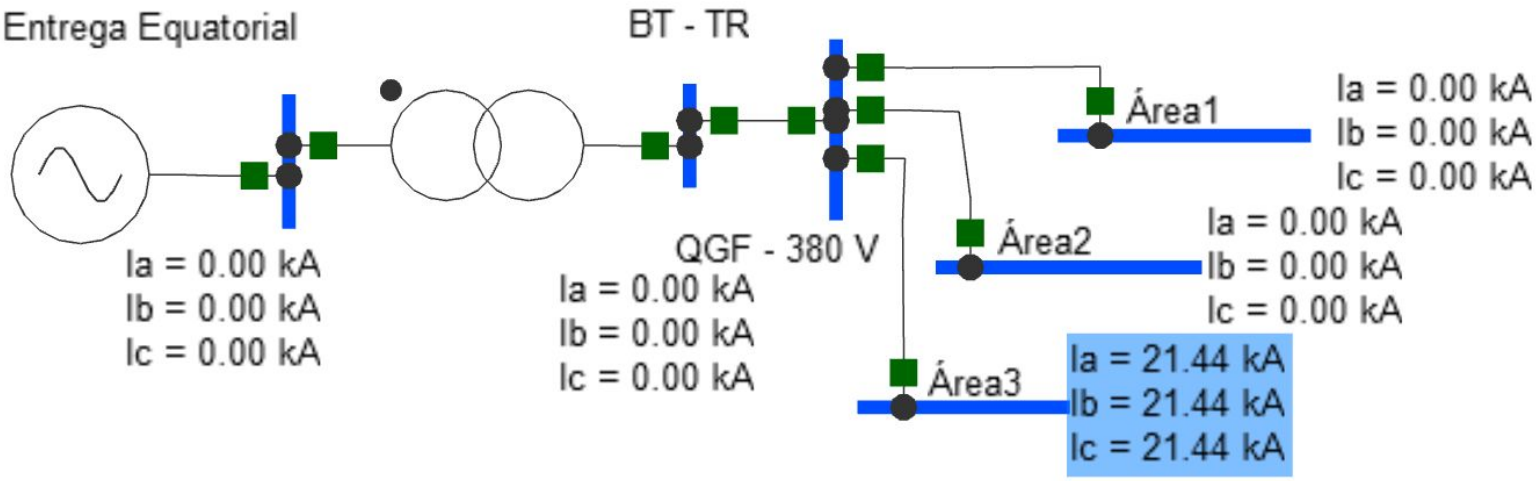
Setor	trifásico (lcs) - kA
Ponto de entrega	8,36 < -88,85°
Secundário do transformador	33,89 < -74,33°
Barramento área 1	23,19 < -66,99°
Barramento área 2	17,55 < -52,83°
Barramento área 3	21,64 < -64,6°



Curto circuito trifásico na área 2

Validação com software PSP-UFU

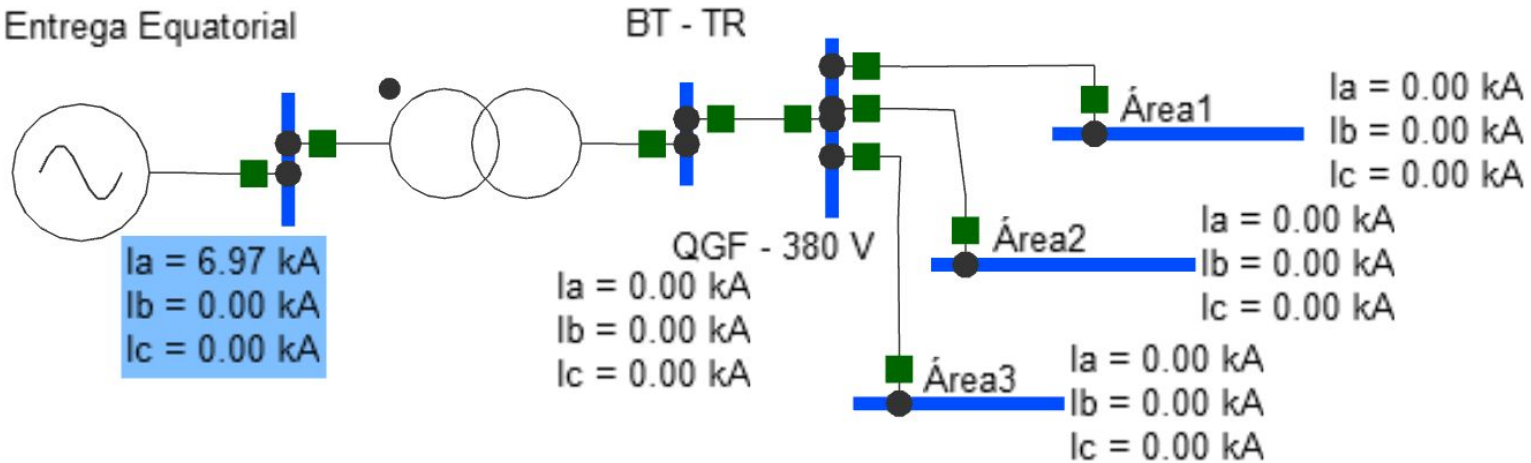
Setor	trifásico (lcs) - kA
Ponto de entrega	8,36 < -88,85°
Secundário do transformador	33,89 < -74,33°
Barramento área 1	23,19 < -66,99°
Barramento área 2	17,55 < -52,83°
Barramento área 3	21,64 < -64,6°



Curto circuito trifásico na área 3

Validação com software PSP-UFU

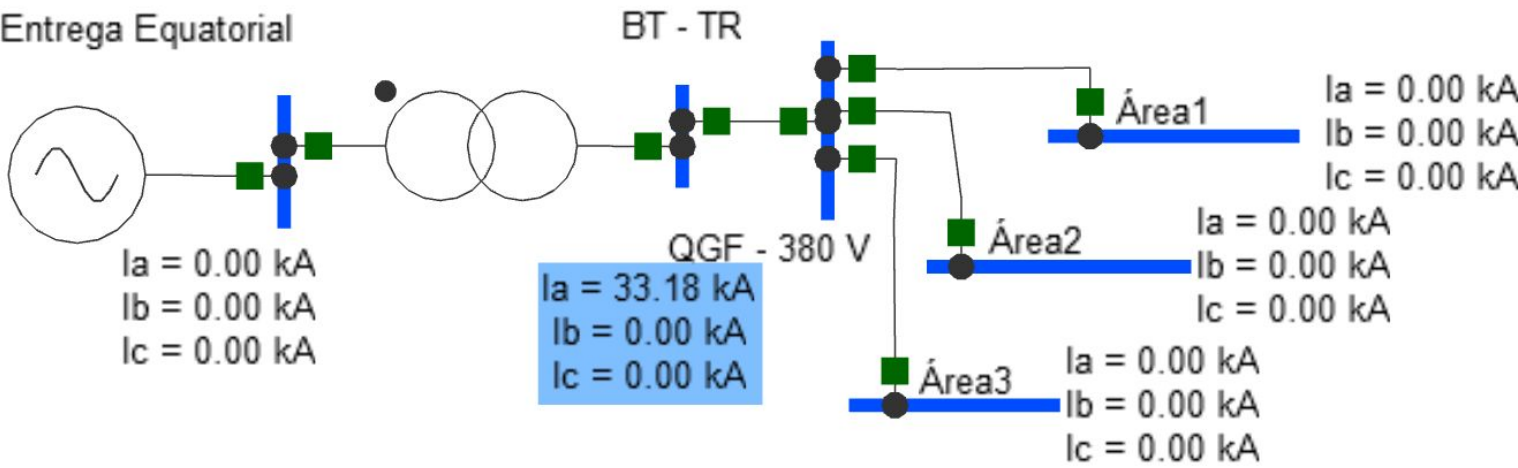
Setor	monofásico franco (lcf) - kA
Ponto de entrega	6,971 < -88,72°
Secundário do transformador	33,17 < -74,63°
Barramento área 1	22,86 < -67,30°
Barramento área 2	17,39 < -53,21°
Barramento área 3	26,22 < -63,17°



Curto fase-terra no ponto de entrega

Validação com software PSP-UFU

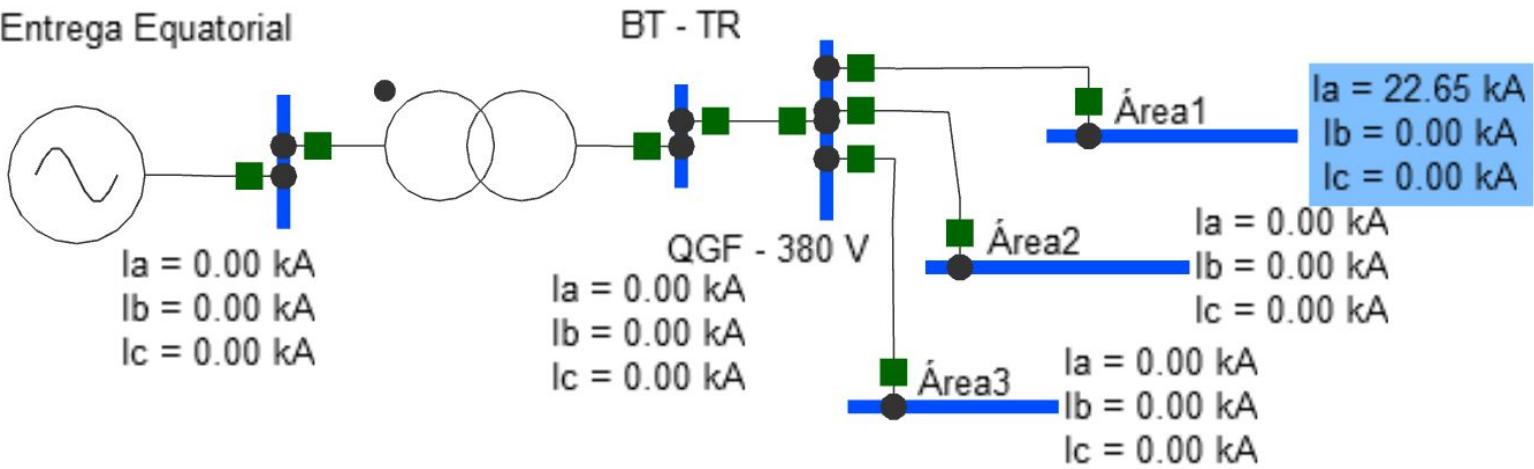
Setor	monofásico franco (lcf) - kA
Ponto de entrega	6,971 < -88,72°
Secundário do transformador	33,17 < -74,63°
Barramento área 1	22,86 < -67,30°
Barramento área 2	17,39 < -53,21°
Barramento área 3	26,22 < -63,17°



Curto fase-terra no secundário do transformador

Validação com software PSP-UFU

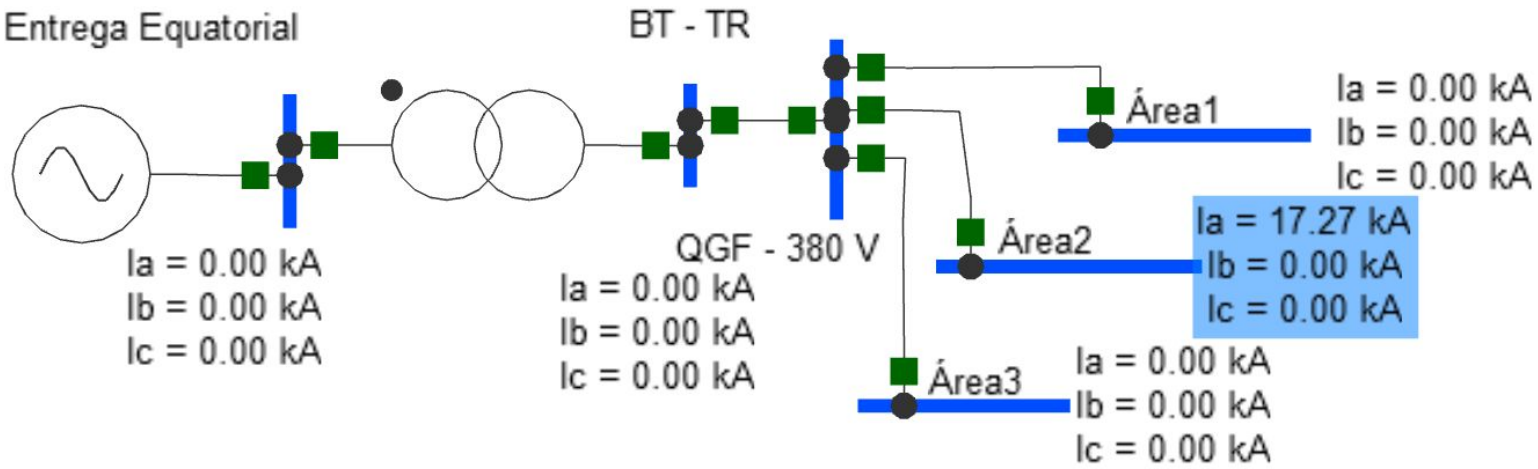
Setor	monofásico franco (lcf) - kA
Ponto de entrega	6,971 < -88,72°
Secundário do transformador	33,17 < -74,63°
Barramento área 1	22,86 < -67,30°
Barramento área 2	17,39 < -53,21°
Barramento área 3	26,22 < -63,17°



Curto fase-terra na área 1

Validação com software PSP-UFU

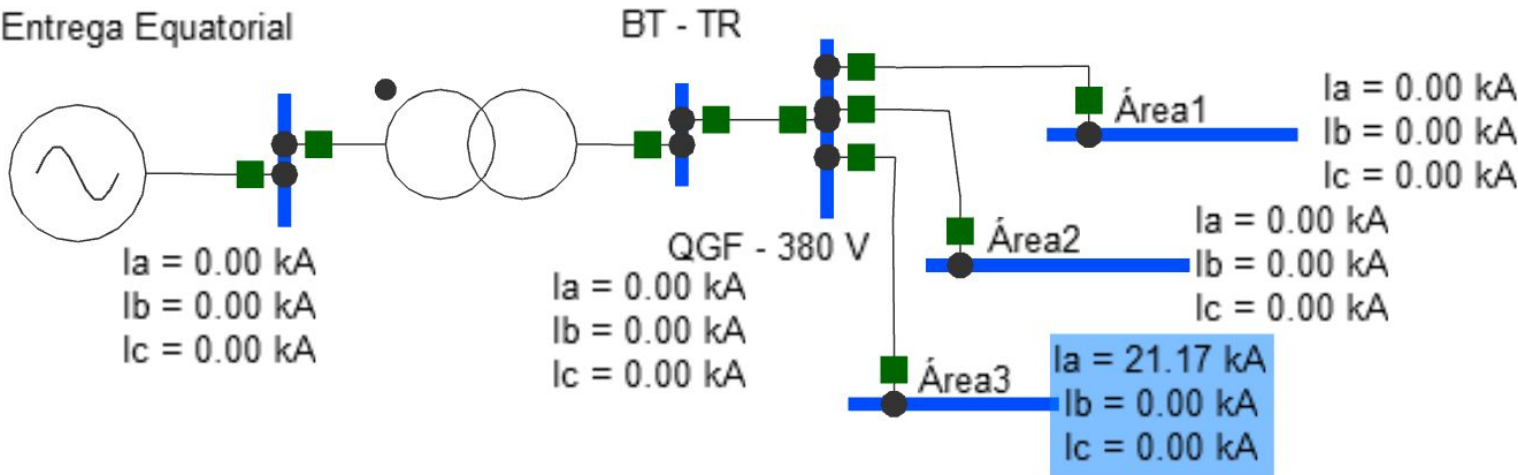
Setor	monofásico franco (lcf) - kA
Ponto de entrega	6,971 < -88,72°
Secundário do transformador	33,17 < -74,63°
Barramento área 1	22,86 < -67,30°
Barramento área 2	17,39 < -53,21°
Barramento área 3	26,22 < -63,17°



Curto fase-terra na área 2

Validação com software PSP-UFU

Setor	monofásico franco (lcf) - kA
Ponto de entrega	6,971 < -88,72°
Secundário do transformador	33,17 < -74,63°
Barramento área 1	22,86 < -67,30°
Barramento área 2	17,39 < -53,21°
Barramento área 3	26,22 < -63,17°



Curto fase-terra na área 3

Carregamento dos Circuitos após Correção do FP

Os bancos de capacitores para o Setor 1 e 2 fornecem potência reativa localmente, reduzindo a necessidade de que essa potência reativa seja suprida pela fonte (transformador, concessionária, etc.), portanto:

$$\Delta V = \frac{P_c X_{cir}}{10 V_{cir}^2} (\%)$$

Para o Setor 1:

$$\Delta V = \frac{89,72 \times 0,07}{10 \times 380^2} = \frac{6,2804}{10 \times 144400} = \frac{6,2804}{1.444.000} \approx 0,00000435\%$$

Para o Setor 2:

$$\Delta V = \frac{58,75 \times 0,07}{10 \times 380^2} = \frac{4,1125}{1.444.000} = \approx 0,000285\%$$

Esses valores extremamente baixos de queda de tensão — inferiores a 0,001% — demonstram que, com a correção do fator de potência, a corrente nos condutores caiu significativamente.

Ganhos no FP e perdas evitada

Se o FP mensal ficar abaixo de 0,92, a Equatorial aplica uma tarifa extra sobre o consumo reativo excedente

Valor da penalidade: R\$ 0,38 por kVA_{rh} excedente (valor de referência médio, pode variar por bandeira tarifária e contrato)

- Evita multa por energia reativa excedente
- Reduz corrente elétrica total, liberando capacidade do transformador e dos cabos
- Menor queda de tensão = melhor desempenho dos motores
- Aumento da eficiência energética geral

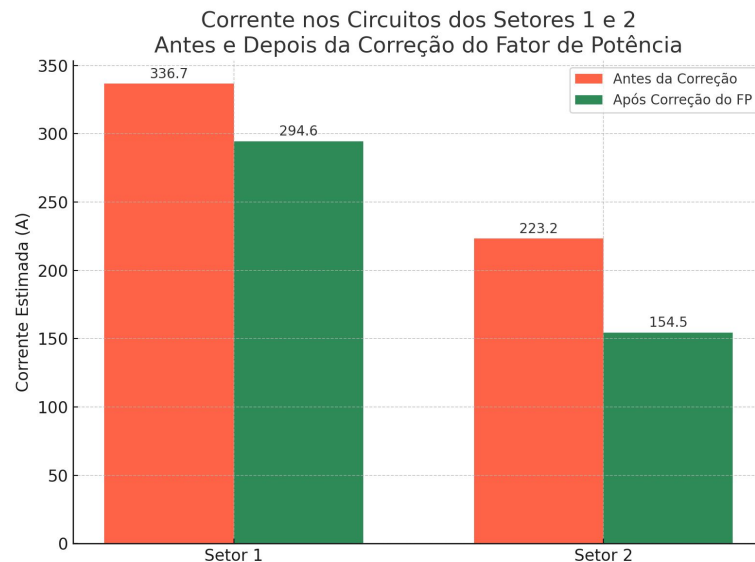


Gráfico de Comparação da Correção do FP -
Desenvolvido pelo grupo

Eficiência, segurança e conformidade

- Adequação completa às normas da concessionária (NT.00002.EQTL) e NBR 5410
- Correção do fator de potência evitando penalidades tarifárias
- Dimensionamento seguro de condutores, disjuntores e transformadores
- Simulações robustas (curto-circuito e PSP-UFU) garantindo segurança operacional
- Redução de perdas e aumento da vida útil dos equipamentos
- Projeto pronto para liberação sem pendências técnicas

Preparado para ampliações futuras

- Transformador com margem de sobra (1000 kVA vs 815 kVA de demanda)
- Infraestrutura com capacidade reservada para expansão
- Canalização e alimentação setorial pensadas para modularidade
- Solução de FP escalável: bancos de capacitores por setor
- Diagrama unifilar claro, com possibilidade de inserção de novos ramais
- Projeto que antecipa o crescimento — visão estratégica de longo prazo

Aplicação prática de normas, softwares e catalogos

- NT.00002.EQTL - A NORMA DA CONCESSIONÁRIA.
- Catálogo da Weg - Modelo W22 Super Premium - Motores.
- Catálogo da Siemetrafo - Transformadores a óleo trifásico 1000 kVA.
- Prysmian, Rev. 9- Guia de dimensionamento de cabo.
- NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.
- Catálogo da Siemens - fichas técnicas macro - Disjuntores.
- Catálogo da Rock - Produtos PowerFlex série 750 - Inversor.
- Livro do Hélio Creder - Instalações elétrica, 16 ed.
- DiaLux - Simulação do Luminotécnico
- PSP - UFU - Simulação do Curto Circuito
- AutoCAD - Diagrama unifilar

 AUTOCAD



OBRIGADO!

Dúvidas?

Responsáveis: Edson Luiz Mass Junior; Jemilly Baptista do Nascimento Lima; Lucas da Silva Faustino; Matheus Sheid dos Santos.

