

# Instalações Eléctricas III

## Projecto de uma Linha de Média Tensão

Semestre de Verão – 98 / 99

### **Alunos:**

Vitor Filipe	Nº 18938
José Silva	Nº 18967
João Parreira	Nº 20087

# INDÍCE

1 - CÁLCULO DOS APOIOS DE ALINHAMENTO (NORMAL) .....	4
<i>Exemplos de cálculo</i> .....	4
Apoio n.º 3 .....	4
2 - CÁLCULO DOS APOIOS DE ÂNGULO .....	5
<i>Exemplo de cálculo</i> .....	5
Apoio n.º 38 .....	5
Apoio n.º 48 .....	5
3 - CÁLCULO DOS APOIOS DE REFORÇO EM ÂNGULO .....	6
<i>Exemplo de cálculo</i> .....	6
Apoio n.º 15 .....	6
4 - CÁLCULO DO APOIO DE FIM DE LINHA .....	7
Apoio n.º 56 .....	7
5 - CÁLCULO DOS APOIOS DE REFORÇO EM DERIVAÇÃO (ÂNGULO).....	7
Apoio n.º 1 .....	8
6 - SELECÇÃO DOS APOIOS A APLICAR .....	9
Apoio n.º 1 .....	9
7 - CÁLCULO DAS ARMAÇÕES DE ALINHAMENTO .....	12
<i>Exemplo de cálculo</i> .....	12
Armação do apoio n.º 3.....	12
8 - CÁLCULO DAS ARMAÇÕES DE REFORÇO EM ÂNGULO .....	12
<i>Exemplo de cálculo</i> .....	12
Apoio n.º 15 .....	12
9 - CÁLCULO DAS ARMAÇÕES DE ÂNGULO .....	13
<i>Exemplo de cálculo</i> .....	13
Apoio n.º 38 .....	13
10 - ARMAÇÃO FIM DE LINHA .....	14
11 - ARMAÇÃO DE DERIVAÇÃO .....	15
12 - ESCOLHA DOS ISOLADORES .....	17
12.1 - Para os apoios de alinhamento normais .....	17
12.2 - Para os apoios de fim de linha reforçados .....	17
12.3 - Para os apoios de ângulo normais .....	17
12.4 - Para os apoios de reforço em ângulo .....	17
13 - VERIFICAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE CONDUTORES .....	19
13.1 - Cálculo para cada armação .....	20
13.1.1 - Armações de alinhamento - TAL .....	20
13.1.2 - Armações de ângulo - TAN .....	20
13.1.3 - Armações de reforço - TRF .....	20
13.1.4 - Armação de fim de linha - TFL .....	21
13.1.5 - Armação de derivação - HDR .....	21
14 - MACIÇOS DE FUNDAÇÃO .....	22

---

14.1 – Dimensionamento do maciço – Apoio nº 56 (Fim de linha).....	23
14.3 – Cálculo do momento derrubante .....	24
15 – REGULAÇÃO DA LINHA .....	25
15.1 – Regulação pelas Tracções – $S_e$ (vão equivalente) .....	25
15.2 – Regulação pela Flecha – $S_r$ (vão de regulação) .....	25
16 – CONDIÇÕES REGULAMENTARES DE SEGURANÇA .....	26
16.1 – Condições gerais.....	26
16.2 – Travessias e cruzamentos .....	26
16.2.1 – Travessias de estradas nacionais e/ou municipais.....	26
16.2.2 – Cruzamento com linhas de B.T. e de telecomunicações.....	26
16.3 – Ligação dos apoios á terra.....	27
17 – CÁLCULO ELÉCTRICO DA LINHA .....	28
17.1 – Condições gerais.....	28
17.2 – Cálculos.....	28
17.2.1 – Resistência da linha .....	28
17.2.2 – Reactância Indutiva .....	28
17.2.3 – Potência activa .....	28
17.2.4 – Comprimento total da linha .....	29
17.2.5 – Queda de tensão .....	29
17.2.6 – Potência máxima no extremo da linha .....	30
17.2.7 – Corrente de curto circuito .....	31
18 – CÁLCULO DO CABO SUBTERRÂNEO .....	31

## 1 - CÁLCULO DOS APOIOS DE ALINHAMENTO (NORMAL)

### Exemplos de cálculo

#### Apoio n.º 3

- Esforço no sentido normal à linha (eixo yy's):

$$F_y = 3 \cdot w \cdot (S_1 + S_2)$$

$$w = \frac{\alpha \cdot c \cdot q \cdot d \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 0,981$$

$S_1$  e  $S_2$  são vãos adjacentes ao apoio em causa;

$q$  = Pressão dinâmica do vento (Artº 13º);

$q = 750 \text{ daN/mm}^2 \rightarrow$  Até 30 m acima do solo;

$\alpha$  = Coeficiente de redução (Artº 14º);

$\alpha = 0,6 \rightarrow$  Nos apoios, nas travessas e nos isoladores;

$c$  = coeficiente de forma (Artº 15º);

$c = 1,2$

$d$  = Diâmetro do cabo ( através do quadro 1.1 )

$d = 5,1 \text{ mm}$

$$w = \frac{0,6 \cdot 1,2 \cdot 750 \cdot 5,1 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 0,981 = 0,135 [\text{daN/m}]$$

- Com vento perpendicular à linha:

$$F_y = 3 \cdot 0,135 \cdot (100 + 100)$$

$$F_y = 81 [\text{daN}]$$

- Sem vento:

$$F_x = \frac{F_y}{5} = 16,2 [\text{daN}]$$

## 2 - CÁLCULO DOS APOIOS DE ÂNGULO

### Exemplo de cálculo

#### Apoio n.º 38

- Esforço no sentido da bissetriz do ângulo (eixo dos yy's):

$$F_y = 3 \cdot [w \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2) + 2 \cdot T \cdot \sin \beta]$$

T = Tracção máxima; **Atenção: A tracção máxima é a multiplicação da tensão máxima pela secção real do condutor. Nós neste trabalho não consideramos isto, pelo que a linha está subsubsubdimensionada** (isto foi escrito após a discussão do trabalho com o eng. Loureiro):  $T = 12 \cdot 15.89 = 190.68 \text{ daN}$

$$T = 12 \text{ daN/mm}^2$$

$$\beta = \frac{\alpha}{2} = \frac{4}{2} = 2^\circ$$

$$F_y = 3 \cdot [0,135 \cdot \cos^2 2 \cdot (145 + 85) + 2 \cdot 12 \cdot \sin 2]$$

$$F_y = 95,55 [\text{daN}]$$

- Sem vento:
- Esforço no sentido normal à bissetriz do ângulo (eixo xx's):

$$F_x = \frac{3 \cdot w \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2)}{5}$$

$$F_x = \frac{3 \cdot 0,135 \cdot \cos^2 2 \cdot (145 + 87,5)}{5}$$

$$F_x = 18,81 [\text{daN}]$$

#### Apoio n.º 48

$$\alpha = 13^\circ$$

$$\beta = 6,5^\circ$$

$$F_y = 3 \cdot [0,135 \cdot \cos^2 6,5 \cdot (75 + 137,5) + 2 \cdot 12 \cdot \sin 6,5]$$

$$F_y = 93,11[daN]$$

$$F_x = \frac{3 \cdot w \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2)}{5}$$

$$F_x = \frac{3 \cdot 0,135 \cdot \cos^2 6,5 \cdot (75 + 137,5)}{5}$$

$$F_x = 16,99[daN]$$

### 3 – CÁLCULO DOS APOIOS DE REFORÇO EM ÂNGULO

*Nota: São colocados no máximo de 15 em 15 vãos ( Artº 63 )*

*Apoios n.º: 15, 28, 42, 56*

#### Exemplo de cálculo

*Apoio n.º 15*

- Esforço no sentido da bissectriz do ângulo (eixo yy's):

$$F_y = 3 \cdot [w \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2) + 2 \cdot T \cdot \sin \beta]$$

T = Tracção máxima;

$$T = 12 \text{ daN/mm}^2$$

$$\beta = \frac{\alpha}{2} = \frac{8}{2} = 4^\circ$$

$$F_y = 3 \cdot [0,135 \cdot \cos^2 4 \cdot (70 + 100) + 2 \cdot 12 \cdot \sin 4]$$

$$F_y = 73,54[daN]$$

- Esforço no sentido normal à bissectriz do ângulo (eixo xx's):

$$F_x = 2 \cdot T = 2 \cdot 12 = 24[daN]$$

#### **4 – CÁLCULO DO APOIO DE FIM DE LINHA**

##### ***Apoio n.º 56***

- Esforço no sentido normal à linha (eixo yy's):

$$F_y = 3 \cdot w \cdot S$$

$$F_y = 3 \cdot 0,135 \cdot 67,5$$

$$F_y = 27,34[daN]$$

- Esforço no sentido da linha :

$$F_x = 3 \cdot T$$

$$F_x = 3 \cdot 12$$

$$F_x = 36[daN]$$

#### **5 – CÁLCULO DOS APOIOS DE REFORÇO EM DERIVAÇÃO (ÂNGULO)**

Linha Derivada:

$$S_d = 100 \text{ m}$$

$$\beta_d = 278^\circ$$

$$T_d = 12 \text{ daN/mm}^2$$

$$W_d = 0,135 \text{ daN/m}$$

Linha Principal:

$$S_l = 130 \text{ m}$$

$$S_2 = 140 \text{ m}$$

$$\beta = 39^\circ$$

**Apoio n.º 1**

Hipótese 1 – vento perpendicular

- Esforço no sentido normal à linha principal:

$$\beta = 39^\circ$$

$$\beta_d = 278^\circ$$

$$F_y = 3 \cdot \left[ w \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2) + w_d \cdot \cos^2 \beta_d \cdot S_d + |2 \cdot T \cdot \sin \beta + T_d \cdot \sin \beta_d| \right]$$

$$\alpha = 2 \cdot \beta = 78^\circ$$

Linha principal:

$$T = 8 \text{ daN/mm}^2$$

$$w = \frac{\alpha \cdot c \cdot q \cdot d \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 0,981 = \frac{0,6 \cdot 1,2 \cdot 750 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 0,981 = 0,238 [\text{daN/m}]$$

$$S_1 = 130 \text{ m}$$

$$S_2 = 140 \text{ m}$$

$$\beta = 39^\circ$$

Então:

$$F_y = 3 \cdot \left[ 0,238 \cdot \cos^2 39^\circ \cdot (130 + 140) + 0,135 \cdot \cos^2 278^\circ \cdot 100 + |2 \cdot 8 \cdot \sin 39^\circ + 12 \cdot \sin 278^\circ| \right]$$

$$F_y = 117,74 [\text{daN}]$$

- Esforço no sentido normal à bissectriz do ângulo da linha principal (eixo xx's):

$$F_x = 3 \cdot |T_d \cdot \cos \beta_d| = 3 \cdot |12 \cdot \cos 278^\circ| = 5,01 [\text{daN}]$$

Hipótese 2 – Sem vento

- Esforço no sentido da bissectriz do ângulo da linha principal (eixo yy's):

$$F_y = 3 \cdot |T_d \cdot \sin \beta_d| = 3 \cdot |12 \cdot \sin 278^\circ| = 35,65 [\text{daN}]$$

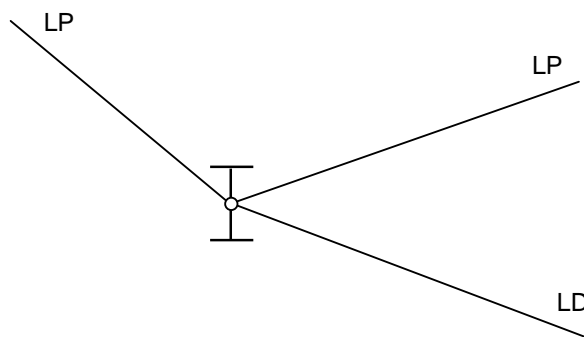
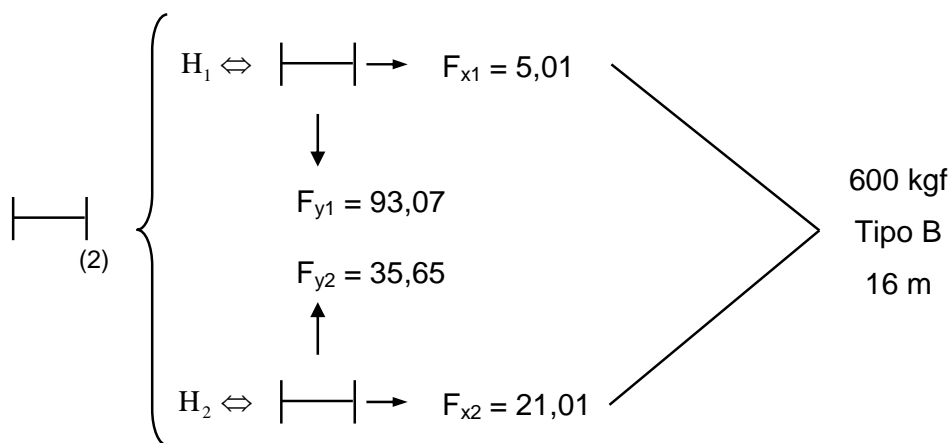
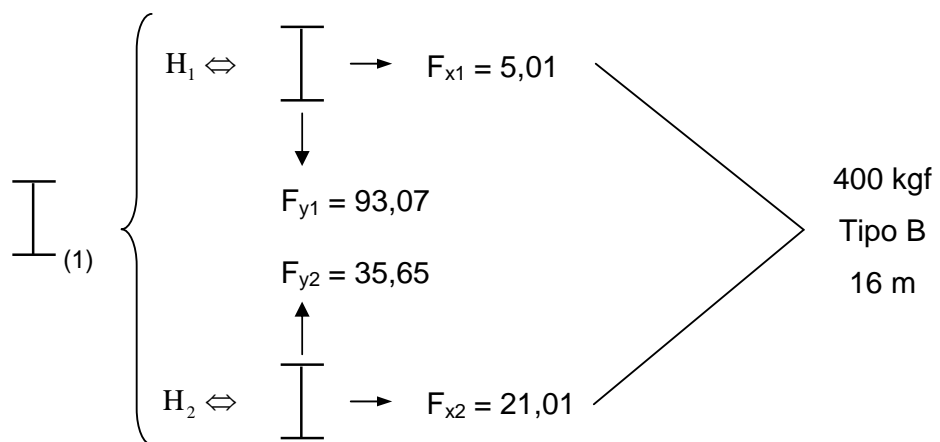


- Esforço no sentido normal à bissectriz do ângulo da linha principal (eixo xx's):

$$F_x = 2 \cdot T + 3 \cdot |T_d \cdot \cos \beta_d| = 2 \cdot 8 + 3 \cdot |12 \cdot \cos 278| = 21,01 [daN]$$

## 6 – SELECÇÃO DOS APOIOS A APLICAR

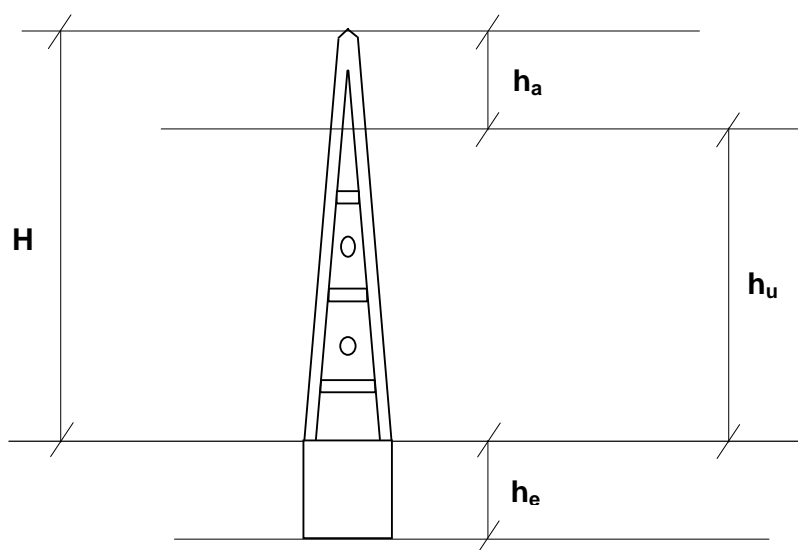
*Apoio nº 1*



Conclui-se que o apoio mais económico é o de 400 kgf Tipo B.

Nota: Tabela das alturas dos diversos apoios:

H	he	ha	hu
9	1,4	1,3	6,3
10	1,5	1,3	7,2
11	1,6	1,3	8,1
12	1,7	1,3	9
13	1,8	1,3	9,9
14	1,9	1,3	10,8
15	2	1,3	11,7
16	2	1,3	12,6
17	2	1,3	13,7
18	2	1,3	14,7
19	2	1,3	15,7
20	2	1,3	16,7
21	2	1,3	17,7



APOIO N.º	Tipo Isolamento	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>x</sub>	Tipo Apoio	H(altura)[m]
1	AR	.....	100	111,74	5,01	400 Kgf Tipo B	16
2	AR/A	100	100	95,85	14,48	400 Kgf Tipo B	16
3	R	100	100	81	16,2	200 Kgf Tipo B	13
4	R	100	100	81	16,2	200 Kgf Tipo B	13
5	RR	100	70	68,85	13,77	200 Kgf Tipo B	13
6	RR	70	70	56,7	11,34	200 Kgf Tipo B	13
7	R	70	122,5	77,96	15,59	200 Kgf Tipo B	13
8	R	122,5	112,5	95,18	19,04	400 Kgf Tipo B	17
9	RR	112,5	125	96,19	19,24	200 Kgf Tipo B	13
10	RR	125	75	81	16,2	200 Kgf Tipo B	13
11	RR	75	75	60,75	12,15	200 Kgf Tipo B	13
12	RR	75	100	70,88	14,18	200 Kgf Tipo B	13
13	RR	100	65	66,83	13,77	400 Kgf Tipo B	17
14	RR	65	70	54,68	10,94	200 Kgf Tipo B	13
15	AR/AR	70	100	73,54	24	400 Kgf Tipo B	16
16	RR	100	70	68,85	13,77	400 Kgf Tipo B	16
17	RR	70	70	56,7	11,34	200 Kgf Tipo B	13
18	R	70	70	56,7	11,34	200 Kgf Tipo B	13
19	R	70	70	56,7	11,34	200 Kgf Tipo B	13
20	R	70	70	56,7	11,34	200 Kgf Tipo B	13
21	R	70	85	62,78	12,56	300 Kgf Tipo B	15
22	R	85	145	93,15	18,63	300 Kgf Tipo B	13
23	R	145	120	107,33	21,47	300 Kgf Tipo B	13
24	RR	120	92,5	86,03	17,21	300 Kgf Tipo B	13
25	RR	92,5	112,5	83,03	16,61	300 Kgf Tipo B	13
26	RR	112,5	110	90,11	18,02	300 Kgf Tipo B	13
27	R	110	97,5	84,04	16,81	300 Kgf Tipo B	13
28	A/A	97,5	90	80,05	24	200 Kgf Tipo B	13
29	RR	90	90	72,9	14,58	200 Kgf Tipo B	14
30	RR	90	90	72,9	14,58	400 Kgf Tipo B	16
31	RR	90	90	72,9	14,58	400 Kgf Tipo B	16
32	R	90	87,5	71,89	14,38	200 Kgf Tipo B	13
33	R	87,5	100	75,94	15,19	200 Kgf Tipo B	13
34	R	100	100	81	12,96	600 Kgf Tipo B	21
35	RR	100	60	64,8	12,96	400 Kgf Tipo B	16
36	RR	60	67,5	51,64	16,33	400 Kgf Tipo B	16
37	R	67,5	145	86,06	17,21	600 Kgf Tipo B	21
38	A/A	145	87,5	95,54	18,81	200 Kgf Tipo B	13
39	RR	87,5	87,5	70,88	14,18	400 Kgf Tipo B	16
40	RR	87,5	87,5	70,88	14,18	400 Kgf Tipo B	18
41	AR/AR	87,5	50	55,69	11,14	200 Kgf Tipo B	13
42	AR/AR	50	100	60,75	24	400 Kgf Tipo B	18
43	RR	100	100	81	16,2	400 Kgf Tipo B	16
44	R	100	100	81	16,2	400 Kgf Tipo B	16
45	RR	100	112,5	86,06	17,21	400 Kgf Tipo B	16
46	RR	112,5	47,54	64,8	12,96	400 Kgf Tipo B	18
47	R	47,5	75	49,61	9,92	200 Kgf Tipo B	13
48	A/A	75	137,5	87,68	16,99	200 Kgf Tipo B	13
49	R	137,5	80	88,09	17,62	200 Kgf Tipo B	13
50	RR	80	80	64,8	12,96	200 Kgf Tipo B	13
51	RR	80	80	64,8	12,96	200 Kgf Tipo B	13
52	R	80	100	72,9	14,58	200 Kgf Tipo B	13
53	R	100	100	81	16,2	200 Kgf Tipo B	13
54	R	100	70	68,85	13,77	200 Kgf Tipo B	13

55	R	70	67,5	55,69	11,14	200 Kgf Tipo B	13
56	A	70	.....	27,34	36	200 Kgf Tipo B	14

## 7 – CÁLCULO DAS ARMAÇÕES DE ALINHAMENTO

### Exemplo de cálculo

#### Armação do apoio n.º 3

- Esforço horizontal transversal:

$$F_T = w \cdot (S_1 + S_2)$$

$$F_T = 0,135 \cdot (100 + 100) = 27[daN]$$

- Esforço vertical :

$$w' = \frac{w_0}{2} = \frac{0,1414}{2} = 0,0707[daN/m]$$

$$F_V = w' \cdot (S_1 + S_2)$$

$$F_V = 0,0707 \cdot (100 + 100) = 14,14[daN]$$

## 8 – CÁLCULO DAS ARMAÇÕES DE REFORÇO EM ÂNGULO

### Exemplo de cálculo

#### Apoio n.º 15

Hipótese 1:

- Esforço horizontal:

$$F_t = \omega \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2) + 2 \cdot T \cdot \sin \beta$$

$$F_t = 0,135 \cdot \cos^2 4 \cdot (70 + 100) + 2 \cdot 12 \cdot \sin 4 = 24,51[daN]$$

- Esforço vertical:

$$\omega_0 = 0,141[daN/m]$$

$$\omega' = 0,0707[daN/m]$$

$$F_v = \omega'(S_1 + S_2)$$

$$F_v = 0,0707 \cdot (70 + 100)$$

$$F_v = 12,019[daN]$$

- Esforço horizontal longitudinal unilateral:

$$F_l = T \cdot \cos \beta$$

$$F_l = 12 \cdot \cos 4$$

$$F_l = 11,97[daN]$$

Hipótese 2:

*Não é de considerar.*

## 9 – CÁLCULO DAS ARMAÇÕES DE ÂNGULO

**Exemplo de cálculo**

*Apoio n.º 38*

Hipótese 1:

- Esforço horizontal transversal :

$$F_t = \omega \cdot \cos^2 \beta \cdot (S_1 + S_2) + 2 \cdot T \cdot \sin \beta$$

$$F_t = 0,135 \cdot \cos^2 2 \cdot (145 + 87,5) + 2 \cdot 12 \cdot \sin 2$$

$$F_t = 32,19[daN]$$

- Esforço vertical :

$$F_v = \omega'(S_1 + S_2)$$

$$F_v = 0,0707 \cdot (145 + 87,5)$$

$$F_v = 16,44[daN]$$

- Esforço horizontal longitudinal:

$$F_l = T \cdot \cos \beta$$

$$F_l = 12 \cdot \cos 2$$

$$F_l = 11,99[daN]$$

## **10 – ARMAÇÃO FIM DE LINHA**

Hipótese 1:

- Esforço horizontal:

$$F_t = \omega \cdot S$$

$$F_t = 0,135 \cdot 67,5$$

$$F_t = 9,11[daN]$$

- Esforço vertical:

$$F_v = \omega' \cdot S$$

$$F_v = 0,0707 \cdot 67,5$$

$$F_v = 4,77[daN]$$

- Esforço longitudinal :

$$F_l = T = 12[daN]$$

## **11 – ARMAÇÃO DE DERIVAÇÃO**

Hipótese 1:

- Esforço horizontal transversal:

$$F_t = \omega \cdot \text{sen}^2 \beta \cdot S + T \cdot \cos \beta$$

$$F_t = 0,135 \cdot \text{sen}^2 39 \cdot 100 + 12 \cdot \cos 39$$

$$F_t = 14,67[daN]$$

- Esforço vertical :

$$F_v = \omega' \cdot S$$

$$F_v = 0,0707 \cdot 100$$

$$F_v = 7,07[daN]$$

- Esforço longitudinal :

$$F_l = T \cdot \text{sen} \beta$$

$$F_l = 12 \cdot \text{sen} 39$$

$$F_l = 7,55[daN]$$

APOIO Nº	Tipo Isolamento	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	F <sub>T</sub>	F <sub>V</sub>	F <sub>I</sub>	Tipo Armação
1		.....	100	14.67	7,07	7,55	PFL80
2	AR/A	100	100	31.95	14,14	11,35	TAN/TRF
3	R	100	100	27	14,140	.....	TAL
4	R	100	100	27	14,140	.....	TAL
5	RR	100	70	22.95	12,019	.....	TAL
6	RR	70	70	18.9	9,898	.....	TAL
7	R	70	122,5	25.99	13.61	.....	TAL
8	R	122,5	112,5	31.73	16.61	.....	TAL
9	RR	112,5	125	32.06	16.79	.....	TAL
10	RR	125	75	27	14,140	.....	TAL
11	RR	75	75	20.25	10,61	.....	TAL
12	RR	75	100	23.63	12,37	.....	TAL
13	RR	100	65	22.28	11,6655	.....	TAL
14	RR	65	70	18.23	9,5445	.....	TAL
15	AR/AR	70	100	24.51	12,019	11,97	TRF 60
16	RR	100	70	22.95	12,019	.....	TAL
17	RR	70	70	18.9	9,898	.....	TAL
18	R	70	70	18.9	9,898	.....	TAL
19	R	70	70	18.9	9,898	.....	TAL
20	R	70	70	18.9	9,898	.....	TAL
21	R	70	85	20.93	10,9585	.....	TAL
22	R	85	145	31.05	16,261	.....	TAL
23	R	145	120	35.78	18,7355	.....	TAL
24	RR	120	92,5	28.69	15,0238	.....	TAL
25	RR	92,5	112,5	16.43	14,4935	.....	TAL
26	RR	112,5	110	30.04	15,7308	.....	TAL
27	R	110	97,5	28.01	14,6703	.....	TAL
28	A/A	97,5	90	26.68	13,26	11,98	TRF 60
29	RR	90	90	24.3	12,726	.....	TAL
30	RR	90	90	24.3	12,726	.....	TAL
31	RR	90	90	24.3	12,726	.....	TAL
32	R	90	87,5	23.96	12,5493	.....	TAL
33	R	87,5	100	25.31	13,2563	.....	TAL
34	R	100	100	27	14,140	.....	TAL
35	RR	100	60	21.6	11,312	.....	TAL
36	RR	60	67,5	17.21	9,0143	.....	TAL
37	R	67,5	145	29.69	15,0238	.....	TAL
38	A/A	145	87,5	32.19	16,44	11,99	TAN/TRF
39	RR	87,5	87,5	23.63	12,3725	.....	TAL
40	RR	87,5	87,5	23.63	12,3725	.....	TAL
41	AR/AR	87,5	50	18.56	9,72	11,98	TAN/TRF
42	AR/AR	50	100	24.27	10,6	11,75	TRF 60
43	RR	100	100	27	14,140	.....	TAL
44	R	100	100	27	14,140	.....	TAL
45	RR	100	112,5	28.69	15,0238	.....	TAL
46	RR	112,5	47,5	21.6	11,312	.....	TAL
47	R	47,5	75	16.54	8,6608	.....	TAL
48	A/A	75	137,5	28.77	15,02	11,92	TRF 60
49	R	137,5	80	29.36	15,3773	.....	TAL
50	RR	80	80	21.6	11,312	.....	TAL
51	RR	80	80	21.6	11,312	.....	TAL
52	R	80	100	24.3	12,726	.....	TAL
53	R	100	100	27	14,140	.....	TAL
54	R	100	70	22.95	12,019	.....	TAL



55	R	70	67,5	18.96	9,7213	.....	TAL
56	A	67,5	.....	9.11	4,77	12	TFL 60

## 12 – ESCOLHA DOS ISOLADORES

Com o auxílio do Quadro 2.15 escolheu-se:

### 12.1 – Para os apoios de alinhamento normais

- Isoladores rígidos de eixo vertical normal:

Para zona de poluição fraca: 1 x ARD 85

- Isoladores rígidos de eixo vertical reforçado:

Para zona de fraca poluição : 1 x ARD 102

### 12.2 – Para os apoios de fim de linha reforçados

- Isoladores de cadeias de amarração normal:

Para zona de poluição fraca : 3 x AAB 1404

### 12.3 – Para os apoios de ângulo normais

- Isoladores de cadeia de amarração normal:

Para zona de poluição fraca : 3 x AAB 1404

### 12.4 – Para os apoios de reforço em ângulo

- Isoladores de cadeia de amarração reforçada:

Para zona de poluição fraca : 4 x AAB 1404

APOIO N.º	Tipo Isolamento	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	Tipo de Isolador
1		.....	100	4xAAB 1404
2	AR/A	100	100	4xAAB 1404
3	R	100	100	1xARD 85
4	R	100	100	1xARD 85
5	RR	100	70	1xARD 102
6	RR	70	70	1xARD 102
7	R	70	122,5	1xARD 85
8	R	122,5	112,5	1xARD85
9	RR	112,5	125	1xARD 102
10	RR	125	75	1xARD 102
11	RR	75	75	1xARD 102
12	RR	75	100	1xARD 102
13	RR	100	65	1xARD 102
14	RR	65	70	1xARD 102
15	AR/AR	70	100	4xAAB 1404
16	RR	100	70	1xARD 102
17	RR	70	70	1xARD 102
18	R	70	70	1xARD 85
19	R	70	70	1xARD 85
20	R	70	70	1xARD 85
21	R	70	85	1xARD 85
22	R	85	145	1xARD 85
23	R	145	120	1xARD 85
24	RR	120	92,5	1xARD 102
25	RR	92,5	112,5	1xARD 102
26	RR	112,5	110	1xARD 102
27	R	110	97,5	1xARD 85
28	A/A	97,5	90	3xAAB 1404
29	RR	90	90	1xARD 102
30	RR	90	90	1xARD 102
31	RR	90	90	1xARD 102
32	R	90	87,5	1xARD 85
33	R	87,5	100	1xARD 85
34	R	100	100	1xARD 85
35	RR	100	60	1xARD 102
36	RR	60	67,5	1xARD 102
37	R	67,5	145	1xARD 85
38	A/A	145	87,5	3xAAB 1404
39	RR	87,5	87,5	1xARD 102
40	RR	87,5	87,5	1xARD 102
41	AR/AR	87,5	50	4xAAB 1404
42	AR/AR	50	100	4xAAB 1404
43	RR	100	100	1xARD 102
44	R	100	100	1xARD 85
45	RR	100	112,5	1xARD 102
46	RR	112,5	47,5	1xARD 102
47	R	47,5	75	1xARD 85
48	A/A	75	137,5	3xAAB 1404
49	R	137,5	80	1xARD 85
50	RR	80	80	1xARD 102
51	RR	80	80	1xARD 102
52	R	80	100	1xARD 85
53	R	100	100	1xARD 85
54	R	100	70	1xARD 85

55	R	70	67.5	1xARD 85
56	A	67,5	.....	3xAAB 1404

### 13 – VERIFICAÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE CONDUTORES

Um método directo da verificação da distância entre condutores é a determinação, referente a uma dada armação escolhida, do máximo vão equivalente que a permita utilizar, utilizando para isso a seguinte expressão:

$$S_{máx} = \sqrt{8 \cdot P \cdot \left[ \frac{D_g - \frac{U}{200}}{0,75 \cdot K} \right]^2} - d$$

Em que:

$D_g$  = distância de garantia dada pela armação;

$S_{máx}$  = vão máximo equivalente em metros;

$K$  = coeficiente dependente da natureza dos condutores (0,6 para condutores de cobre);

$U$  = tensão nominal da linha em kV;

$P$  = parâmetro considerado a 50 °C (sem vento, em metros, correspondente ao vão equivalente a utilizar no cálculo das flechas);

$d$  = comprimento das cadeias de isoladores em metros ( $d = 0$  para isoladores rígidos e cadeias de amarração).

Para o cálculo de  $P$  utiliza-se a seguinte expressão:

$$P = \frac{t \cdot A}{\omega_0} = \frac{6,82 \cdot 15.09}{0,1414} = 727,82[m]$$

Em que:

$t = 6,82 \text{ daN/mm}^2$  para um vão equivalente de 100 m e  $T = 12 \text{ daN/mm}^2$

$A$  = secção real do condutor =  $15.09 \text{ mm}^2$

$\omega_0$  = peso próprio do condutor em daN/m = 0,1414

Valores estes que foram retirados da quadro 1.1

### 13.1 – Cálculo para cada armação

#### 13.1.1 – Armações de alinhamento – TAL

Através do quadro 5.4 do capítulo 5 temos que para  $\beta = 0^\circ$  temos uma  $D_g = 1,69$  m.

Sendo assim o máximo vão equivalente para uma armação do tipo TAL é:

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot 727,82 \cdot \left[ \frac{1,69 - \frac{30}{200}}{0,75 \cdot 0,6} \right]^2} - 0$$

$$S_{ma'x} = 261,14[m]$$

O vão máximo é muito superior ao vão real, pelo que a armação garante a distância entre os condutores e verifica-se que a armação respeita a distância imposta pelo R.S.L.E.A.T.

#### 13.1.2 – Armações de ângulo – TAN

Através do quadro 5.4 do capítulo 5 temos que para um  $\beta$  compreendido entre 0 e  $74,79^\circ$  temos um  $D_g = 1,41$  m sendo o máximo vão equivalente para uma armação tipo TAN:

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot 727,82 \cdot \left[ \frac{1,41 - \frac{30}{200}}{0,75 \cdot 0,6} \right]^2} - 0$$

$$S_{ma'x} = 213,66[m]$$

Como o vão máximo da armação tipo TAN é superior ao máximo vão equivalente, verifica-se que as armações respeitam as distâncias entre condutores impostas pelo R.S.L.E.A.T.

#### 13.1.3 – Armações de reforço – TRF

Através do quadro 5.4 do capítulo 5 temos que para um  $\beta$  compreendido entre 0 e  $74,79^\circ$  temos um  $D_g = 1,41$  m sendo o máximo vão equivalente para uma armação tipo TRF:

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot 727,82 \cdot \left[ \frac{1,41 - \frac{30}{200}}{0,75 \cdot 0,6} \right]^2 - 0}$$

$$S_{ma'x} = 213,66[m]$$

Como o vão máximo da armação tipo TRF é superior ao máximo vão equivalente, verifica-se que as armações respeitam as distâncias entre condutores impostas pelo R.S.L.E.A.T.

#### 13.1.4 – Armação de fim de linha – TFL

Através do quadro 5.5 do capítulo 5 para  $\beta$  superior a  $52,61^\circ$  temos que:

$$Dg = 1,41 \text{ (No nosso caso } \beta = 90^\circ \text{)}$$

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot 727,82 \cdot \left[ \frac{1,41 - \frac{30}{200}}{0,75 \cdot 0,6} \right]^2 - 0}$$

$$S_{ma'x} = 213,66[m]$$

Como o vão máximo é muito superior ao vão real, a armação garante a distância entre os condutores e verifica-se que respeita a distância imposta pelo R.S.L.E.A.T.

#### 13.1.5 – Armação de derivação – HDR

Através do quadro 5.5 do capítulo 5 temos que, para uma armação HDR:

$$Dg = 0,89.K$$

Como:

$$\beta = 39^\circ$$

$$K = 0,63$$

Logo:

$$Dg = 0,561$$

Sendo assim:

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot P \cdot \left[ \frac{D_g - \frac{U}{200}}{0,75 \cdot K} \right]^2} - d$$

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot 727,82 \cdot \left[ \frac{0,561 - \frac{30}{200}}{0,75 \cdot 0,63} \right]^2} - 0$$

$$S_{ma'x} = 66,37[m]$$

Dado que o valor é inferior ao valor do vão equivalente vamos ter que utilizar uma armação em pórtico do tipo PFL80.

Pelo quadro 5.5 do capítulo 5:

$$Dg = 2,04 \cdot K$$

Como:

$$\beta = 39^\circ$$

$$K = 0,63$$

Logo:

$$Dg = 1,2852$$

Sendo assim:

$$S_{ma'x} = \sqrt{8 \cdot 727,82 \cdot \left[ \frac{1,2852 - \frac{30}{200}}{0,75 \cdot 0,63} \right]^2} - 0$$

$$S_{ma'x} = 183,33[m]$$

## 14 – MACIÇOS DE FUNDAÇÃO

De acordo com o capítulo 7 do Projecto Tipo, recomenda-se que, pelo menos, devem possuir maciços de fundação os apoios considerados nas seguintes situações:

- De fim de linha;
- De reforço;
- De derivação com tracção;
- De ângulo superior a 18°;
- Cujos isoladores estejam sujeitos a esforços verticais ascendentes (“enforcados”);
- De altura total igual ou superior a 18 m;
- Localizados em terrenos de aterro;
- Apoios que suportem cabos iguais ou superiores a 160 mm<sup>2</sup> para alumínio – aço ou 148 mm<sup>2</sup> para ligas de alumínio.

Foi suposto que a zona onde a linha será instalada possui como característica um terreno coerente (barro , argila) consistente e dificilmente amassavel.

Para o cálculo dos maciços o coeficiente de compressabilidade do terreno considerado será de  $C = 7 \text{ daN/cm}^3$  a 2 m de profundidade , de acordo com o quadro 7.1.

As dimensões dos maciços escolhidos foram obtidos, ou pela consulta das tabelas presentes no anexo VI ou por intermédio de cálculos para os casos em que não existam valores tabelados mediante o apoio em questão, utilizando para isso o auxilio do método de Salzberger.

#### **14.1 –Dimensionamento do maciço – Apoio nº 56 (Fim de linha)**

O calculo dos maciços foi realizada usando o método de Salzberger. Nestas condições os maciços serão constituídos sem cofragem e com enchimento total da cova aberta no solo.

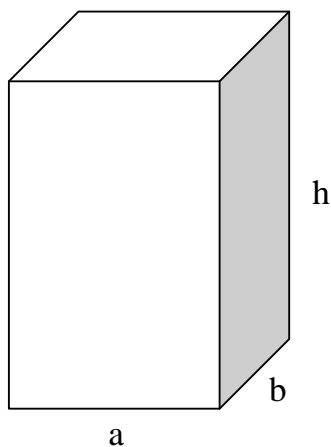
Admitiu-se a inclinação máxima dos apoios de 1% em consequência do deslocamento das fundações (Artº 74º do R.S.L.E.A.T.).

Para o cálculo dos maciços seguiram-se os seguintes passos:

- Cálculo da resultante das forças horizontais que actuam a 0,25 m do topo do apoio;
- Escolha das dimensões do maciço;
- Cálculo da resultante das forças verticais com o peso do maciço incluído;
- Cálculo do momento estabilizante;

- Cálculo do momento derrubante ;
- Verificação do coeficiente de segurança ao derrube em função da relação dos momentos estabilizante e derrubante.

#### 4.2 – Geometria do maciço :



#### 14.3 – Cálculo do momento derrubante

Tipo do apoio: 200 kgf – Tipo B

$H = 14 \text{ m}$

$h_e = 1,9 \text{ m}$

$$M_d = F \cdot \left( h - 0,25 + \frac{2}{3} \cdot h_e \right)$$

Em que:

$F$  = resultante das forças aplicadas ao apoio reduzida a 0,25 m do topo do apoio, em daN;

$h$  = altura do apoio fora do solo, em m;

$h_e$  = profundidade de enterramento, em m.



## 15 – REGULAÇÃO DA LINHA

### 15.1 – Regulação pelas Tracções – $S_e$ (vão equivalente)

*Nota: Todos estes valores foram extraídos da tabela de regulação para o cobre de  $16 \text{ mm}^2$  e Tracção máxima de  $12 \text{ daN/mm}^2$ .*

Todos os valores têm que ser multiplicados pela secção real do condutor, que no nosso caso é de  $15.08 \text{ mm}^2$ .

	$S_e = 100 \text{ m}$	$S_e = 98,05 \text{ m}$	$S_e = 101,85 \text{ m}$	$S_e = 99,77 \text{ m}$	$S_e = 87,5 \text{ m}$	$S_e = 50 \text{ m}$	$S_e = 96,22 \text{ m}$	$S_e = 97,42 \text{ m}$
	Cantão 1	Cantão 2	Cantão 3	Cantão 4	Cantão 5	Cantão 6	Cantão 7	Cantão 8
°C	T1 (daN)	T2 (daN)	T3 (daN)	T4 (daN)	T5 (daN)	T6 (daN)	T7 (daN)	T8 (daN)
10	116,12	113,86	118,27	115,85	101,61	141,15	111,73	113,12
15	111,14	108,97	113,2	110,88	97,25	130,44	106,94	108,27
20	106,46	104,38	108,43	106,22	93,15	120,19	102,44	103,71
25	102,24	100,28	104,13	102	89,46	110,54	98,38	99,6
30	98,32	96,4	100,14	98,09	86,03	101,64	94,6	95,78

### 15.2 – Regulação pela Flecha – $S_r$ (vão de regulação)

*Nota: O valor para cada vão de regulação de cada cantão, é escolhido como sendo o vão real mais próximo do vão equivalente.*

	$S_r = 100 \text{ m}$	$S_r = 100 \text{ m}$	$S_r = 100 \text{ m}$	$S_r = 100 \text{ m}$	$S_r = 87,5 \text{ m}$	$S_r = 50 \text{ m}$	$S_r = 100 \text{ m}$	$S_r = 100 \text{ m}$
	Cantão 1	Cantão 2	Cantão 3	Cantão 4	Cantão 5	Cantão 6	Cantão 7	Cantão 8
°C	f1 (m)	f2 (m)	f3 (m)	f4 (m)	f5 (m)	f6 (m)	f7 (m)	f8 (m)
10	1,47	1,47	1,47	1,47	1,1	0,3	1,47	1,47
15	1,54	1,54	1,54	1,54	1,16	0,33	1,54	1,54
20	1,61	1,61	1,61	1,61	1,22	0,36	1,61	1,61
25	1,67	1,67	1,67	1,67	1,62	0,39	1,67	1,67
30	1,74	1,74	1,74	1,74	1,69	0,42	1,74	1,74

*Nota: Valores tiradas da tabela da sebenta para cobre  $16 \text{ mm}^2$ .*

## **16 – CONDIÇÕES REGULAMENTARES DE SEGURANÇA**

### **16.1 – Condições gerais**

Na elaboração do presente projecto, foram tidas em conta as disposições regulamentares de segurança previstas no R.S.L.E.A.T., no que diz respeito às condições de travessia e cruzamentos e ainda á ligação à terra dos apoios de betão.

### **16.2 – Travessias e cruzamentos**

#### ***16.2.1 – Travessias de estradas nacionais e/ou municipais***

A distância dos condutores às estradas nacionais ou municipais é regulamentada pelo Artº 91º do R.S.L.E.A.T. é dada pela expressão:

$$D = 6,3 + 0,01 \cdot U$$

Esta distância não pode ser inferior ao valor dado pela expressão arredondada ao dm para U em kV sendo o mínimo de 7 m.

A distância dos apoios á zona de estrada regulamentada pelo Artº 92º não deverá distar, horizontalmente menos de:

- 5 m para auto-estradas, itinerários principais e itinerários complementares;
- 3 m no caso de outras vias de comunicação.

#### ***16.2.2 – Cruzamento com linhas de B.T. e de telecomunicações***

Os cruzamentos com linhas de B.T. e de telecomunicações são efectuadas, passando a linha de A.T. superiormente, garantindo o estipulado nos Artigos 108º e 111º.

Quando isto não é possível, a linha de menor tensão tem de ter reforço igual ou superior á linha de maior tensão.

As distâncias mínimas entre a linha de A.T. e as linhas de B.T. e de telecomunicações obedecem ao disposto nos Artigos 109º e 113º.

A distância dos apoios a essas linhas obedece ao disposto no Artº 114º.

### 16.3 – Ligação dos apoios á terra

A ligação dos apoios á terra deverá ser feita de acordo com os Artigos 147º, 152º, 153º, 156º e 157º do R.S.L.E.A.T., e com o capítulo 8 das “Recomendações para linhas aéreas de alta tensão até 30 kV”.

O Artº 147º estabelece as condições em que poderá ser dispensada a ligação á terra dos apoios de betão:

- A subestação que alimenta a linha esteja dotada de protecções eficientes fase-terra;
- Os apoios estejam implantados directamente no solo;
- Os apoios que não se encontrem estabelecidos em arruamentos de aglomerados populacionais ou outros locais onde normalmente permaneçam pessoas;
- Os apoios que não tenha instalados interruptores ou seccionadores;
- As linhas que não estejam dotadas de cabo de guarda.

#### Dimensões mínimas dos condutores de terra (Artº 153º):

Os condutores de terra, se de cobre, não terão secção nominal inferior a 16mm<sup>2</sup> fora do solo, nem inferior a 35mm<sup>2</sup> na parte enterrada e se de outro material terão pelo menos secção electricamente equivalente.

#### Características dos eléctrodos de terra (Artº 156º):

Os eléctrodos de terra deverão ter dimensões que permitam dar escoamento às correntes de terra previstas, de forma a que o seu potencial e o gradiente de potencial à superfície do solo sejam o menor possível.

Os eléctrodos de terra serão de cobre, de aço galvanizado ou de aço revestido a cobre ou qualquer outro material apropriado, sob a forma de chapas, de varetas de tubos de perfilados, de cabos ou fitas.

#### Implantação dos eléctrodos de terra ( Artº 157 º ) :

As chapas, varetas, tubos e perfilados deverão ficar enterrados verticalmente no solo, a uma profundidade tal que, entre a superfície do solo e o eléctrodo exista uma distância mínima de 0,8 m.

A profundidade para os cabos ou fitas não será inferior a 0,6 m.

## **17 – CÁLCULO ELÉCTRICO DA LINHA**

### **17.1 – Condições gerais**

O cálculo eléctrico efectuado pressupõe a situação limite, em que todos os postos de transformação estão a fornecer a sua potência máxima.

### **17.2 – Cálculos**

#### **17.2.1 – Resistência da linha**

Utilizando a seguinte expressão:

$$r_{\theta} = r_{\theta 0} \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

Em que:

$$r_{\theta 0} = 1,130 [\Omega / km] \rightarrow \theta_0 = 20^{\circ} C$$

(Valor tirado do quadro 1.1 da sebenta)

$$t = \theta - \theta_0 = 40 - 20 = 20^{\circ} C$$

$$\alpha_{cu} = 0,00393 [/^{\circ}C]$$

$$r_{40^{\circ}} = r_{20^{\circ}} \cdot (1 + 0,00393 \cdot (40 - 20))$$

$$r_{40^{\circ}} = 1,219 \Omega / km$$

#### **17.2.2 – Reactância Indutiva**

O valor da reactância indutiva da linha foi obtido a partir do quadro 1.3 das “Recomendações para linhas aéreas da alta tensão até 30 kV”.

$$X = 0,412 \Omega / km$$

#### **17.2.3 – Potência activa**

$$N.^{\circ} \text{ de PT's} = 25$$

$$\text{Potência de cada PT} - S = 250 \text{ kVA}$$

$$\text{Potência total} - S_t = 25 \cdot 250 = 6250 \text{ kVA}$$

Considerando um  $\cos \varphi = 0,8 \Rightarrow \varphi = 36,87^\circ$

$$P = S \cdot \cos \varphi = 6250 \cdot 0,8$$

$$P = 5 \text{ MW}$$

#### 17.2.4 – Comprimento total da linha

$$l = \sum l_i = 4,980 [\text{km}]$$

#### 17.2.5 – Queda de tensão

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Como R e X vêm em  $\Omega/\text{km}$ :

$$\Delta U = R \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot l \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Multiplicando e dividindo por  $3U_s$  e dividindo por  $\cos \varphi$  ambos os membros vem:

$$\Delta U = \frac{3 \cdot U_s \cdot R \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{3 \cdot U_s \cdot \cos \varphi} + \frac{3 \cdot U_s \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \sin \varphi}{3 \cdot U_s \cdot \cos \varphi}$$

$$\frac{\varepsilon}{100} \cdot U_s = \Delta U = \frac{R \cdot l \cdot P}{3 \cdot U_s} + \frac{X \cdot l \cdot P \cdot \tan \varphi}{3 \cdot U_s}$$

$$\varepsilon = \left[ \frac{R \cdot l \cdot P}{3 \cdot U_s^2} + \frac{X \cdot l \cdot P}{3 \cdot U_s^2} \cdot \tan \varphi \right] \cdot 100$$

$$\varepsilon\% = P \cdot l \cdot \frac{r + X \cdot \tan \varphi}{U_c^2} \cdot 100$$

$$\text{Nota: } 3 \cdot U_s^2 = (\sqrt{3} \cdot U_s)^2 = U_c^2$$

Em que:

$\varepsilon\%$  = Queda de tensão;

$P$  [MW] = Potência;

$l$  [km] = comprimento da linha;

$R [\Omega/\text{km}]$  = Resistência eléctrica do condutor a 40°C;

$X [\Omega/\text{km}]$  = Impedância da linha;

$\varphi^\circ$  = Ângulo de fase;

$U_c[\text{kV}]$  = Tensão composta nominal.

$$\varepsilon\% = 5 \cdot 4,98 \cdot \left( \frac{1,219 + 0,412 \cdot \text{tg } 36,87^\circ}{30^2} \right) \cdot 100$$

$$\varepsilon\% = 4,23\%$$

A queda de tensão máxima admissível é de 6 % para linhas de 2ª classe ( $\leq 40 \text{ kV}$  – Artº 3º).

Nos dados do projecto é imposto uma queda de tensão máxima de 5 %, dado que o valor obtido é de 4,23 %, verifica-se que está dentro dos limites.

### 17.2.6 – Potência máxima no extremo da linha

17.2.6.1 – Para a queda de tensão requerida:

$$\varepsilon = 5 \%$$

$$P_{ma'x} = \frac{5 \cdot 30^2}{4,98 \cdot (1,219 + 0,412 \cdot \text{tg } 36,87)} \cdot 100$$

$$P_{ma'x} = 5,91[\text{MW}]$$

17.2.6.2 – Para  $I_{\text{máx}}$  (40 °C):

Pelo anexo II da sebenta, verifica-se para 40°C, o valor de  $I_{\text{máx}}$  é de 62 A

$$I_{\text{máx}} = 62 \text{ A}$$

$$P_{ma'x} = \sqrt{3} \cdot U_c \cdot I_{ma'x} \cdot \cos \varphi$$

$$P_{ma'x} = \sqrt{3} \cdot 30000 \cdot 62 \cdot 0,8$$

$$P_{ma'x} = 2,58[\text{MW}]$$

**17.2.7 – Corrente de curto circuito**

$I_{cc}$  na subestação de origem, admitindo 0,5 s como tempo de disparo da protecção:

$$I_{ccmáx} = \frac{1}{K_1 \cdot K_2} \cdot \frac{S}{\sqrt{t}}$$

Em que:

$I_{ccmáx}$  = valor eficaz máximo da corrente permanente de curto circuito ( kA);

S = secção dos condutores;

$K_1$  = constante do material condutor;

$K_2$  = coeficiente de temperatura;

t = Duração do curto circuito.

A partir do capítulo 1 das “Recomendações para linhas aéreas de alta tensão até 30 kV”:

$$K_1 = 4,419 \text{ m}^2/\text{kAs}^{0,5}$$

$$K_2 = 1,685$$

$$S = 15,09 \text{ mm}^2$$

Sendo assim:

$$I_{ccmáx} = \frac{1}{4,419 \cdot 1,685} \cdot \frac{15,09}{\sqrt{0,5}}$$

$$I_{ccmáx} = 2,87 [\text{kA}]$$

**18 – CÁLCULO DO CABO SUBTERRÂNEO**

Dados:

- $S_{cc} = 300 \text{ MVA}$
- $l = 500 \text{ m}$
- $\varepsilon = 5 \%$
- $\cos\varphi = 0,8$

- $S_t = 250 \text{ kVA}$
- Regime de neutro: Neutro à terra
- Tempo de disparo da protecção: 0,5 s

a) Dimensionamento ao aquecimento em regime normal:

Dado que  $U_n = 30 \text{ kV}$ , iremos considerar um cabo de 18 / 30 (36) kV, tripolar do tipo XHIOV.

Cabo enterrado;

Isolamento: PEX;

Temperatura máxima dos condutores:  $90^\circ\text{C}$ ;

Resistividade térmica do solo: 1;

Temperatura do solo:  $30^\circ\text{C}$ ;

Factor de carga: 1.

Através da análise destes valores e com o auxílio da tabela 15 conclui-se que  $F_1 = 0,88$ .

Cabo tripolar 18 / 30 (36) kV;

Cabo enterrado;

Isolamento: PEX;

Resistividade térmica do solo = 1;

Factor de carga = 1.

Através da análise destes valores e com o auxílio da tabela 16 conclui-se que  $F_2 = 0,87$ .



$$S = \sqrt{3} \cdot U_c \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_c}$$

$$I = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3}$$

$$I = 4,8A$$

$$I_{tab} \geq \frac{4,8}{0,88 \cdot 0,87} = 6,27[A]$$

Tabela 3.14  $\Rightarrow$  XHIOV 3 x 50 ( $I_{tab} = 226 A$ )

b) Dimensionamento ao aquecimento em curto circuito:

Tempo de actuação da protecção a montante:  $t_c = 0,5 s$ ;

Corrente de curto circuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_c}$$

$$I_{cc} = \frac{300 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3}$$

$$I_{cc} = 5,8[kA]$$

Secção mínima do cabo:

$$t_c = k \cdot \frac{S}{I_{cc}}$$

$$S = \sqrt{t_c} \cdot \frac{I_{cc}}{k}$$

$$S = \sqrt{0,5} \cdot \frac{5,8 \cdot 10^3}{143}$$

$$S = 28,7mm^2$$

Secção real mais próxima:

$$S = 35[mm^2]$$

c) Cálculo da q.d.t.:

Para o cabo XHIOV 3x 50 – 18 / 30 (36) kV os valores da resistência a 20° C e da indutância são respectivamente 0,391 [ $\Omega/km$ ] e 0,43 [mH/km], (valores retirados da tabela de cabos da CEL-CAT).

1) Cálculo do valor da resistência a 40°C:

$$r_{40^\circ} = r_{20^\circ} \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

$$\alpha_{cu} = 0,00393[^\circ C]$$

$$r_{40^\circ} = 0,391 \cdot [1 + 0,00393 \cdot (40 - 20)]$$

$$r_{40^\circ} = 0,422[\Omega / km]$$

2) Cálculo da valor da reactância:

$$X_L = \varpi \cdot L$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,43 \cdot 10^{-3}$$

$$X_L = 0,135[\Omega / km]$$

3) Cálculo da potência activa:

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$P = 250 \cdot 10^3 \cdot 0,8$$

$$P = 0,2[MW]$$

Expressão para o cálculo da queda de tensão:

$$\varepsilon\% = P \cdot l \cdot \frac{r + X \cdot \operatorname{tg} \varphi}{U_c^2} \cdot 100$$

$$\varepsilon\% = 0,2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,422 + 0,135 \cdot 0,75}{30^2}$$

$$\varepsilon\% = 0,0058\%$$

Como a q.d.t. máxima admissível é de 6%, logo está dentro dos limites.

Cabo escolhido:

XHIOV 3 x 50 – 18 / 30 (36) kV

# Instalações Eléctricas III

## Projecto de uma Linha de Média Tensão

---

Vitor Filipe N° 18938

---

José Silva N° 18967

---

João Parreira N° 20087