

Características Técnicas dos
Condutores de Energia
e Cabos Eléctricos



C $\frac{\quad}{\quad}$ V
Capítulo

Cabos nus para Transporte de Energia Eléctrica



Capítulo VI

5.1- Cabos nus para Transporte de Energia Eléctrica

5.1.1 - Introdução

A Solidal e Quintas Condutores fabricam actualmente condutores nus de cobre e alumínio associado ou não a outros metais tais como liga de alumínio, aço galvanizado e aço coberto a alumínio do tipo ACS (aluminium clad steel), cuja aplicação está hoje generalizada, e quase em exclusivo, nas linhas aéreas de transporte de energia.

Da nossa gama de fabrico salientam-se as seguintes construções:

- Condutores de cobre
- Condutores de alumínio AAC (all aluminium conductors) – designados por AL1
- Condutores de liga de alumínio AAAC (all aluminium alloy conductors) – designados por AL2, AL3, AL4 e AL5.
- Condutores de alumínio com alma de aço ACSR (aluminium conductors steel reinforced) – designados por AL1/ST1A, AL1/ST2B, AL1/ST3D, AL1/ST4A e AL1/ST5E
- Condutores de liga de alumínio com alma de aço AACSR (aluminium alloy conductors steel reinforced) – designados por AL2/ST1A, AL3/ST1A, AL4/ST1A, AL5/ST1A.
- Condutores de alumínio com alma de liga ACAR (aluminium conductors alloy reinforced) designados por AL1/AL2, AL1/AL3, AL1/AL4 e AL1/AL5

A preferência do alumínio, ou suas ligas, em detrimento do cobre, deve-se às vantagens que o primeiro oferece, quer do ponto de vista técnico quer económico, quando utilizado nos condutores das linhas aéreas nuas.

Salientamos as seguintes considerações:

- Relação condutividade eléctrica / peso: da análise do quadro abaixo podemos concluir que, para um condutor de alumínio apresentar uma resistência eléctrica (ou condutividade) idêntica a outro de cobre, a razão entre as suas secções será igual a 1,6 e como consequência dos seus pesos específicos o condutor de alumínio terá 48% do peso do condutor de cobre;
- Relação resistência mecânica / peso: o quadro 67 contém os valores da tensão limite de ruptura para os condutores de alumínio trefilado duro e cobre trefilado duro. Como a secção do condutor de alumínio tem um valor 1,6 vezes superior à do condutor de cobre, com igual resistência eléctrica, obtemos uma tensão limite de ruptura idêntica para ambos os condutores nesta situação. Desde que seja necessária uma resistência à ruptura elevada são incluídos fios de aço na composição do cabo, proporcionando-lhe assim uma relação resistência mecânica / peso com valores superiores. Este facto conduz a uma instalação mais económica, dado que são reduzidos o número de apoios e de materiais acessórios necessários à montagem, além de permitir menores flechas para os condutores.
- Economia: o baixo preço associado à sua estabilidade no tempo fazem com que o alumínio seja o metal eleito por excelência para a aplicação nas linhas aéreas.

Quadro 67 - Características físicas, eléctricas e mecânicas

Características	Unidades	Cobre	Alumínio	Liga	ACS	Aço
Massa específica	Kg/dm ³	8,89	2,703	2,703	6,59	7,78
Coefficiente dilatação linear	°C ⁻¹	17,0x10 ⁻⁶	23,0x10 ⁻⁶	23,0x10 ⁻⁶	13,0x10 ⁻⁶	11,5x10 ⁻⁶
Modulo de elasticidade	Kg/mm ²	12700	7000	7000	16200	20700
Resistividade a 20°C	Ω.mm ² /m	0,017774	0,028264	0,0305 a 0,0325	0,0848	0,1916
Condutividade a 20°C (%)	I.A.C.S.	97,0	61,0	52,5	20,3	9,0
Coef. Temp. a 20°C	°C ⁻¹	0,00381	0,00403	0,00360	0,00360	-
Calor específico a 20°C	Kcal/Kg°C	0,092	0,215	0,215	0,136	0,110

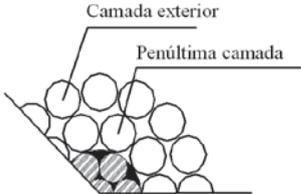
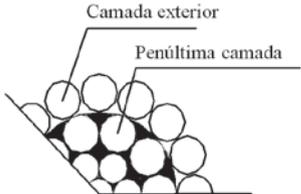
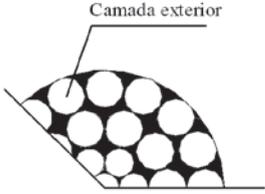
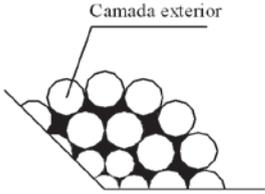
5.1.2 - Protecção dos condutores contra a corrosão

Quando sujeitos a ambientes desfavoráveis e quando solicitado, os condutores poderão ser protegidos contra a corrosão através da aplicação de uma massa neutra protectora.

A aplicação da massa protectora pode ser efectuada através de quatro casos distintos, de acordo com o indicado no quadro 68.

No quadro 68 são descritos os quatro casos.

Quadro 68 - Aplicação de Massa Protectora nos cabos

<p>Caso 1</p> <p>O núcleo de aço é totalmente preenchido com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 1 (apenas se destina a cabos do tipo ACSR e AACSR).</p>	 <p>Camada exterior Penúltima camada</p> <p>Fig. 1</p>
<p>Caso 2</p> <p>O condutor será preenchido na suas camadas excepto na última, com massa neutro do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 2.</p>	 <p>Camada exterior Penúltima camada</p> <p>Fig. 2</p>
<p>Caso 3</p> <p>O condutor será totalmente preenchido em todas as suas camadas, com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 3.</p>	 <p>Camada exterior</p> <p>Fig. 3</p>
<p>Caso 4</p> <p>O condutor será preenchido em todas as suas camadas, excluindo a parte exterior da última, com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 4.</p>	 <p>Camada exterior</p> <p>Fig. 4</p>

Cálculo da quantidade de Massa Protectora

Assumindo que a massa protectora preenche na totalidade os espaços entre os fios do condutor, o volume de massa para cada caso atrás referido é dado pelas seguintes equações:

$$\text{Caso 1: } V_g = 0,25 \pi (D_s^2 - n_s d_s^2)$$

$$\text{Caso 2: } V_g = 0,25 \pi (D_0 - 2d_a^2) - (n_a - n_0) d_a^2 - n_s d_s^2$$

$$\text{Caso 3: } V_g = 0,25 \pi (D_0^2 - n_a d_a^2 - n_s d_s^2)$$

$$\text{Caso 4: } V_g = 0,125 n_0 (D_0 - d_a)^2 \sin(360/n_0) - 0,125 \pi (2n_a - n_0 - 2)d_a^2 - 0,25 \pi n_s d_s^2$$

Sendo:

V_g o volume de massa no condutor, por unidade de comprimento.

D_0 o diâmetro externo do condutor.

D_s o diâmetro do núcleo de aço.

d_a o diâmetro dos fios de alumínio da última camada.

d_s o diâmetro dos fios de aço.

n_a o número de fios de alumínio no condutor.

n_0 o número de fios da última camada do condutor.

n_s o número de fios de aço no condutor.

Dado que existe uma relação geométrica entre os parâmetros destas equações, é possível expressar a quantidade total de massa protectora num condutor através da relação seguinte:

$$M_g = k d_a^2$$

Sendo:

M_g a quantidade de massa protectora (kg/km).

K o factor que depende do tipo de condutor, da densidade da massa protectora e do preenchimento (relação de volume teórico).

Quadro 69 - Coeficientes k para quantidade de massa protectora nos cabos

Composição		K_1	K_2	K_3	K_4
Alumínio	Aço	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
7	-	-	-	1,09	0,17
19	-	-	1,09	3,28	1,79
37	-	-	3,28	6,56	4,52
61	-	-	6,56	10,93	8,35
91	-	-	10,93	16,40	13,27
127	-	-	16,40	22,96	19,28
6	1	-	-	1,09	0,17
8	1	-	-	1,46	0,34
18	1	-	1,09	3,28	1,79
9	3	0,90	-	2,88	1,46
6	7	0,12	-	1,21	0,29
10	7	0,66	-	2,48	1,18
12	7	1,09	-	3,28	1,79
14	7	1,63	-	4,18	2,51
18	7	0,12	1,21	3,40	1,91
22	7	0,34	1,80	4,35	2,67
24	7	0,49	2,13	4,86	3,10
26	7	0,66	2,48	5,40	3,54
28	7	0,86	2,87	5,97	4,02
30	7	1,09	3,28	6,56	4,52
32	7	1,35	3,72	7,18	5,08
36	7	1,94	4,68	8,50	6,19
42	7	0,34	4,35	7,99	5,77
45	7	0,49	4,86	8,69	6,37
48	7	0,66	5,40	9,41	7,01
54	7	1,09	6,56	10,93	8,35
72	7	0,49	8,69	13,61	10,75
84	7	1,09	10,93	16,40	13,27
14	19	1,76	-	4,31	2,64
15	19	2,10	-	4,83	3,07
16	19	2,46	-	5,38	3,52
18	19	3,28	-	6,56	4,52
30	19	1,18	3,37	6,65	4,61
32	19	1,46	3,83	7,29	5,16
36	19	2,10	4,83	8,66	6,35
42	19	3,28	6,56	10,93	8,35
54	19	1,18	6,65	11,02	8,44

Nota: os valores de k indicados na tabela para os 4 casos de aplicação de massa protectora baseiam-se numa densidade de 0,87 g/cm³ e um factor de preenchimento de 0,8.

5.1.3 - Cabos de Alumínio do tipo AAC

Aplicações:

Os cabos de alumínio são normalmente usados em linhas aéreas.

Normas de referência:

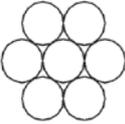
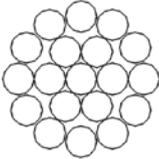
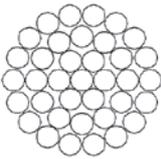
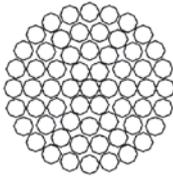
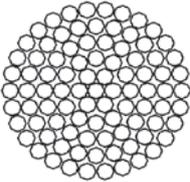
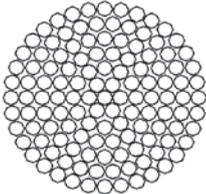
EN 50889

EN 50182

Construção:

Os cabos de alumínio são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de alumínio do tipo AL1.

Quadro 70 - Composições dos condutores de alumínio

Composição	Secção Transversal do Cabo	Composição	Secção Transversal do Cabo
7 fios 1+6		19 fios 1+6+12	
37 fios 1+6+12+18		61 fios 1+6+12+18+24	
91 fios 1+6+12+18+24+30		127 fios 1+6+12+18+24+30+36	

Quadro 71 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio usados em Inglaterra - AL1

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão 1/K	Capacidade Nominal ⁽¹⁾				Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾			
	Nova	Antiga		fios	Cond.						A	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4			
23-AL1		23,3	7	2,06	6,18	63,8	4,20	1,2249	60.000	23,0E-6	135			4,6	0,7			
27-AL1		26,9	7	2,21	6,63	73,4	4,83	1,0643	60.000	23,0E-6	150			5,3	0,8			
37-AL1		36,9	7	2,59	7,77	100,8	6,27	0,7749	60.000	23,0E-6	185			7,3	1,1			
43-AL1		42,8	7	2,79	8,37	117,0	7,28	0,6678	60.000	23,0E-6	205			8,5	1,3			
53-AL1		52,8	7	3,10	9,30	144,4	8,72	0,5409	60.000	23,0E-6	230			10,5	1,6			
64-AL1		63,6	7	3,40	10,2	173,7	10,49	0,4497	60.000	23,0E-6	260			12,6	2,0			
74-AL1		73,6	7	3,66	11,0	201,3	11,78	0,3880	60.000	23,0E-6	300			14,6	2,3			
79-AL1		78,6	7	3,78	11,3	214,7	12,57	0,3638	60.000	23,0E-6	300			15,6	2,4			
84-AL1		84,1	7	3,91	11,7	229,7	13,45	0,3400	60.000	23,0E-6	315			16,7	2,6			
96-AL1		95,6	7	4,17	12,5	261,3	15,30	0,2989	60.000	23,0E-6	340			19,0	3,0			
106-AL1		106,0	7	4,39	13,2	289,6	16,95	0,2697	60.000	23,0E-6	365			21,0	3,3			
106-AL1		106,4	19	2,67	13,4	292,4	18,08	0,2701	57.000	23,0E-6	420	7,8		23,4	12,8			
132-AL1		132,0	7	4,90	14,7	360,8	21,12	0,2165	60.000	23,0E-6	420			26,2	4,1			
158-AL1		157,6	19	3,25	16,3	433,2	26,01	0,1823	57.000	23,0E-6	470	11,5		34,6	18,9			
186-AL1		185,9	19	3,53	17,7	511,1	29,75	0,1546	57.000	23,0E-6	525	13,6		40,9	22,3			
213-AL1		213,2	19	3,78	18,9	586,0	34,12	0,1348	57.000	23,0E-6	575	15,6		46,9	25,6			
238-AL1		237,6	19	3,99	20,0	652,9	38,01	0,1210	57.000	23,0E-6	615	17,4		52,2	28,5			
266-AL1		265,7	19	4,22	21,1	730,4	42,52	0,1081	57.000	23,0E-6	660	19,4		58,4	31,9			
323-AL1		322,7	19	4,65	23,3	886,8	51,63	0,0891	57.000	23,0E-6	750	23,6		70,9	38,7			
373-AL1		373,1	19	5,00	25,0	1025,3	59,69	0,0770	57.000	23,0E-6	825	27,3		82,0	44,8			
372-AL1		372,4	37	3,58	25,1	1027,1	59,59	0,0774	57.000	23,0E-6	820	42,0		84,1	57,9			
415-AL1		415,2	37	3,78	26,5	1145,1	66,43	0,0695	57.000	23,0E-6	880	46,9		93,7	64,6			
486-AL1		486,1	37	4,09	28,6	1340,6	77,78	0,0593	57.000	23,0E-6	975	54,9		109,7	75,6			
530-AL1		529,8	37	4,27	29,9	1461,2	84,77	0,0544	57.000	23,0E-6	1035	59,8		119,6	82,4			
628-AL1		628,3	37	4,65	32,6	1732,9	100,54	0,0459	57.000	23,0E-6	1155	70,9		141,8	97,7			

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 72 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio usados em Espanha - AL1

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão I/K	Capacidade Nominal (1)				Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Nova	Antiga		Fios	Cond.						A		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4		
28-AL1	L 28	27,8	7	2,25	6,75	76,1	5,01	1,0268	60.000	23,0E-6	155			5,5	0,9			
43-AL1	L 40	43,1	7	2,80	8,40	117,8	7,33	0,6630	60.000	23,0E-6	205			8,5	1,3			
55-AL1	L 56	54,6	7	3,15	9,45	149,1	9,00	0,5239	60.000	23,0E-6	235			10,8	1,7			
76-AL1	L 80	75,5	19	2,25	11,25	207,6	13,60	0,3804	57.000	23,0E-6	295			5,5	16,6			
117-AL1	L 110	117,0	19	2,80	14,00	321,5	19,89	0,2456	57.000	23,0E-6	390			8,5	25,7			
148-AL1	L 145	148,1	19	3,15	15,8	407,0	24,43	0,1941	57.000	23,0E-6	450			10,8	32,5			
188-AL1	L 180	188,1	19	3,55	17,8	516,9	30,09	0,1528	57.000	23,0E-6	530			13,7	41,3			
279-AL1	L 280	279,3	37	3,10	21,7	770,2	46,08	0,1033	57.000	23,0E-6	680			31,5	63,0			
381-AL1	L 400	381,0	61	2,82	25,4	1054,1	64,77	0,0759	55.000	23,0E-6	835			52,2	86,9			
454-AL1	L 450	454,5	61	3,08	27,7	1257,5	74,99	0,0637	55.000	23,0E-6	935			62,2	103,7			
547-AL1	L 550	547,3	61	3,38	30,4	1514,4	90,31	0,0529	55.000	23,0E-6	1055			74,9	124,9			
638-AL1	L 630	638,3	61	3,65	32,9	1766,0	102,12	0,0453	55.000	23,0E-6	1165			87,4	145,6			

Nota: O sentido de cabimento da última camada será a direita (Z).

- (1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).
- (2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 73 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio usados em Alemanha - AL1

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão 1/K	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Nova	Antiga		fios	Cond.						Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
16-AL1		15,9	7	1,70	5,10	43,4	3,02	1,7986	60.000	23,0E-6			3,2	0,5
24-AL1		24,2	7	2,10	6,30	66,3	4,36	1,1787	60.000	23,0E-6			4,8	0,7
34-AL1		34,4	7	2,50	7,50	93,9	6,01	0,8317	60.000	23,0E-6			6,8	1,1
49-AL1		49,5	7	3,00	9,00	135,2	8,41	0,5776	60.000	23,0E-6			9,8	1,5
48-AL1		48,3	19	1,80	9,00	132,9	8,94	0,5944	57.000	23,0E-6			3,5	10,6
66-AL1		65,8	19	2,10	10,5	180,9	11,85	0,4367	57.000	23,0E-6			4,8	14,5
93-AL1		93,3	19	2,50	12,5	256,3	16,32	0,3081	57.000	23,0E-6			6,8	20,5
117-AL1		117,0	19	2,80	14,0	321,5	19,89	0,2456	57.000	23,0E-6			8,5	25,7
147-AL1		147,1	37	2,25	15,8	405,7	26,48	0,1960	57.000	23,0E-6			16,6	33,2
182-AL1		181,6	37	2,50	17,5	500,9	31,78	0,1588	57.000	23,0E-6			20,5	41,0
243-AL1		242,5	61	2,25	20,3	671,1	43,66	0,1193	55.000	23,0E-6			33,2	55,3
299-AL1		299,4	61	2,50	22,5	828,5	52,40	0,0966	55.000	23,0E-6			41,0	68,3
400-AL1		400,1	61	2,89	26,0	1107,1	68,02	0,0723	55.000	23,0E-6			54,8	91,3
500-AL1		499,8	61	3,23	29,1	1382,9	82,47	0,0579	55.000	23,0E-6			68,4	114,0
626-AL1		626,2	91	2,96	32,6	1739,7	106,45	0,0464	55.000	23,0E-6			95,8	143,7
802-AL1		802,1	91	3,35	36,9	2228,3	132,34	0,0362	55.000	23,0E-6			122,7	184,0
1000-AL1		999,7	91	3,74	41,1	2777,3	159,95	0,0291	55.000	23,0E-6			152,9	229,4

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.4 - Cabos de Liga de Alumínio do tipo AAAC

Aplicações:

Os cabos de liga de alumínio são normalmente usados em linhas aéreas.

São usados normalmente em substituição dos cabos AAC quando se pretende uma maior resistência mecânica, e dos cabos ACSR quando se pretende igualmente uma maior resistência à corrosão.

Normas de referência:

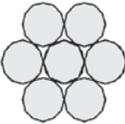
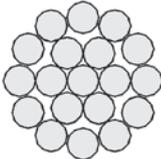
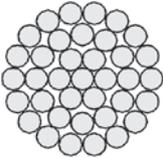
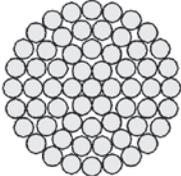
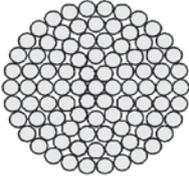
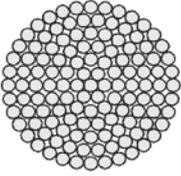
EN 50183

EN 50182

Construção:

Os cabos de liga de alumínio são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de liga de alumínio do tipo AL2, AL3, AL4 ou AL5.

Quadro 74 - Composições dos cabos de liga de alumínio

Composição	Secção Transversal do Cabo	Composição	Secção Transversal do Cabo
7 fios 1+6		19 fios 1+6+12	
37 fios 1+6+12+18		61 fios 1+6+12+18+24	
91 fios 1+6+12+18+24+30		127 fios 1+6+12+18+24+30+36	

Quadro 75 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Inglaterra - AL3

Designação	Área (mm ²)	Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Rotura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal ⁽¹⁾	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾						
			fios	Cond.							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4			
Nova	Amiga																
19-AL3	BOX	18,8	7	1,85	5,55	51,4	1,7480	60.000	23,0E-6	110					3,7	0,6	
24-AL3	ACACIA	23,8	7	2,08	6,24	64,9	1,3828	60.000	23,0E-6	130					4,7	0,7	
30-AL3	ALMOND	30,1	7	2,34	7,02	82,2	1,0926	60.000	23,0E-6	150					6,0	0,9	
35-AL3	CEDAR	35,5	7	2,54	7,62	96,8	0,9273	60.000	23,0E-6	170					7,0	1,1	
42-AL3	DEODAR	42,2	7	2,77	8,31	115,2	0,7797	60.000	23,0E-6	190					8,4	1,3	
48-AL3	FIR	47,8	7	2,95	8,9	130,6	0,6875	60.000	23,0E-6	205					9,5	1,5	
60-AL3	HAZEL	59,9	7	3,30	9,9	163,4	0,5194	60.000	23,0E-6	235					11,9	1,9	
72-AL3	PINE	71,6	7	3,61	10,8	195,6	0,4591	60.000	23,0E-6	265					14,2	2,2	
84-AL3	HOLLY	84,1	7	3,91	11,7	229,5	0,3913	60.000	23,0E-6	295					16,7	2,6	
90-AL3	WILLOW	89,7	7	4,04	12,1	245,0	0,3665	60.000	23,0E-6	310					17,8	2,8	
119-AL3	OAK	118,9	7	4,65	14,0	324,5	0,2767	60.000	23,0E-6	370					23,6	3,7	
151-AL3	MULBERRY	150,9	19	3,18	15,9	414,3	0,2192	57.000	23,0E-6	430					11,0	33,2	18,1
181-AL3	ASH	180,7	19	3,48	17,4	496,1	0,1830	57.000	23,0E-6	485					13,2	39,7	21,7
211-AL3	ELM	211,0	19	3,76	18,8	579,2	0,1568	57.000	23,0E-6	535					15,4	46,4	25,3
239-AL3	POPLAR	239,4	37	2,87	20,1	659,4	0,1387	57.000	23,0E-6	580					27,0	54,0	37,2
303-AL3	SYCAMORE	303,2	37	3,23	22,6	835,2	0,1095	57.000	23,0E-6	675					34,2	68,4	47,2
362-AL3	UPAS	362,1	37	3,53	24,7	997,5	0,0917	57.000	23,0E-6	760					40,9	81,7	56,3
479-AL3	YEW	479,0	37	4,06	28,4	1319,6	0,0693	57.000	23,0E-6	910					54,1	108,1	74,5
498-AL3	TOTARA	498,1	37	4,14	29,0	1372,1	0,0666	57.000	23,0E-6	935					56,2	112,4	77,5
587-AL3	RUBUS	586,9	61	3,50	31,5	1622,0	0,0567	55.000	23,0E-6	1040					80,4	133,9	102,3
659-AL3	SOREBUS	659,4	61	3,71	33,4	1822,5	0,0505	55.000	23,0E-6	1120					90,3	150,4	114,9
821-AL3	ARAUCHARIA	821,1	61	4,14	37,3	2269,4	0,0406	55.000	23,0E-6	1295					112,4	187,3	143,1
996-AL3	REDWOOD	996,2	61	4,56	41,0	2753,2	0,0334	55.000	23,0E-6	1465					136,4	227,3	173,6

Nota: O sentido de cabejamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 76 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Inglaterra - AL5

Designação	Area (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Nova	Antiga		fios	Cond.							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
239-AL5		239,4	37	2,87	20,09	659,4	70,61	0,1330	57.000	23,0E-6	595	27,0	54,0	37,2	
303-AL5		303,2	37	3,23	22,61	835,2	89,44	0,1050	57.000	23,0E-6	690	34,2	68,4	47,2	
362-AL5		362,1	37	3,53	24,71	997,5	106,82	0,0879	57.000	23,0E-6	775	40,9	81,7	56,3	
479-AL5		479,0	37	4,06	28,42	1319,6	141,31	0,0665	57.000	23,0E-6	930	54,1	108,1	74,5	
498-AL5		498,1	37	4,14	28,98	1372,1	146,93	0,0639	57.000	23,0E-6	955	56,2	112,4	77,5	
587-AL5		586,9	61	3,50	31,5	1622,0	173,13	0,0544	55.000	23,0E-6	1060	80,4	135,9	102,3	
659-AL5		659,4	61	3,71	33,4	1822,5	194,53	0,0484	55.000	23,0E-6	1145	90,3	150,4	114,9	
821-AL5		821,1	61	4,14	37,3	2269,4	242,24	0,0389	55.000	23,0E-6	1320	112,4	187,3	143,1	
996-AL5		996,2	61	4,56	41,0	2753,2	293,88	0,0321	55.000	23,0E-6	1500	136,4	227,3	173,6	

Nota: O sentido de enlhecimento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 77 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Espanha - AL2

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Rótura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Nova	Antiga		fios	Cond.							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
28-AL2		27,8	7	2,25	6,75	76,0	9,05	1,1930	60.000	23,0E-6	145			5,5	0,9
43-AL2		43,1	7	2,80	8,40	117,7	14,01	0,7704	60.000	23,0E-6	190			8,5	1,3
55-AL2		54,6	7	3,15	9,45	148,9	17,73	0,6087	60.000	23,0E-6	220			10,8	1,7
76-AL2		75,5	19	2,25	11,25	207,4	24,55	0,4420	57.000	23,0E-6	275		5,5	16,6	9,1
117-AL2		117,0	19	2,80	14,00	321,2	38,02	0,2854	57.000	23,0E-6	365		8,5	25,7	14,0
148-AL2		148,1	19	3,15	15,8	406,5	48,12	0,2255	57.000	23,0E-6	425		10,8	32,5	17,8
188-AL2		188,1	19	3,55	17,8	516,3	59,24	0,1776	57.000	23,0E-6	495		13,7	41,3	22,6
279-AL2		279,3	37	3,10	21,7	769,3	90,76	0,1200	57.000	23,0E-6	640		31,5	63,0	43,4
381-AL2		381,0	61	2,82	25,4	1053,0	123,82	0,0882	55.000	23,0E-6	780		52,2	86,9	66,4
454-AL2		454,5	61	3,08	27,7	1256,1	147,71	0,0740	55.000	23,0E-6	875		62,2	103,7	79,2
547-AL2		547,3	61	3,38	30,4	1512,7	177,88	0,0614	55.000	23,0E-6	990		74,9	124,9	95,4
638-AL2		638,3	61	3,65	32,9	1764,0	201,06	0,0527	55.000	23,0E-6	1090		87,4	145,6	111,2

Nota: O sentido de enlhecimento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 78 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados na Alemanha - AL3

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω.km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão 1/K	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Nova	Antiga		fios	Cond.							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
16-AL3		15,9	7	1,70	5,10	43,4	4,69	2,0701	60.000	23,0E-6	100		3,2		0,5
24-AL3		24,2	7	2,10	6,30	66,2	7,15	1,3566	60.000	23,0E-6	130		4,8		0,7
34-AL3		34,4	7	2,50	7,50	93,8	10,14	0,9572	60.000	23,0E-6	165		6,8		1,1
49-AL3		49,5	7	3,00	9,00	135,1	14,60	0,6647	60.000	23,0E-6	210		9,8		1,5
48-AL3		48,3	19	1,80	9,00	132,7	14,26	0,6841	57.000	23,0E-6	205		3,5	10,6	5,8
66-AL3		65,8	19	2,10	10,5	180,7	19,41	0,5026	57.000	23,0E-6	250		4,8	14,5	7,9
93-AL3		93,3	19	2,50	12,5	256,0	27,51	0,3546	57.000	23,0E-6	315		6,8	20,5	11,2
117-AL3		117,0	19	2,80	14,0	321,2	34,51	0,2827	57.000	23,0E-6	365		8,5	25,7	14,0
147-AL3		147,1	37	2,25	15,8	405,3	43,40	0,2256	57.000	23,0E-6	425		16,6	33,2	22,9
182-AL3		181,6	37	2,50	17,5	500,3	53,58	0,1827	57.000	23,0E-6	485		20,5	41,0	28,3
243-AL3		242,5	61	2,25	20,3	670,3	71,55	0,1373	55.000	23,0E-6	585		33,2	55,3	42,3
299-AL3		299,4	61	2,50	22,5	827,5	88,33	0,1112	55.000	23,0E-6	670		41,0	68,3	52,2
400-AL3		400,1	61	2,89	26,0	1105,9	118,04	0,0832	55.000	23,0E-6	810		54,8	91,3	69,7
500-AL3		499,8	61	3,23	29,1	1381,4	147,45	0,0666	55.000	23,0E-6	935		68,4	114,0	87,1
626-AL3		626,2	91	2,96	32,6	1737,7	184,73	0,0534	55.000	23,0E-6	1080		95,8	145,7	116,3
802-AL3		802,1	91	3,35	36,9	2225,8	236,62	0,0417	55.000	23,0E-6	1270		122,7	184,0	148,9
1000-AL3		999,7	91	3,74	41,1	2774,3	294,91	0,0334	55.000	23,0E-6	1465		152,9	229,4	185,6

Nota: O sentido de cablamente da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35 °C; temperatura máxima do cabo de 80 °C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 79 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Portugal - AL4

Designação	Area (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão 1/K	Capacidade Nominal (1)				Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)					
	Nova	Antiga		fios	Cond.						A	A	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
34-AL4	34,4	34,4	7	2,50	7,50	93,8	11,17	0,9593	62.000	23,0E-6	165	6,8	1,1							
55-AL4	54,6	54,6	7	3,15	9,45	148,9	17,73	0,6042	62.000	23,0E-6	225	10,8	1,7							
76-AL4	75,5	75,5	19	2,25	11,25	207,4	24,55	0,4388	60.000	23,0E-6	275	5,5	16,6	9,1						
117-AL4	117,0	117,0	19	2,80	14,00	321,2	38,02	0,2833	60.000	23,0E-6	365	8,5	25,7	14,0						
148-AL4	148,1	148,1	19	3,15	15,8	406,5	48,12	0,2239	60.000	23,0E-6	425	10,8	32,5	17,8						
570-AL4	570,2	570,2	61	3,45	31,1	1576,0	185,33	0,0585	54.000	23,0E-6	1020	78,1	130,1	99,4						
851-AL4	850,7	850,7	91	3,45	38,0	2360,7	276,47	0,0394	52.500	23,0E-6	1320	130,1	195,2	157,9						
1144-AL4	1143,5	1143,5	91	4,00	44,0	3173,4	360,22	0,0293	52.500	23,0E-6	1600	174,9	262,4	212,3						

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

Quadro 80 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em França - AL4

Designação	Area (mm ²)		Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão 1/K	Capacidade Nominal (1)				Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)					
	Nova	Antiga		fios	Cond.						A	A	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
22-AL4	22,0	22,0	7	2,00	6,00	60,0	7,15	1,4989	62.000	23,0E-6	125	4,4	0,7							
34-AL4	34,4	34,4	7	2,50	7,50	93,8	11,17	0,9593	62.000	23,0E-6	165	6,8	1,1							
55-AL4	54,6	54,6	7	3,15	9,45	148,9	17,73	0,6042	62.000	23,0E-6	225	10,8	1,7							
76-AL4	75,5	75,5	19	2,25	11,25	207,4	24,55	0,4388	60.000	23,0E-6	275	5,5	16,6	9,1						
117-AL4	117,0	117,0	19	2,80	14,00	321,2	38,02	0,2833	60.000	23,0E-6	365	8,5	25,7	14,0						
148-AL4	148,1	148,1	19	3,15	15,8	406,5	48,12	0,2239	60.000	23,0E-6	425	10,8	32,5	17,8						
182-AL4	181,6	181,6	37	2,50	17,5	500,3	59,03	0,1831	57.000	23,0E-6	485	20,5	41,0	28,3						
228-AL4	227,8	227,8	37	2,80	19,6	627,6	74,04	0,1460	57.000	23,0E-6	560	25,7	51,4	35,4						
288-AL4	288,3	288,3	37	3,15	22,1	794,3	93,71	0,1154	57.000	23,0E-6	665	32,5	65,1	44,8						
366-AL4	366,2	366,2	37	3,55	24,9	1008,9	115,36	0,0908	57.000	23,0E-6	785	41,3	82,7	57,0						
570-AL4	570,2	570,2	61	3,45	31,1	1576,0	185,33	0,0585	54.000	23,0E-6	1020	78,1	130,1	99,4						
851-AL4	850,7	850,7	91	3,45	38,0	2360,7	276,47	0,0394	52.500	23,0E-6	1320	130,1	195,2	157,9						
1144-AL4	1143,5	1143,5	91	4,00	44,0	3173,4	360,22	0,0293	52.500	23,0E-6	1600	174,9	262,4	212,3						
1596-AL4	1595,9	1595,9	127	4,00	52,0	4427,5	502,72	0,0210	50.500	23,0E-6	1990	262,4	367,4	308,5						

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à esquerda (S).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.5 - Cabos de Alumínio com Alma de Aço do tipo ACSR Cabos de Alumínio com Alma de ACS do tipo ACSR/AW

Aplicações:

Os cabos de alumínio com alma de aço são normalmente usados em linhas aéreas.

Normas de referência:

EN 50189; EN 50889; EN 61232; EN 50182

Construção:

Os cabos de alumínio com alma de aço ou ACS são condutores cabeados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de alumínio do tipo AL1, e um núcleo (alma) de aço galvanizado de alta resistência do tipo ST1A, ST2B, ST3D, ST4A, ST5E ou de ACS (aço coberto a alumínio) do tipo 20 SA.

Devido às numerosas combinações possíveis de fios de alumínio e aço, pode-se variar a proporção dos mesmos, a fim de se obter a melhor relação entre capacidade de transporte de corrente e resistência mecânica para cada aplicação.

Quadro 81 - Composições dos cabos de alumínio com alma de aço ou ACS

Composição	Secção Transversal do Cabo	Composição	Secção Transversal do Cabo
6/1 fios (1)+6		18/1 fios (1)+6+12	
12/7 fios (1+6)+12		26/7 fios (1+6)+10+16	
30/7 fios (1+6)+12+18		45/7 fios (1+6)+9+15+21	
54/7 fios (1+6)+12+18+24		54/19 fios (1+6+12)+12+18+24	

Quadro 82 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Portugal - AL1/ST1A

Designação	Área (mm ²)		N.º de fios		Diâmetro fio (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal ⁽¹⁾	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾			
	Alumínio	Aço	Total	Al	Aço	Alumínio	Aço	Al							Alumínio	Aço	Caso 1	Caso 2
Nova	Antiga																	
26-AL1/4-ST1A	30	26,2	4,4	30,6	6	1	2,36	2,36	7,08	7,08	106,7	9,34	1,0932	150	18,65E-6	6,1	0,9	
42-AL1/7-ST1A	50	42,4	7,1	49,5	6	1	3,00	3,00	9,00	9,00	172,4	14,93	0,6765	205	18,65E-6	9,8	1,5	
80-AL1/13-ST1A	90	75,4	12,6	88,0	6	1	4,00	4,00	12,00	12,00	306,4	25,28	0,3806	300	18,65E-6	17,4	2,7	
80-AL1/47-ST1A	Guinca 130	80,4	46,9	127,2	12	7	2,92	2,92	8,76	14,60	588,4	66,46	0,3398	325	15,3E-6	28,0	15,3	
96-AL1/56-ST1A	Docking 153	96,5	56,3	152,8	12	7	3,20	3,20	9,60	16,00	706,7	77,08	0,2992	365	15,3E-6	33,6	18,3	
94-AL1/22-ST1A	Cuma 116	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	6,00	14,00	432,2	42,41	0,3065	345	17,9E-6	13,1	26,2	
203-AL1/33-ST1A	235	202,6	32,5	235,1	26	7	3,15	2,43	7,29	19,89	813,3	68,82	0,1425	565	18,9E-6	6,5	24,6	
136-AL1/22-ST1A	Partridge 160	135,9	22,0	157,9	26	7	2,58	2,00	6,00	16,32	547,3	47,75	0,2124	485	18,9E-6	4,4	16,5	
212-AL1/49-ST1A	Panther 260	212,1	49,5	261,5	30	7	3,00	3,00	9,00	21,00	972,4	90,76	0,1362	585	17,9E-6	9,8	29,5	
264-AL1/62-ST1A	Bear 325	264,4	61,7	326,1	30	7	3,35	3,35	10,05	23,45	1212,6	109,38	0,1093	680	17,9E-6	12,2	36,8	
429-AL1/56-ST1A	Zebra 485	428,9	55,6	484,5	54	7	3,18	3,18	9,54	28,62	1618,9	128,49	0,0674	915	19,4E-6	11,0	66,3	
565-AL1/30-ST1A	Zambeze 595	565,4	29,6	595,0	42	7	4,14	2,32	6,36	31,80	1792,4	119,67	0,0511	1085	21,2E-6	5,8	74,6	

Nota: O sentido de cablamente da última camada será à direita (Z).

Quadro 83 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de ACS usados em Portugal - AL1/20SA

Designação	Área (mm ²)		N.º de fios		Diâmetro fio (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal ⁽¹⁾	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾				
	Alumínio	ACS	Total	Al	ACS	Alumínio	ACS	Al							ACS	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Nova	Antiga																		
484-AL1/34-20SA	RAIL/AW	483,8	33,5	517,4	45	7	3,70	2,47	7,41	29,61	1557,7	117,50	0,0584	995	20,8E-6	6,7	66,5	119,0	87,2

Nota: O sentido de cablamente da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 84 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Inglaterra - AL1/ST1A

Designação	Área (mm ²)		N.º de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Alumínio	Aço	Total	Al	Aço	Alumínio	Aço	Alma							cabço	Caso 1	Caso 2	Caso 3
11-AL1/28-ST1A	10,6	1,8	12,4	6	1	1,50	1,50	1,50	4,50	42,8	2,7027	76000	1,8	85	2,5	0,4		
21-AL1/3-ST1A	21,0	3,5	24,5	6	1	2,11	2,11	2,11	6,33	84,7	7,87	76000	18,6E-6	130	4,9	0,8		
26-AL1/4-ST1A	26,2	4,4	30,6	6	1	2,36	2,36	2,36	7,08	106,0	9,58	76000	18,6E-6	150	6,1	0,9		
32-AL1/5-ST1A	31,6	5,3	36,9	6	1	2,59	2,59	2,59	7,77	127,6	11,38	76000	18,6E-6	170	7,3	1,1		
37-AL1/6-ST1A	36,7	6,1	42,8	6	1	2,79	2,79	2,79	8,37	148,1	13,21	76000	18,6E-6	185	8,5	1,3		
42-AL1/7-ST1A	42,4	7,1	49,5	6	1	3,00	3,00	3,00	9,00	171,2	15,27	76000	18,6E-6	205	9,8	1,5		
53-AL1/9-ST1A	52,9	8,8	61,7	6	1	3,35	3,35	3,35	10,1	213,5	18,42	76000	18,6E-6	240	12,2	1,9		
63-AL1/11-ST1A	63,1	10,5	73,6	6	1	3,66	3,66	3,66	11,0	254,9	21,67	76000	18,6E-6	265	14,6	2,3		
63-AL1/13-ST1A	63,2	36,9	100,1	12	7	2,59	2,59	7,77	13,0	463,0	52,79	45688	104000	280	7,3	22,0	12,0	
75-AL1/13-ST1A	75,0	12,5	87,5	6	1	3,59	3,59	3,59	12,0	302,9	37,26	76000	18,6E-6	300	17,4	2,7		
75-AL1/13-ST1A	75,0	42,8	116,2	12	7	2,79	2,79	8,37	14,0	517,3	61,26	45688	104000	305	8,5	25,5	13,9	
79-AL1/13-ST1A	78,8	13,1	92,0	6	1	4,09	4,09	4,09	12,3	318,3	37,06	76000	18,6E-6	305	18,2	2,8		
84-AL1/14-ST1A	83,9	14,0	97,9	6	1	4,22	4,22	4,22	12,7	338,8	38,81	76000	18,6E-6	320	19,4	3,0		
95-AL1/16-ST1A	95,4	15,9	111,3	6	1	4,50	4,50	4,50	13,5	385,3	32,76	76000	18,6E-6	345	22,1	3,4		
105-AL1/17-ST1A	105,0	17,5	122,5	6	1	4,72	4,72	4,72	14,2	433,8	36,04	76000	18,6E-6	370	24,3	3,8		
105-AL1/17-ST1A	105,0	13,6	118,6	6	7	4,72	1,57	4,71	14,2	394,0	32,65	57000	22,3E-6	370	24,3	3,8		
132-AL1/20-ST1A	131,7	20,1	151,8	26	7	2,54	1,91	5,73	15,9	520,7	45,86	21922	72000	425	4,3	16,0	34,8	22,8
132-AL1/20-ST1A	131,5	7,3	138,8	18	1	3,05	3,05	3,05	15,3	418,8	29,74	21888	63000	420	6,1	18,3	36,5	25,2
131-AL1/31-ST1A	131,2	30,6	161,9	30	7	2,36	2,36	7,08	16,5	602,2	57,87	22022	80000	430	7,3	22,0	44,0	30,3
138-AL1/37-ST1A	138,1	36,9	194,9	30	7	2,59	2,59	7,77	18,1	725,3	68,91	18229	80000	475	12,2	36,8	20,1	
183-AL1/43-ST1A	158,7	8,8	167,5	18	1	3,35	3,35	3,35	16,8	505,2	35,87	18184	63000	475	8,5	25,5	51,1	35,2
184-AL1/106-ST1A	183,4	42,8	226,2	30	7	2,79	2,79	8,37	19,5	841,6	79,97	1576	80000	535	8,5	25,5	51,1	35,2
184-AL1/106-ST1A	184,2	10,2	194,5	18	1	3,61	3,61	3,61	18,1	586,7	40,74	1576	63000	525	14,2	42,7	23,3	
212-AL1/49-ST1A	212,1	49,5	261,5	30	7	3,00	3,00	9,00	21,0	973,1	92,46	1366	80000	585	9,8	29,5	59,0	40,7
211-AL1/112-ST1A	210,6	11,7	222,3	18	1	3,86	3,86	3,86	19,3	670,8	46,57	1366	63000	570	16,2	48,9	26,7	
238-AL1/56-ST1A	238,3	55,6	293,9	30	7	3,18	3,18	9,54	22,5	1093,4	100,47	1213	80000	635	11,0	33,2	66,3	45,7
264-AL1/62-ST1A	264,4	61,7	326,1	30	7	3,35	3,35	10,05	23,3	1231,4	111,50	10193	80000	680	12,2	36,8	73,6	50,7
324-AL1/76-ST1A	324,3	75,7	400,0	30	7	3,71	3,71	11,13	26,0	1488,2	135,13	10891	80000	775	15,0	45,1	90,3	62,2
375-AL1/88-ST1A	375,1	87,5	462,6	30	7	3,99	3,99	11,97	27,9	1721,3	156,30	10771	80000	850	17,4	52,2	104,4	72,0
374-AL1/48-ST1A	374,1	48,5	422,6	34	7	2,97	2,97	8,91	26,7	1413,8	118,88	0773	70000	840	9,6	57,9	96,4	73,7
382-AL1/49-ST1A	381,7	49,5	431,2	34	7	3,00	3,00	9,00	27,0	1442,5	121,30	0678	70000	850	9,8	59,0	98,4	75,2
430-AL1/106-ST1A	429,6	100,2	529,8	30	7	4,27	4,27	12,81	29,9	1971,4	179,00	0758	80000	930	19,9	59,8	119,6	82,4
429-AL1/56-ST1A	428,9	55,6	484,5	34	7	3,18	3,18	9,54	28,6	1620,8	131,92	0674	70000	915	11,0	66,3	132,8	84,4
477-AL1/111-ST1A	477,1	111,3	588,5	30	7	4,50	4,50	13,50	31,5	2189,5	198,80	0606	80000	995	22,1	66,4	132,8	91,5
476-AL1/62-ST1A	476,0	61,7	537,7	34	7	3,35	3,35	10,05	30,2	1798,8	146,40	0608	70000	980	12,2	73,6	122,7	93,7
528-AL1/69-ST1A	528,5	68,5	597,0	34	7	3,53	3,53	10,59	31,8	1997,3	159,92	0547	70000	1050	13,6	81,7	136,2	104,0

Nota: O sentido de eabeamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculadas nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).
 (2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 85 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Espanha - AL1/ST1A

Designação	Área (mm ²)			Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Modulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)				
	Nova	Antiga	Total	Al	Aço	Alumínio	Aço	Alma	Cabo							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	
27-AL1/4-ST1A	LA 30	26,7	4,4	31,1	6	1	2,38	2,38	2,38	7,14	107,8	1,0736	76000	18,6E-6	155			6,2	1,0	
47-AL1/8-ST1A	LA 56	46,8	7,8	54,6	6	1	3,15	3,15	3,15	9,45	188,8	0,6129	76000	18,6E-6	220			10,8	1,7	
67-AL1/11-ST1A	LA 78	67,3	11,2	78,6	6	1	3,78	3,78	3,78	11,3	271,8	0,4256	76000	18,6E-6	275			15,6	2,4	
94-AL1/22-ST1A	LA 110	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	2,00	6,00	432,5	0,3067	80000	17,9E-6	345		4,4	13,1	26,2	18,1
119-AL1/28-ST1A	LA 145	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	2,25	6,75	547,4	0,2423	80000	17,9E-6	405		5,5	16,6	33,2	22,9
147-AL1/34-ST1A	LA 180	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	2,50	7,50	675,8	0,1963	80000	17,9E-6	465		6,8	20,5	41,0	28,3
242-AL1/39-ST1A	LA 280 HAWK	241,6	39,5	281,1	26	7	3,44	2,68	8,04	21,8	976,2	0,1195	73000	18,9E-6	635		7,8	29,3	63,9	41,9
337-AL1/44-ST1A	LA 380 GULL	337,3	43,7	381,0	54	7	2,82	2,82	8,46	25,4	1274,6	0,0857	70000	19,4E-6	785		8,7	52,2	86,9	66,4
402-AL1/52-ST1A	LA 455 CONDOR	402,3	52,2	454,5	54	7	3,08	3,08	9,24	27,7	1520,5	0,0719	70000	19,4E-6	880		10,3	62,2	103,7	79,2
485-AL1/63-ST1A	LA 545 CARDINAL	484,5	62,8	547,3	54	7	3,38	3,38	10,1	30,4	1831,1	0,0597	70000	19,4E-6	990		12,5	74,9	124,9	95,4
565-AL1/72-ST1A	LA 635 FINCH	565,0	71,6	636,6	54	19	3,65	2,19	11,0	32,9	2123,0	0,0512	70000	19,5E-6	1095		15,7	88,6	146,8	112,4

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 86 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados na Alemanha - AL1/ST1A

Designação	Área (mm ²)		N.º de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)		
	Alumínio	Aço	Total	Al	Aço	Al	Aço	Alma							Carbo	Caso 1	Caso 2
15-AL1E-ST1A	16,25	15,3	2,5	17,8	6	1	1,80	1,80	5,40	61,6	1,8769	81000	1K	105	3,5	3,5	0,6
24-AL1/4-ST1A	25,4	23,9	4,0	27,8	6	1	2,25	2,25	6,75	96,3	1,2012	81000	18,6E-6	140	8,95	8,95	5,5
34-AL1/6-ST1A	35,6	34,4	5,7	40,1	6	1	2,70	2,70	8,10	138,7	0,8342	81000	18,6E-6	180	12,37	12,37	7,9
44-AL1/12-ST1A	44,32	44,0	31,7	75,6	14	7	3,00	2,40	7,20	11,2	369,3	110000	14,8E-6	220	44,24	44,24	10,7
48-AL1/8-ST1A	50,8	48,3	8,0	56,3	6	1	3,20	3,20	9,60	194,8	0,5939	81000	18,6E-6	225	16,81	16,81	11,2
51-AL1/10-ST1A	50,80	51,2	29,8	81,0	12	7	2,33	2,33	6,99	11,7	374,7	107000	15,3E-6	245	5,9	5,9	17,8
70-AL1/1-ST1A	70,12	69,9	11,4	81,3	26	7	1,85	1,44	4,32	11,7	382,2	70000	18,9E-6	285	26,27	26,27	9,7
94-AL1/5-ST1A	95,15	94,4	15,3	109,7	26	7	2,15	1,67	5,01	13,6	380,6	70000	18,9E-6	345	34,93	34,93	12,1
97-AL1/6-ST1A	95,55	96,5	56,3	152,8	12	7	3,20	3,20	9,60	706,8	0,2992	107000	15,3E-6	365	11,2	11,2	25,0
106-AL1/76-ST1A	105,75	105,7	75,5	181,2	14	19	3,10	2,25	5,13	17,5	885,3	107000	14,8E-6	390	105,82	105,82	18,3
122-AL1/20-ST1A	120,20	121,6	19,8	141,4	26	7	2,44	1,90	5,70	15,5	491,0	70000	18,9E-6	405	3,9	14,8	32,1
122-AL1/71-ST1A	120,70	122,1	71,3	193,4	12	7	3,60	3,60	10,80	894,5	97,92	107000	15,3E-6	425	14,1	42,5	23,2
128-AL1/30-ST1A	120,70	127,9	29,8	157,8	30	7	2,33	2,33	6,99	16,3	587,0	82000	17,9E-6	425	5,9	17,8	35,6
149-AL1/24-ST1A	150,25	148,9	24,2	173,1	26	7	2,70	2,70	8,10	600,8	53,67	77000	18,9E-6	465	4,8	18,1	39,4
172-AL1/40-ST1A	170,40	171,8	40,1	211,8	30	7	2,70	2,70	8,10	18,9	788,2	82000	17,9E-6	510	7,9	22,3	47,8
184-AL1/30-ST1A	185,30	183,8	29,8	213,6	26	7	3,00	2,33	6,99	19,0	741,0	77000	18,9E-6	530	5,9	22,3	48,6
209-AL1/34-ST1A	210,35	209,1	34,1	243,2	26	7	3,20	2,49	7,47	20,3	844,1	77000	18,9E-6	580	6,8	25,4	55,3
212-AL1/49-ST1A	210,50	212,1	49,5	261,5	30	7	3,00	3,00	9,00	21,0	973,1	82000	17,9E-6	585	9,8	29,5	59,0
231-AL1/30-ST1A	230,30	230,9	29,8	260,8	24	7	3,50	2,33	6,99	21,0	870,9	72133	19,5E-6	615	6,0	26,1	59,5
243-AL1/39-ST1A	240,40	243,1	39,5	282,5	24	7	3,45	2,68	8,04	21,8	980,1	74000	18,9E-6	635	7,9	29,5	64,3
264-AL1/44-ST1A	265,35	263,7	34,1	297,7	24	7	3,74	2,49	7,47	22,4	994,1	74000	18,9E-6	670	6,9	29,8	68,0
304-AL1/49-ST1A	300,50	304,3	49,5	353,7	26	7	3,86	3,00	9,00	24,4	1227,3	105009	18,9E-6	715	9,8	37,0	80,5
305-AL1/39-ST1A	305,40	304,6	39,5	344,1	54	7	2,68	2,68	8,04	24,1	1151,2	96,80	19,4E-6	735	7,8	47,1	78,5
339-AL1/30-ST1A	340,30	339,3	29,8	369,1	48	7	3,00	2,33	6,99	25,0	1171,2	91,71	20,3E-6	780	6,1	46,6	84,7
382-AL1/49-ST1A	380,50	381,7	49,5	431,2	54	7	3,00	3,00	9,00	27,0	1442,5	121,30	19,4E-6	880	9,8	59,0	98,4
386-AL1/34-ST1A	385,35	386,0	34,1	420,1	48	7	3,20	2,49	7,47	26,7	1333,6	102,56	20,3E-6	880	7,0	57,2	96,4
434-AL1/36-ST1A	435,55	434,3	36,3	490,6	54	7	3,20	2,49	7,47	26,7	1333,6	133,59	19,4E-6	925	11,2	65,3	111,9
450-40	448,7	448,7	39,5	488,2	48	7	3,45	2,68	8,04	28,7	1549,1	119,05	20,3E-6	940	8,1	64,3	112,0
490-AL1/64-ST1A	490,65	490,3	63,6	553,8	54	7	3,40	3,40	10,20	185,9	150,81	62000	19,4E-6	1000	12,6	75,8	126,4
494-AL1/34-ST1A	493,35	494,4	34,1	528,8	45	7	3,74	2,49	7,47	29,9	1633,6	105,84	20,8E-6	995	6,9	68,0	121,6
511-AL1/45-ST1A	510,45	510,5	45,3	555,8	48	7	3,68	2,87	8,61	30,7	1765,3	133,31	20,3E-6	1020	9,2	73,1	127,4
550-AL1/71-ST1A	550,70	549,7	71,3	620,9	54	7	3,60	3,60	10,80	32,4	2077,2	166,28	20,3E-6	1075	14,1	85,0	141,7
562-AL1/49-ST1A	560,50	561,7	49,5	611,2	48	7	3,86	3,00	9,00	32,2	1939,5	146,28	20,3E-6	1085	10,1	80,5	140,2
571-AL1/39-ST1A	570,40	571,2	39,5	610,6	45	7	4,02	2,68	8,61	32,4	1887,1	136,40	20,8E-6	1095	7,9	78,5	140,4
653-AL1/45-ST1A	650,45	653,5	45,3	698,8	45	7	4,30	2,87	8,61	34,4	2159,9	156,18	20,8E-6	1195	9,1	89,9	160,7
679-AL1/36-ST1A	680,85	678,6	36,0	764,5	54	19	4,00	2,40	12,0	36,0	2549,7	206,56	21,5E-6	1235	18,9	106,4	176,3
1046-AL1/45-ST1A	1045,45	1045,6	45,3	1090,9	72	7	4,30	2,87	8,61	43,0	3248,2	324,82	21,5E-6	1615	9,1	160,7	231,6

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).
 (2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 87 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em França - AL1/ST1A

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Rótura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Alumínio	Aço	Total	Al	Aço	alumínio	Aço	alma							cabro	Caso 1	Caso 2	Caso 3
28-ALI/9-ST1A	28,3	9,4	37,7	9	3	2,00	2,00	4,30	151,5	16,26	1,0187	88000	1/K	A	3,6	11,5	5,8	
38-ALI/22-ST1A	37,7	22,0	59,7	12	7	2,00	2,00	6,00	276,1	32,70	0,7660	103500	16,8E-6	165	4,4	13,1	7,2	
48-ALI/28-ST1A	47,7	27,8	75,5	12	7	2,25	2,25	6,75	349,4	41,15	0,6052	103500	15,3E-6	200	5,5	16,6	9,1	
59-ALI/34-ST1A	58,9	34,4	93,3	12	7	2,50	2,50	7,50	431,4	49,48	0,4902	103500	15,3E-6	230	6,8	20,5	11,2	
94-ALI/22-ST1A	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	6,00	432,5	43,17	0,3067	75500	17,9E-6	345	4,4	13,1	26,2	
119-ALI/28-ST1A	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	6,75	547,4	54,03	0,2423	75500	17,9E-6	405	5,5	16,6	33,2	
147-ALI/34-ST1A	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	7,50	675,8	64,94	0,1963	75500	17,9E-6	465	6,8	20,5	41,0	
185-ALI/43-ST1A	184,7	43,1	227,8	30	7	2,80	2,80	8,40	847,7	80,54	0,1565	75500	17,9E-6	535	8,5	25,7	51,4	
234-ALI/55-ST1A	233,8	54,6	288,3	30	7	3,15	3,15	9,45	1072,8	98,58	0,1236	75500	17,9E-6	625	10,8	32,5	65,1	

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à esquerda (S), com excepção do cabo Canna 93,3 que será à direita (Z).

Quadro 88 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em França - AL1/ST6C

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Rótura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Alumínio	Aço	Total	Al	Aço	alumínio	Aço	alma							cabro	Caso 1	Caso 2	Caso 3
94-ALI/22-ST6C	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	6,00	432,5	49,32	0,3067	75500	17,9E-6	345	4,4	13,1	26,2	
119-ALI/28-ST6C	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	6,75	547,4	61,83	0,2423	75500	17,9E-6	405	5,5	16,6	33,2	
147-ALI/34-ST6C	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	7,50	675,8	74,22	0,1963	75500	17,9E-6	465	6,8	20,5	41,0	
185-ALI/43-ST6C	184,7	43,1	227,8	30	7	2,80	2,80	8,40	847,7	92,18	0,1565	75500	17,9E-6	535	8,5	25,7	51,4	
234-ALI/55-ST6C	233,8	54,6	288,3	30	7	3,15	3,15	9,45	1072,8	113,86	0,1236	75500	17,9E-6	625	10,8	32,5	65,1	
222-ALI/76-ST6C	221,7	75,5	297,2	36	19	2,80	2,25	11,3	1206,8	147,22	0,1307	79000	16,8E-6	610	16,5	37,9	67,9	
326-ALI/86-ST6C	325,7	86,0	411,7	32	19	3,60	2,40	12,0	1576,1	173,31	0,0889	72000	17,5E-6	780	18,9	49,6	94,5	
508-ALI/105-ST6C	507,8	104,8	612,6	66	19	3,13	2,65	13,3	2226,5	231,55	0,0570	66500	18,2E-6	1030	24,1	92,0	142,0	

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à esquerda (S), com excepção dos cabos Crocus 297 e 412 que será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente)

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.6 - Cabos de Liga de Alumínio com Alma de Aço do tipo AACSR

Aplicações:

Os cabos de alumínio com alma de aço são normalmente usados em linhas aéreas. São cabos semelhantes aos ACSR, com a substituição dos fios de alumínio AL1 por fios de liga de alumínio AL2, AL3, AL4 ou AL5.

São normalmente indicados para grandes vãos onde é impraticável a utilização de torres intermediárias, existindo por isso a necessidade de utilização de cabos com maior resistência mecânica.

Normas de referência:

EN 50183; EN 50189; EN 50182

Construção:

Os cabos de liga de alumínio com alma de aço são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de liga de alumínio do tipo AL2, AL3, AL4 ou AL5, e um núcleo (alma) de aço galvanizado de alta resistência do tipo ST1A, ST2B, ST3D, ST4A ou ST5E.

Devido às numerosas combinações possíveis de fios de liga de alumínio e aço, pode-se variar a proporção dos mesmos, a fim de se obter a melhor relação entre capacidade de transporte de corrente e resistência mecânica para cada aplicação.

Quadro 89 - Composições dos cabos de liga de alumínio com alma de aço

Composição	Secção Transversal do Cabo	Composição	Secção Transversal do Cabo
6/1 fios (1)+6		18/1 fios (1)+6+12	
12/7 fios (1)+6+12		26/7 fios (1)+6+10+16	
30/7 fios (1)+6+12+18		45/7 fios (1)+6+9+15+21	
54/7 fios (1)+6+12+18+24		54/19 fios (1)+6+12+12+18+24	

Quadro 90 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados em Inglaterra - AL5/ST1A

Designação	Area (mm ²)			Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km)	Modulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Antiga	Liga	Aço Total	Liga	Aço	Liga	Aço	alma	cabro							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Nova																			
183-AL5/43-ST1A	KEZIAH	183,4	42,8	226,2	30	7	2,79	2,79	8,37	19,5	102,89	0,1740	80000	17,9E-6	515	8,5	23,5	51,1	35,2

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

Quadro 91 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados em Espanha - AL2/ST1A

Designação	Area (mm ²)			Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km)	Modulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)			
	Antiga	Liga	Aço Total	Liga	Aço	Liga	Aço	alma	cabro							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Nova																			
27-AL2/4-ST1A	DA 30	26,7	4,4	31,1	6	1	2,38	2,38	2,38	107,7	13,75	1,2474	76000	18,6E-6	145				
47-AL2/8-ST1A	DA 56	46,8	7,8	54,6	6	1	3,15	3,15	3,15	188,6	23,77	0,7121	76000	18,6E-6	205				
67-AL2/11-ST1A	DA 78	67,3	11,2	78,6	6	1	3,78	3,78	3,78	271,6	33,55	0,4945	76000	18,6E-6	260				
94-AL2/22-ST1A	DA 110	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	6,00	432,2	56,36	0,3563	80000	17,9E-6	325	4,4	13,1	26,2	18,1
119-AL2/28-ST1A	DA 145	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	6,75	547,0	71,33	0,2815	80000	17,9E-6	380	5,5	16,6	33,2	22,9
147-AL2/34-ST1A	DA 180	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	7,50	675,3	87,03	0,2280	80000	17,9E-6	435	6,8	20,5	41,0	28,3
226-AL2/53-ST1A	DA 280	226,4	52,8	279,3	30	7	3,10	3,10	9,30	1038,4	131,71	0,1483	80000	17,9E-6	575	10,5	31,5	63,0	43,4

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente)

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 92 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados na Alemanha - AL3/ST1A

Designação	Área (mm ²)			Nº de fios		Diâmetro fios (mm)			Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal (1)	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2)				
	Nova	Antiga		Liga	Aço	Total	Liga	Aço	Alma	Cabo							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	
15-AL3.34-ST1A	16,25	15,3	2,5	17,8	6	1	1,80	2,80	1,80	5,40	61,6	7,48	2,1602	81000	18,6E-6	100	A	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
24-AL3.44-ST1A	25,4	23,9	4,0	27,8	6	1	2,25	3,25	2,25	6,75	96,2	11,69	1,3825	81000	18,6E-6	135					
34-AL3.64-ST1A	35,6	34,4	5,7	40,1	6	1	2,70	2,70	2,70	8,10	138,6	16,66	0,9601	81000	18,6E-6	170					
44-AL3.84-ST1A	44,32	44,0	31,7	75,6	14	7	2,00	2,40	7,20	11,2	369,1	49,08	0,7566	110000	14,8E-6	210					
48-AL3.88-ST1A	50,8	48,3	8,0	56,3	6	1	3,20	3,20	3,20	9,60	194,7	23,08	0,6835	110000	14,8E-6	210					
51-AL3.30-ST1A	50,30	51,2	29,8	81,0	12	7	2,33	2,33	6,99	11,7	374,6	49,12	0,6496	107000	15,3E-6	230					
70-AL3.11-ST1A	70,12	69,9	11,4	81,3	26	7	1,85	1,44	4,32	11,7	282,0	33,96	0,4756	77000	18,9E-6	265					
94-AL3.15-ST1A	95,15	94,4	15,3	109,7	26	7	2,15	1,67	5,01	13,6	380,3	45,79	0,3521	77000	18,9E-6	325					
97-AL3.56-ST1A	95,55	96,5	56,3	152,8	12	7	3,20	3,20	9,60	16,0	706,5	90,40	0,3444	107000	15,3E-6	345					
106-AL3.76-ST1A	105,75	105,7	75,5	181,2	14	19	3,10	2,25	11,3	17,5	885,0	119,56	0,3155	110000	14,8E-6	370					
122-AL3.20-ST1A	120,20	121,6	19,8	141,4	26	7	2,44	1,90	5,70	15,5	490,6	59,09	0,2734	77000	18,9E-6	385					
122-AL3.71-ST1A	120,70	122,1	71,3	193,4	12	7	3,60	3,60	10,8	18,0	894,2	114,41	0,2721	107000	15,3E-6	400					
128-AL3.30-ST1A	125,30	127,9	29,8	157,8	30	7	2,33	2,33	6,99	16,3	586,6	71,76	0,2601	82000	17,9E-6	400					
149-AL3.24-ST1A	150,25	148,9	24,2	173,1	26	7	2,70	2,10	6,30	17,1	600,3	72,28	0,2233	77000	18,9E-6	435					
172-AL3.40-ST1A	170,40	171,8	40,1	211,8	30	7	2,70	2,70	8,10	18,9	787,7	96,36	0,1937	82000	17,9E-6	480					
184-AL3.30-ST1A	185,30	183,8	29,8	213,6	26	7	3,00	2,33	6,99	19,0	740,4	88,24	0,1809	77000	18,9E-6	500					
209-AL3.34-ST1A	210,35	209,1	34,1	243,2	26	7	3,20	2,49	7,47	20,3	843,5	100,54	0,1590	77000	18,9E-6	545					
212-AL3.49-ST1A	210,50	212,1	49,5	261,5	30	7	3,00	3,00	9,00	21,0	972,5	118,96	0,1569	82000	17,9E-6	555					
231-AL3.30-ST1A	230,30	230,9	29,8	260,8	24	7	3,50	2,33	6,99	21,0	870,1	102,14	0,1439	74000	19,5E-6	575					
243-AL3.39-ST1A	240,40	243,1	39,5	282,5	26	7	3,45	2,68	8,04	21,8	979,4	116,72	0,1368	77000	18,9E-6	600					
264-AL3.34-ST1A	265,55	263,7	34,1	297,7	24	7	3,74	2,49	7,47	22,4	933,6	116,64	0,1260	74000	19,4E-6	630					
304-AL3.49-ST1A	300,50	304,3	49,5	353,7	26	7	3,86	3,00	9,00	24,4	1226,4	146,16	0,1092	77000	18,9E-6	695					
305-AL3.39-ST1A	305,40	304,6	39,5	344,1	54	7	2,68	2,68	8,04	24,1	1150,3	134,88	0,1093	70000	19,4E-6	690					
339-AL3.30-ST1A	340,30	339,3	29,8	369,1	48	7	3,00	2,33	6,99	25,0	1170,2	134,12	0,0980	62000	20,3E-6	735					
382-AL3.49-ST1A	380,50	381,7	49,5	431,2	54	7	3,00	3,00	9,00	27,0	1441,4	169,01	0,0872	70000	19,4E-6	800					
386-AL3.34-ST1A	385,35	386,0	34,1	420,1	48	7	3,20	2,49	7,47	26,7	1332,4	152,74	0,0862	62000	20,3E-6	800					
434-AL3.56-ST1A	435,55	434,3	56,3	490,6	54	7	3,20	3,20	9,60	28,8	1640,0	190,04	0,0766	70000	19,4E-6	870					
449-AL3.39-ST1A	450,40	448,7	39,5	488,2	48	7	3,45	2,68	8,04	28,7	1547,7	177,39	0,0741	62000	20,3E-6	885					
490-AL3.64-ST1A	490,65	490,3	63,6	553,8	54	7	3,40	3,40	10,2	30,6	1851,4	214,54	0,0679	70000	19,4E-6	940					
550-AL3.71-ST1A	550,70	549,7	71,3	620,9	54	7	3,60	3,60	10,8	32,4	2075,6	240,52	0,0695	70000	19,4E-6	1015					
562-AL3.49-ST1A	560,50	561,7	49,5	611,2	48	7	3,86	3,00	9,00	32,2	1937,8	222,11	0,0592	62000	20,3E-6	1025					
679-AL3.86-ST1A	680,85	678,6	86,0	764,5	54	19	4,00	2,40	12,0	36,0	2547,6	298,17	0,0490	68000	19,5E-6	1165					

Nota: O sentido de cablamente da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 93 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados em França - AL4/ST6C

Designação	Área (mm ²)		Nº de fios		Diâmetro fios (mm)		Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Elétrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão	Capacidade Nominal ⁽¹⁾	Peso de massa Protetora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾						
	Nova	Antiga	Liga	Aço	Total	Liga	Aço	Liga							Aço	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4		
28-AL4-9-ST6C		PHLOX 37,7	28,3	9,4	37,7	9	3	2,00	2,00	4,30	8,30	151,4	22,86	1,1750	93000	16,8E-6	155	3,6	11,5	5,8	
38-AL4-22-ST6C		PHLOX 59,7	37,7	22,0	59,7	12	7	2,00	2,00	6,00	10,0	276,0	44,14	0,8835	108000	15,3E-6	185	4,4	13,1	7,2	
48-AL4-28-ST6C		PHLOX 75,5	47,7	27,8	75,5	12	7	2,25	2,25	6,75	11,3	349,3	55,86	0,6981	108000	15,3E-6	220	5,5	16,6	9,1	
52-AL4-42-ST6C		PHLOX 94,1	52,0	42,1	94,1	15	9	2,10	1,68	8,40	12,6	474,2	77,96	0,6435	112000	14,5E-6	235	9,3	21,3	13,5	
57-AL4-60-ST6C		PHLOX 116,2	56,5	59,7	116,2	18	9	2,00	2,00	10,0	14,0	625,0	104,93	0,5921	124000	14,0E-6	250	13,1	26,2	18,1	
72-AL4-76-ST6C		PHLOX 147,1	71,6	75,5	147,1	18	9	2,25	2,25	11,3	15,8	791,0	132,80	0,4678	124000	14,0E-6	295	16,6	33,2	22,9	
119-AL4-28-ST6C		PASTEL 147,1	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	6,75	15,8	547,0	79,12	0,2795	84000	17,9E-6	380	5,5	16,6	33,2	22,9
88-AL4-93-ST6C		PHLOX 181,6	88,4	93,3	181,6	18	9	2,50	2,50	12,5	17,5	976,6	160,22	0,3789	124000	14,0E-6	335	20,5	41,0	28,3	
147-AL4-34-ST6C		PASTEL 181,6	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	7,50	17,5	675,3	96,31	0,2264	84000	17,9E-6	435	6,8	20,5	41,0	28,3
111-AL4-117-ST6C		PHLOX 228	110,8	117,0	227,8	18	9	2,80	2,80	14,0	19,6	1225,0	200,98	0,3021	124000	14,0E-6	390	25,7	51,4	35,4	
185-AL4-43-ST6C		PASTEL 228	184,7	43,1	227,8	30	7	2,80	2,80	8,40	19,6	847,1	120,81	0,1805	84000	17,9E-6	505	8,5	25,7	51,4	35,4
140-AL4-148-ST6C		PHLOX 288	140,3	148,1	288,3	18	9	3,15	3,15	15,8	22,1	1550,4	249,93	0,2387	124000	14,0E-6	455	32,5	65,1	44,8	
234-AL4-55-ST6C		PASTEL 288	233,8	54,6	288,3	30	7	3,15	3,15	9,45	22,1	1072,1	151,26	0,1426	84000	17,9E-6	590	10,8	32,5	65,1	44,8
206-AL4-93-ST6C		PASTEL 299	206,2	93,3	299,4	42	9	2,50	2,50	12,5	22,5	1302,8	198,51	0,1622	96500	16,0E-6	555	20,5	41,0	68,3	52,2
148-AL4-228-ST6C		PHLOX 376	147,8	227,8	375,6	24	37	2,80	2,80	19,6	25,2	2202,4	369,27	0,2270	130000	13,3E-6	485	51,4	85,7	65,5	
326-AL4-86-ST6C		PASTEL 412	325,7	86,0	411,7	32	19	3,60	2,40	12,0	26,4	1575,1	223,80	0,1025	82000	17,5E-6	730	18,9	49,6	94,5	66,9
508-AL4-105-ST6C		PETUNIA 612	507,8	104,8	612,6	66	19	3,13	2,65	13,3	32,0	2225,0	312,81	0,0657	77500	18,2E-6	970	24,1	92,0	142,0	113,1
717-AL4-148-ST6C		PASTEL 865	717,3	148,1	865,4	66	19	3,72	3,15	15,8	38,1	3143,2	430,29	0,0465	77500	18,2E-6	1215	34,0	129,9	200,5	159,7

Nota: O sentido de enfileiramento da última camada será à esquerda (S), com exceção do cabo PHLOX 37,7 que será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protetora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.7 - Curvas de Elevação da Temperatura

A intensidade de corrente máxima admissível num cabo aéreo nu está limitada pela elevação da temperatura desse cabo (até ao valor máximo permitido pelo metal constituinte) provocada pela passagem dessa corrente. A temperatura máxima admissível num condutor nu não deve provocar alterações das propriedades mecânicas exigíveis para os metais constituintes, nomeadamente a resistência à tracção e o alongamento.

Nenhuma acção de recozimento é notada nos fios de alumínio até uma temperatura de 75 °C, mesmo ao fim de um tempo em serviço prolongado, e até 100 °C o recozimento produzido é fraco. Um cabo AAC em serviço permanente e a uma temperatura de 100 °C sofrerá, ao fim de alguns meses, uma redução até 10% do seu limite de ruptura provocada pelo recozimento. Já num cabo ACSR essa redução não será superior a 5% devido à presença do aço na composição do mesmo.

As curvas de elevação da temperatura que apresentamos nos gráficos 19 a 21, fornecem a intensidade de corrente admissível nos cabos AAC e ACSR em função da elevação da temperatura desses acima de 40 °C (temperatura ambiente), considerando o vento a incidir transversalmente sobre o cabo e com uma velocidade de 0,61 m/s.

Gráfico 19- Curvas de Elevação da Temperatura dos Cabos AAC

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)

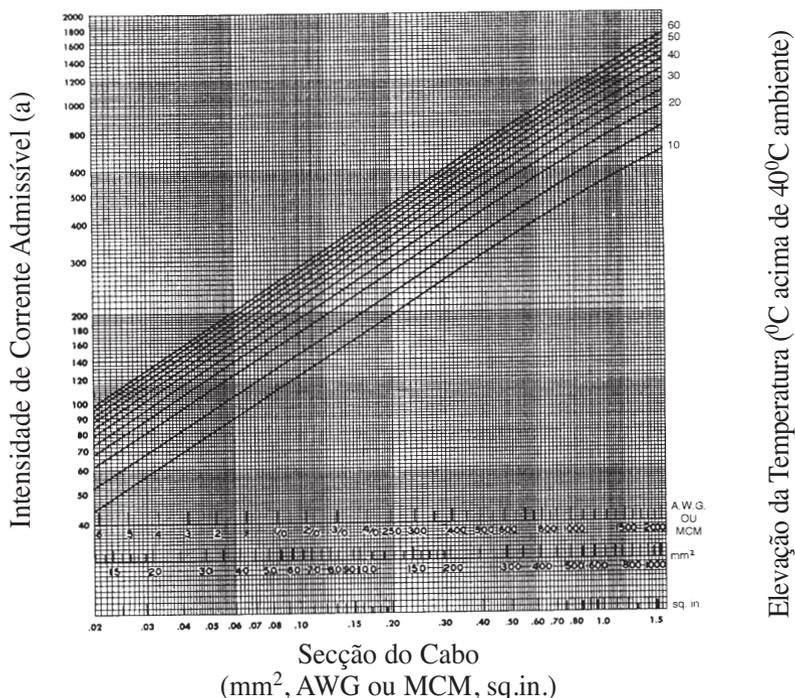


Gráfico 20 - Curvas de Elevação da Temperatura dos Cabos ACSR

(Medidas Canadianas)

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)

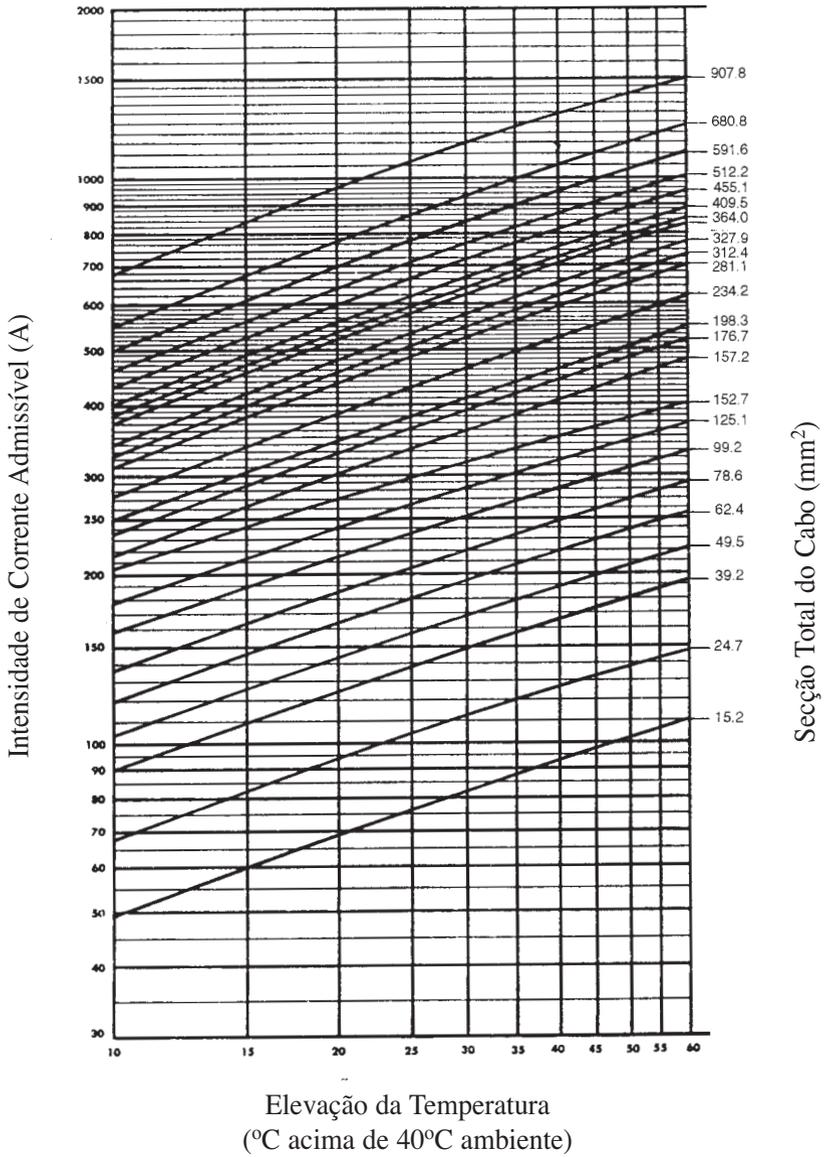
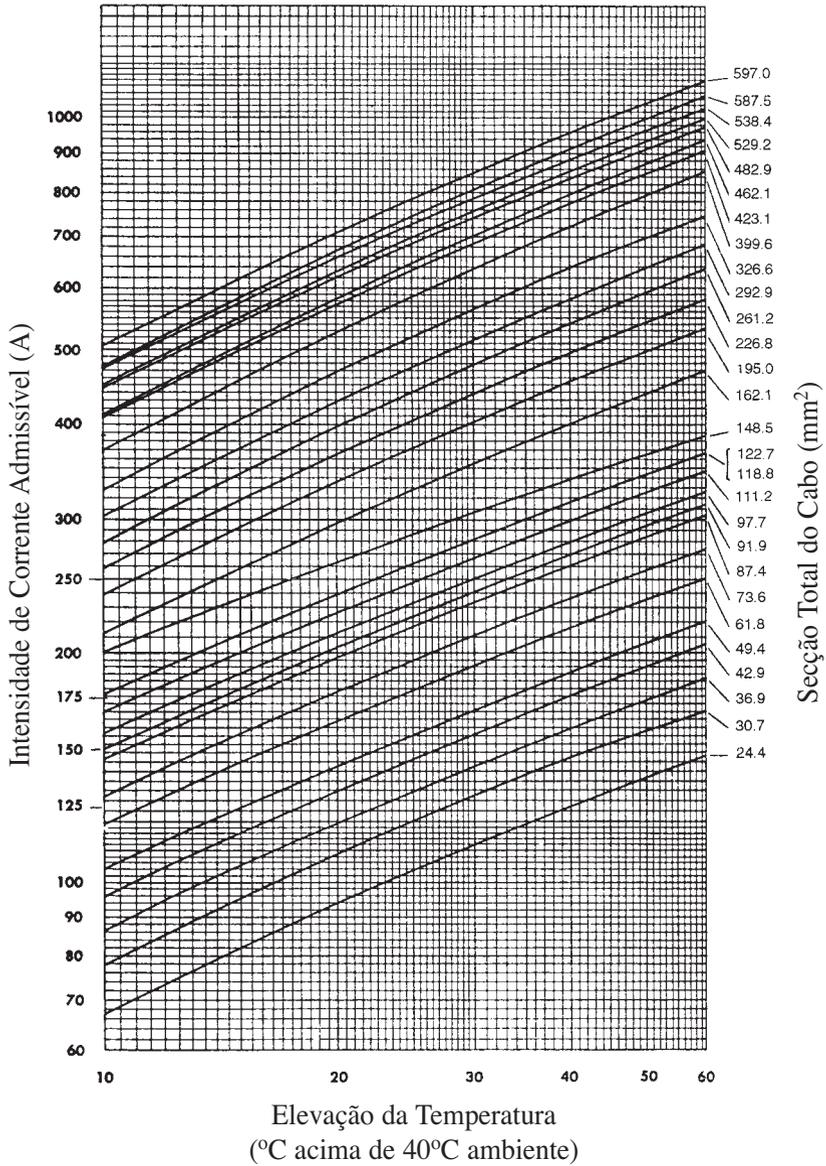


Gráfico 21 - Curvas de Elevação da Temperatura dos Cabos ACSR
 (Medidas Inglesas)

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)



Cabos de Guarda com Fibra Óptica Incorporada



Capítulo V.ii

5.2- Cabos de Guarda com Fibra Óptica Incorporada*

5.2.1 - Fibra óptica: Conceitos básicos e perspectivas de evolução

5.2.1.1 - Introdução

A crescente procura de serviços multimédia verificada na última década, estimulou o desenvolvimento de infraestruturas suportadas por fibra óptica. Em paralelo, o desenvolvimento de equipamentos activos (amplificadores em fibra, multiplexadores, lasers DFB,...) associado a uma evolução da própria fibra óptica, optimizaram a exploração das capacidades intrínsecas a esta tecnologia: largura de banda, transparência protocolar e fiabilidade.

5.2.1.2 - Conceitos básicos

5.2.1.2.1 - Propagação do raio luminoso – análise geométrica

A transmissão de luz nas fibras ópticas, resulta de grosso modo de um processo de confinamento da mesma ao longo de guia de onda constituído por um cilindro de vidro central (núcleo – índice de refração n_1), rodeado por um tubo do mesmo material base (bainha – índice de refração n_2) mas com um índice de refração ligeiramente inferior - Figura 27.

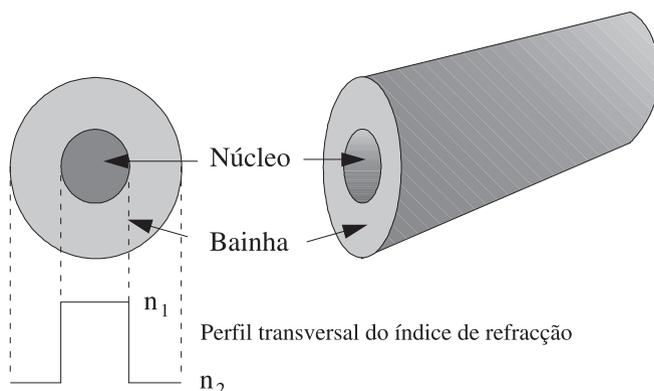


Figura 27 - Estrutura base de uma fibra óptica com um perfil de índice de refração em degrau.

O confinamento é assegurado por um processo de reflexões internas totais na interface do núcleo com a bainha da fibra óptica (Figura 28).

* Também designado por O.P.G.W. (optical power ground wire).

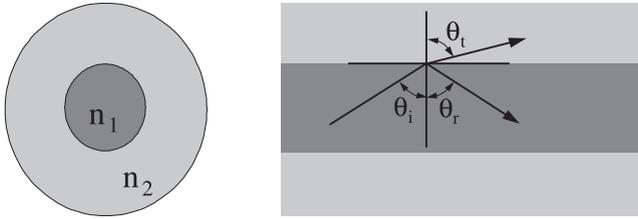


Figura 28 - Reflexão interna na interface núcleo/bainha.

Para um raio luminoso que se propaga de uma região de índice de refração n_1 para uma outra região com um menor índice de refração (n_2), a relação entre os ângulos apresentados na Figura 28 é dada pela Lei de Snell:

$$n_1 \sin(\theta_i) = n_2 \sin(\theta_t) \tag{1}$$

onde θ_i : ângulo de incidência

θ_t : ângulo de transmissão.

O limite da reflexão interna total ocorre quando $\theta_t=90^\circ$:

$$\sin(\theta_i) = \frac{n_2}{n_1} \tag{2}$$

Para esta situação limite o ângulo de incidência é designado por ângulo crítico θ_c . Assim a condição de propagação de um raio luminoso que incide na interface núcleo/bainha com um ângulo θ é:

$$\sin(\theta) > \sin(\theta_c) \Rightarrow \theta > \theta_c \tag{3}$$

5.2.1.2.2 - Atenuação

Os mecanismos físicos básicos que contribuem para a atenuação da potência óptica transmitida ao longo da fibra são de grosso modo:

- (i) Absorção intrínseca;
- (ii) Absorção pelas impurezas;
- (iii) Espalhamento (“Scattering”)

Quer a absorção devida aos materiais intrínsecos à própria fibra, quer a absorção associada à presença de água (íons OH^-) e de outras impurezas

inerentes ao processo de fabricação das fibras ópticas (tais como metais de transição – Fe, Cu, Ni,...), têm um comportamento espectral definido quer pela vibração atómica quer pela condição de ressonância electrónica associada a esse elemento.

O fenómeno de espalhamento de Rayleigh resulta de variações microscópicas (numa escala muito inferior ao comprimento de onda da luz) da densidade dos vários compostos utilizados na fabricação da fibra óptica. O comportamento espectral do coeficiente de atenuação associado a este fenómeno é dado por:

$$\alpha_{\text{Rayleigh}} = \frac{C}{\lambda^4} \quad (4)$$

onde C: constante intrínseca à fibra

λ : comprimento de onda

O coeficiente de atenuação total (α) para uma determinada fibra óptica é definido como:

$$P = P_0 \exp[-\alpha L] \quad (5)$$

onde P_0 : potência óptica injectada na fibra

P: potência óptica no final de um percurso óptico de comprimento L

O comportamento espectral de uma fibra óptica é apresentado na Figura 29.

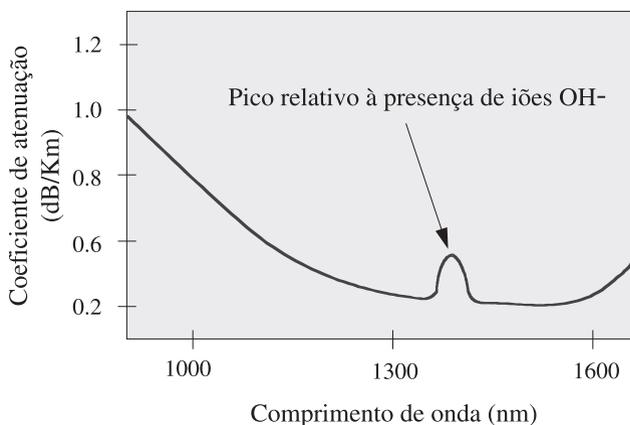


Figura 29. Comportamento espectral do coeficiente de atenuação de uma fibra óptica standard.

5.2.1.2.3 - Dispersão cromática

As várias componentes espectrais de um sinal óptico percorrem a mesma distância ao longo de uma fibra óptica em intervalos de tempo distintos. Numa fibra óptica multimodo este fenómeno é explicado pela propagação em diferentes modos com geometria de propagação distinta: dispersão inter-modal. No caso particular da propagação de um único modo – fibras monomodo, a dispersão do sinal resulta de aspectos intra-modais: Dispersão material e dispersão do guia de onda.

A dispersão material está associada à natureza multi-cromática de um determinado sinal óptico que se propaga ao longo de uma fibra. Como cada componente espectral deste sinal “vê” a fibra com um índice de refração específico, a velocidade de propagação não é constante para a gama de comprimentos de onda em questão. Assim cada componente espectral deste sinal demora um determinado tempo a percorrer a via óptica, provocando o alargamento temporal do mesmo.

A dispersão do guia de onda é determinada pela fracção de luz propagada através da bainha, e como o índice de refração da bainha é diferente do índice de refração do núcleo, então os modos propagadores nestas duas regiões viajam com velocidade distintas.

A dispersão total para uma fibra monomodo é dada pelo somatório destes dois tipos de dispersão (Figura 30).

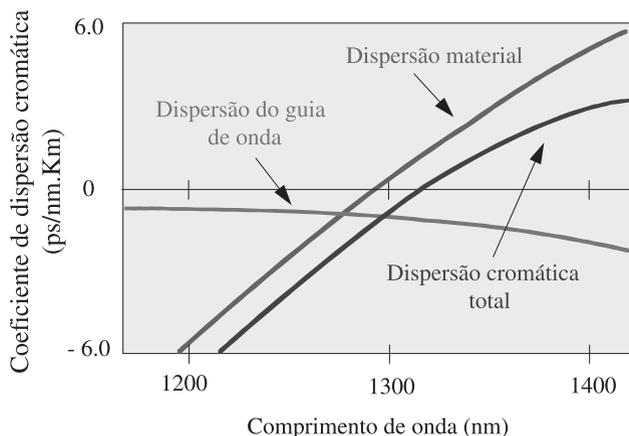


Figura 30 - Comportamento espectral das componentes da dispersão cromática.

5.2.1.2.4 - Dispersão modal de polarização (PMD)

Uma fibra óptica concebida para a propagação de um único modo (modo fundamental) não é verdadeiramente monomodo, já que na realidade esta fibra suporta dois modos degenerados polarizados num plano ortogonal ao eixo da fibra (Figura 31).

Numa situação ideal a fibra óptica seria um guia de onda com uma simetria perfeitamente circular e com um perfil de índices de refração uniforme ao longo de toda a sua extensão. Na realidade as imperfeições inerentes ao processo de fabrico, bem como vários aspectos físicos (temperatura, tensões mecânicas,...) presentes ao longo do tempo de vida do cabo de fibra óptica, determinam um comportamento aleatório destas assimetrias. Assim os dois modos polarizados em planos ortogonais propagam-se com velocidades distintas, determinadas pela diferença entre os índices de refração efectivos nestes dois planos. Esta diferença é conhecida por birrefringência:

$$B = n_x - n_y \tag{6}$$

n_i representa o índice de refração efectivo no plano i .

A diferença entre as velocidades de propagação dos dois modos, determina um atraso temporal $\Delta\tau$ entre os dois ao fim de um percurso óptico com uma extensão L :

$$\Delta\tau = \left| \frac{L}{v_{g_x}} - \frac{L}{v_{g_y}} \right| = L \Delta\beta \tag{7}$$

onde v_{gi} : velocidade de grupo no eixo i

$\Delta\beta$: variação da constante de propagação associada à birrefringência.

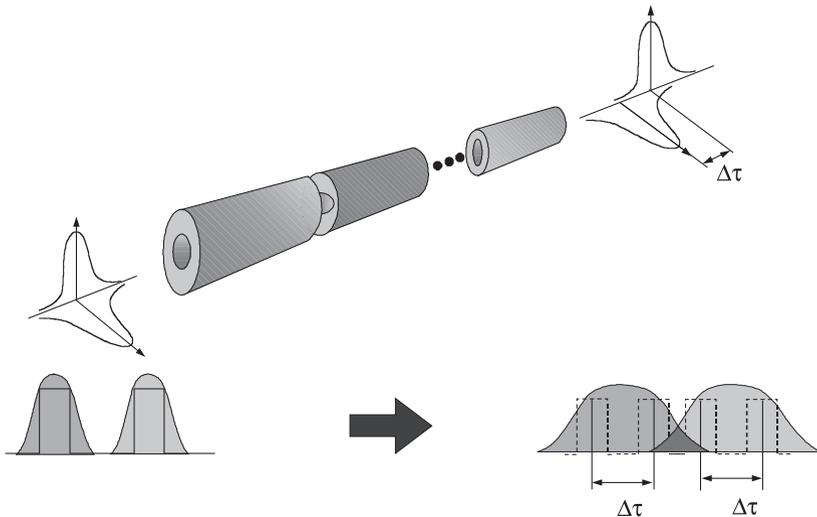


Figura 31 - A perspectiva de uma fibra óptica como uma sequência aleatória de vários elementos com uma determinada birrefringência.

Como uma fibra óptica real pode ser considerada uma sequência aleatória de elementos com um birrefringência específica (Figura 31), a dispersão dos modos de polarização (PMD) resulta de uma análise estatística do comportamento de $\Delta\tau$. Devido ao seu carácter estatístico, o atraso entre os dois modos de polarização não tem um comportamento linear relativamente ao comprimento da fibra. Assim a unidade indicada para o valor do PMD é dada em ps/ $\sqrt{\text{km}}$.

Os efeitos mais nefastos do PMD resultam do alargamento dos impulsos ópticos num sistema de telecomunicações digitais por fibra óptica. Este fenómeno pode provocar interferências inter-digitais, resultando num aumento significativo do BER (“Bit-error-rate”). Uma boa regra para evitar este tipo de situações consiste em manter o valor de $\Delta\tau$ em níveis inferiores a 10% do período do bit. O gráfico 22 apresenta os níveis máximos de dispersão para vários tributários de uma arquitectura SDH (“Synchronous Digital Hierarchy”).

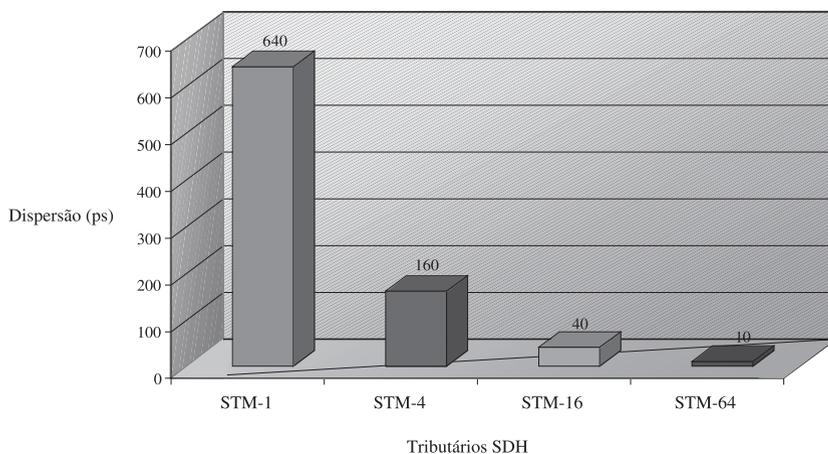


Gráfico 22 - Dispersão máxima para várias taxas de débito.

5.2.1.3 - Evolução da fibra óptica

A explosão do número de utilizadores da Internet em meados nos anos 90, desencadeou nos operadores de telecomunicações uma procura de soluções que permitissem otimizar a capacidade das fibras e a redução do número de conversores óptico/eléctrico/óptico nas rotas implementadas.

Numa fibra monomodo standard (ITU-T G.652) os valores mais baixo de atenuação encontram-se na janela de 1550 nm, enquanto que os níveis de dispersão cromática são mínimos na janela de 1310 nm. Assim, e embora a janela de 1550 nm permita reduzir o número de amplificadores de sinal em relação à janela de 1310 nm, esta última garante um maior débito (maior

número de canais) para uma mesma distância entre regeneradores de sinal. A situação ideal seria conciliar numa mesma janela estas duas valências.

A primeira abordagem surgiu com a fibra monomodo com dispersão deslocada (ITU-T G.653), cuja construção permitia deslocar para a janela de 1550 nm os comprimentos de onda com dispersão cromática nula (Figura 32).

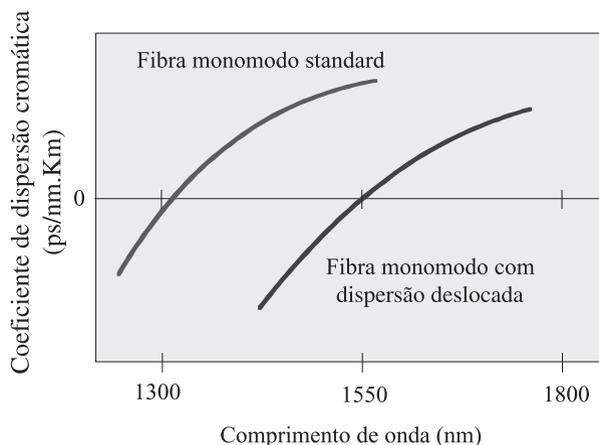


Figura 32 - Curvas de dispersão – fibra monomodo standard e com dispersão deslocada.

O advento da tecnologia de amplificadores em fibra dopada com Érbio (EDFA) e a utilização de arquiteturas com multiplexagem em comprimento de onda (WDM), permitiu aumentar significativamente a distância entre os conversores óptico/eléctrico, e um melhor aproveitamento da largura de banda, respectivamente.

No entanto o resultado da conjugação destas duas tecnologias, revelou-se incompatível com a utilização das fibras ópticas monomodo com dispersão deslocada. Isto porque os efeitos não lineares associados aos elevados níveis de potência óptica gerados pelos EDFAs, revelaram-se incompatíveis com a utilização de arquiteturas WDM e particularmente DWDM (“Dense Wavelength Division Multiplexing”). De todos os efeitos não lineares, o fenómeno conhecido como “Four Wave Mixing” (FWM) é o mais prejudicial para arquiteturas DWDM com canais equiespaçados. Este fenómeno é responsável pelo aparecimento de réplicas da sequência dos canais originais deslocadas em comprimento de onda (Figura 33). Os efeitos são particularmente acentuados quando os novos canais se propagam à mesma velocidade dos canais originais, situação natural quando a distribuição espectral destes canais coincide com a janela de dispersão cromática nula.

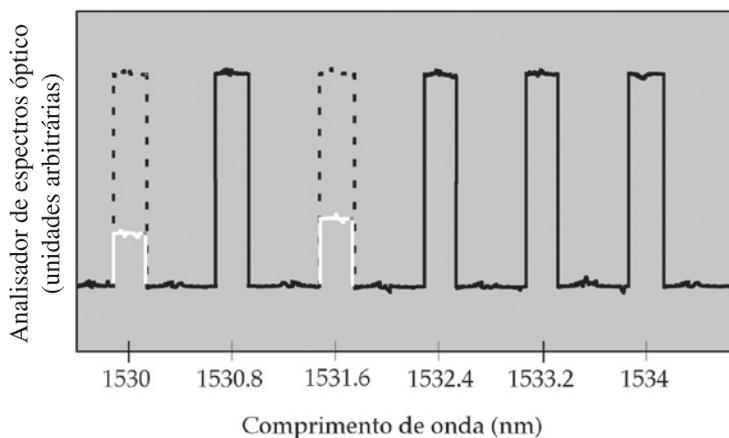


Figura 33 - Sistema de 6 canais DWDM a 100 GHz. Os canais a 1530 nm e 1531.6 nm estão a tracejado de forma a visualizar os sinais parasitas gerados por FWM (mais claro).

Com o intuito de minimizar estes efeitos, surgiu em meados dos anos 90 uma nova fibra monomodo com dispersão deslocada, mas com o comprimento de onda de dispersão nula deslocado da zona de operação – NZDSF (“Non-Zero Dispersion Shifted Fiber”). Neste tipo de fibra óptica o comprimento de onda de corte de dispersão cromática nula é desviado da gama de funcionamento dos EDFA, de forma a introduzir uma ligeira dispersão suficiente para limitar fenómenos como o FWM (Figura 34).

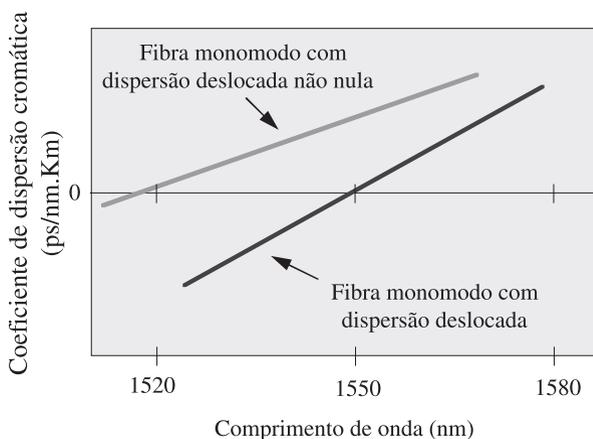


Figura 34: Dispersão cromática deslocada para a janela de 1550 nm.

Mais recentemente o desenvolvimento de uma nova versão da NZDSF com um maior núcleo LCF (“Large Core Fibers”), permitiu uma redução adicional dos efeitos não lineares através da diminuição da densidade de potência no núcleo das fibras.

5.2.2 - Fundamentos de reflectometria óptica temporal (OTDR)

5.2.2.1 - Introdução

Desde o seu aparecimento na década de 70, o OTDR (“Optical Time Domain Reflectometer”) tornou-se um dos instrumentos mais versáteis na caracterização de fibras e redes ópticas.

O seu funcionamento pode ser entendido como um “radar” óptico que envia impulsos de luz para uma fibra óptica, para depois recolher informação de uma pequena fracção dessa luz que é reflectida na sua direcção. A informação obtida desta forma permite elaborar um diagrama da potência óptica reflectida em função da distância. O OTDR determina a posição do acontecimento reflectivo a partir tempo de vôo dos impulsos de luz (OTDR→acontecimento→OTDR), e do valor da velocidade de propagação da luz na fibra (determinada pelo conhecimento do índice de refacção do núcleo da fibra):

$$L = \frac{ct}{2n} \tag{1}$$

onde: t – tempo de vôo do impulso óptico, c – velocidade da luz no vazio ($\approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$), e n – índice de refacção da fibra.

O diagrama da distribuição espacial de potência óptica é frequentemente denominado por padrão de “backscatter”, ou “assinatura” do percurso óptico.

5.2.2.2 - Princípio de funcionamento

Uma fonte de luz (LASER) envia impulsos de luz de alta potência e curta duração (10 ns – 10 µs), para a fibra óptica a testar. Uma fracção muito pequena desta radiação é reflectida na direcção do OTDR onde é captada por um detector de elevada sensibilidade (Figura 35).

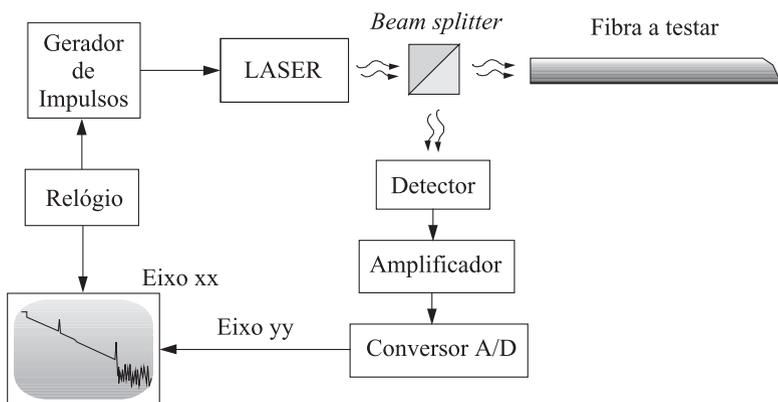


Figura 35. Diagrama de blocos genérico de um OTDR.

O monitor do OTDR mostra a curva da potência reflectida em função da distância. A partir desta distribuição espacial de potência é possível calcular a perda introduzida entre dois pontos, e o valor do coeficiente de atenuação (obtido pela razão: perda de potência/distância). A Figura 36 mostra um padrão de “backscatter” genérico, no qual podemos distinguir dois tipos de acontecimentos: os reflectivos - associados a descontinuidades do índice de refração que provocam reflexões de Fresnel (conectores, interfaces fibra-ar, etc); e os não-reflectivos – acontecimentos responsáveis pela introdução de perdas num percurso óptico sem descontinuidades (micro-curvaturas, juntas por fusão, etc).

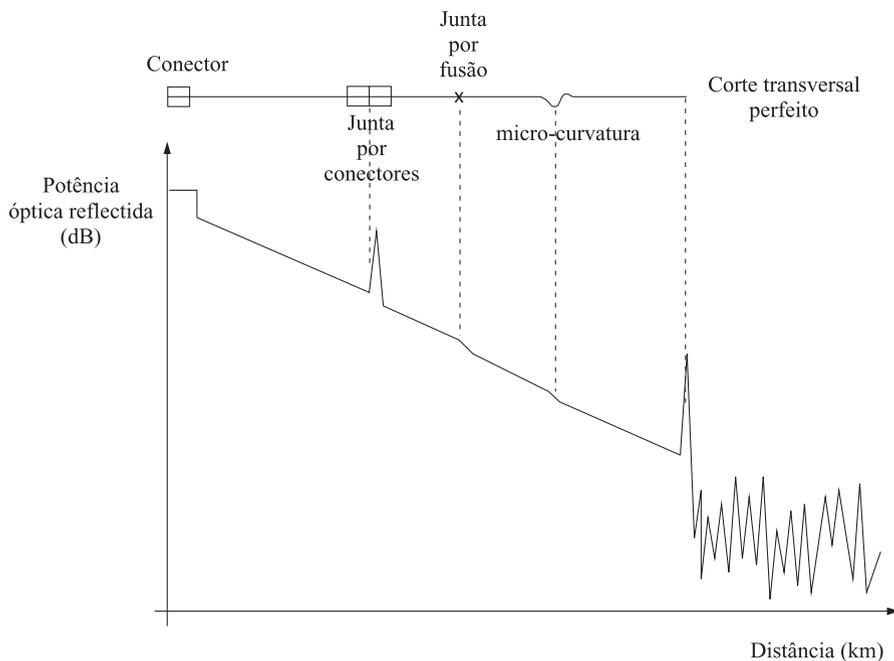


Figura 36 - Alguns dos acontecimentos mais vulgares numa fibra óptica, e respectivas assinaturas no padrão de “backscatter”.

A ligação entre estes acontecimentos é feita por patamares de decaimento uniforme de potência óptica, provocados por um fenómeno de dispersão de luz que está na base do princípio de funcionamento do próprio OTDR. A diferença entre os níveis de potência destes patamares imediatamente antes e depois de um dado acontecimento determina o valor da perda introduzida (Figura 37).

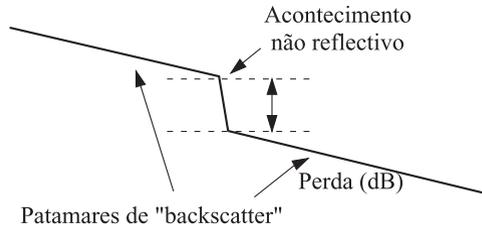


Figura 37. “Assinatura” característica de um acontecimento não reflectivo (p.e. junta por fusão).

5.2.2.3 - Parâmetros que condicionam a medição

5.2.2.3.1. Banda dinâmica

A banda dinâmica é uma espécie de figura de mérito utilizada para indicar a capacidade de medida de um OTDR. Uma banda dinâmica superior permite monitorar troços de fibra mais longos, e consequentemente detectar acontecimentos normalmente ocultados pelo ruído electrónico.

Por definição a banda dinâmica para um dado comprimento de onda de funcionamento e largura dos impulsos ópticos, corresponde à diferença (em décibéis) entre o nível inicial da potência óptica reflectida e o patamar de ruído. Esta diferença pode ser especificada em relação ao valor RMS (“root-mean-square”) do patamar de ruído ou em relação ao seu valor de pico (Figura 38).

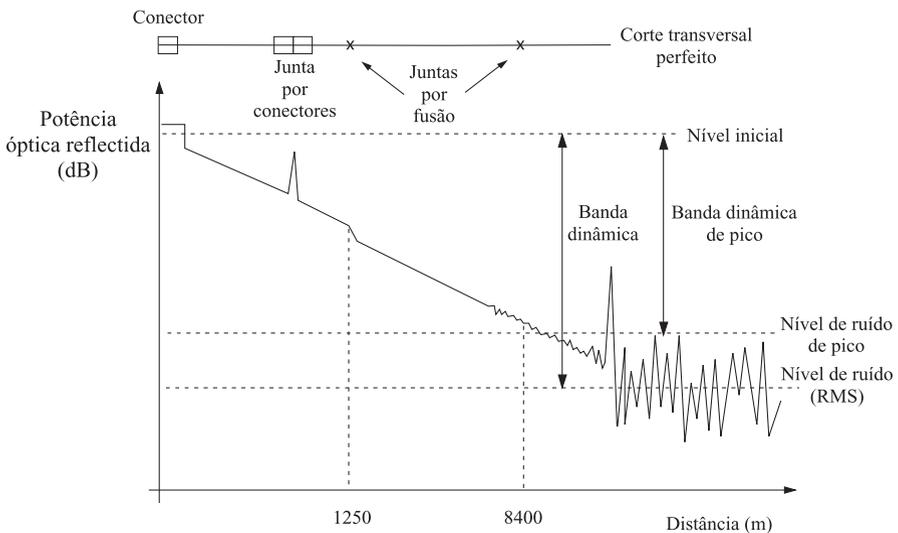


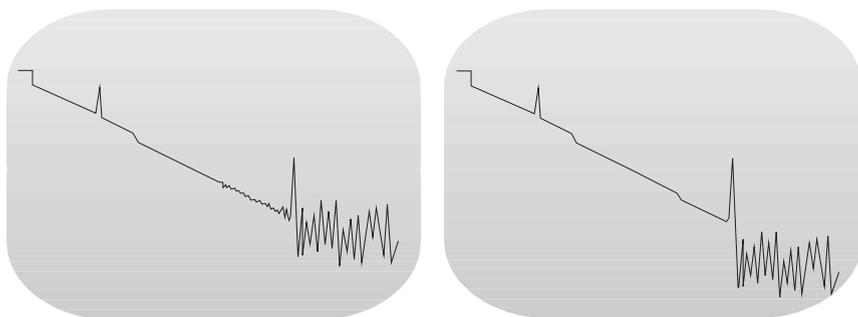
Figura 38 - Padrão de “backscatter” registado num OTDR sem banda dinâmica suficiente.

A figura 38 mostra um padrão de “backscatter”, no qual a diferença entre o nível do sinal reflectido pela extremidade da fibra mais afastada do OTDR e o patamar de ruído, é de tal maneira reduzida que não permite tirar conclusões fundamentadas em relação a possíveis acontecimentos nessa zona (por exemplo a junta por fusão situada a 8400 metros do OTDR não é visível). Para otimizar a banda dinâmica de um OTDR é necessário reduzir o patamar de ruído, e/ou aumentar a potência do sinal injectado de forma a melhorar a relação sinal-ruído. No caso do operador do OTDR optar pela primeira solução deverá aumentar a duração do tempo de aquisição, aproveitando desta forma a natureza aleatória do ruído. Na segunda opção o operador deverá aumentar a largura do impulso óptico injectado pelo OTDR na fibra.

5.2.2.3.1.1 - Duração do tempo de aquisição

A sequência de impulsos reflectidos permite ao OTDR recolher durante um intervalo de tempo pré-determinado um certo número de valores de potência relativos a várias posições ao longo da fibra. O processador de sinal do OTDR realiza então uma média dos valores correspondentes a uma determinada posição enquanto calcula a respectiva localização na fibra.

Devido ao seu comportamento aleatório o ruído pode ser atenuado realizando várias médias sobre os vários valores de potência reflectida em função da distância. Desta forma, ao aumentar o tempo de aquisição do OTDR, o operador otimiza a relação sinal-ruído, obtendo um padrão de “backscatter” de melhor qualidade (Figura 39).



Após 30 segundos

Após 2 minutos

Figura 39 - O padrão de “backscatter” em função do tempo de aquisição.

5.2.2.3.1.2 - Largura do impulso óptico

No ponto anterior foi discutido como a duração do tempo de aquisição pode influenciar a relação sinal-ruído da medição. Uma forma alternativa de obter

resultados semelhantes, consiste em melhorar o nível da potência óptica que chega ao detector do OTDR, aumentando a potência injectada na fibra. Para tal, o operador deve otimizar as condições de injeção da luz na fibra, prestando particular atenção à qualidade das juntas por conectores ou outros dispositivos que estabelecem a ligação óptica entre o OTDR e a fibra a testar. Depois deste procedimento (efectuado para cada medição) o operador pode ainda seleccionar impulsos ópticos de maior duração (Figura 40). Esta opção permite melhorar a relação sinal-ruído sem dispendir o tempo exigido pela solução discutida no ponto anterior. No entanto o operador deverá ter em conta a relação de compromisso entre a melhoria da banda dinâmica e a perda de resolução, que esta solução impõe (este problema é discutido no ponto 5.2.2.3.2).

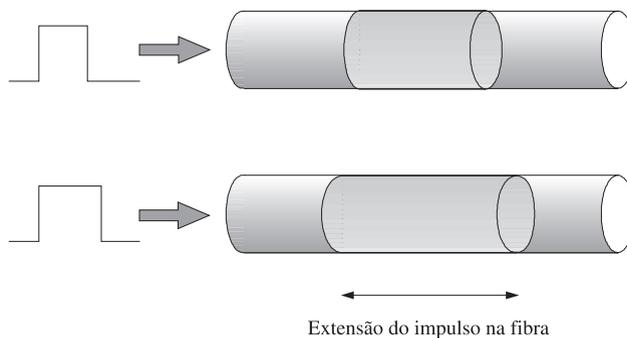


Figura 40 - Distribuição espacial de diferentes impulsos ópticos na fibra.

5.2.2.3.2 - Resolução espacial, zona morta

Enquanto que a banda dinâmica determina a extensão máxima da fibra a testar, a zona morta define a capacidade do OTDR distinguir dois acontecimentos sucessivos. As zonas mortas representam intervalos de tempo (posteriormente convertidos em distâncias) em que o detector do OTDR permanece saturado. O sistema de detecção óptica do OTDR é concebido para um regime de funcionamento com níveis de potência muito baixos. Assim qualquer acontecimento associado a fortes reflexões (por exemplo, reflexões de Fresnel em juntas por conectores, cortes perfeitos da fibra, etc) provoca um súbito pico de potência que é suficiente para saturar o detector. Após a saturação o detector demora ainda um certo tempo para recuperar, o que aumenta a extensão da zona morta.

Existem duas definições para zona morta (Figura 41):

- (i) **zona morta de atenuação:** distância entre o início da reflexão e o ponto onde o detector recupera até 0.5 dB em relação ao patamar de “backscatter”. Este é o ponto a partir do qual o OTDR recupera a capacidade de medir a atenuação e as perdas;

- (ii) **zona morta de um acontecimento:** distância entre o início da reflexão e o ponto onde o detector recupera 1.5 dB em relação ao pico de reflexão. A partir deste ponto o OTDR ainda não consegue medir atenuação mas já é possível identificar uma segunda reflexão.

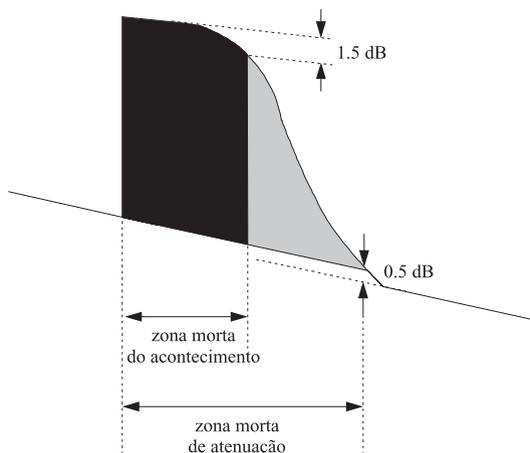


Figura 41 - Zona morta de um acontecimento reflectivo.

A zona morta determina a capacidade do OTDR em distinguir dois acontecimentos sucessivos, definindo desta forma a sua resolução espacial. A resolução espacial de dois pontos consecutivos é definida como:

$$\Delta z = \frac{\tau c}{2n} \quad (2)$$

onde: τ – largura do impulso óptico;

c – velocidade da luz no vazio ($\cong 3 \times 10^8$ m/s);

n – índice de refração da fibra.

No entanto esta expressão só é válida para impulsos ópticos com uma forma rectangular, nos quais a largura determina a resolução máxima. Para determinar o valor exacto da resolução é necessário ter em conta a largura de banda do detector e os intervalos de amostragem.

Tal como indica a expressão (2) a resolução espacial é de grosso modo definida pela largura dos impulsos ópticos. Assim para melhorar a resolução do OTDR o operador pode seleccionar impulsos mais estreitos, na condição da

potência óptica associada permitir ainda uma banda dinâmica suficiente para uma medição correcta.

Na Figura 42 está representado o resultado da monitorização de uma fibra, com impulsos ópticos de larguras distintas. Os impulsos mais estreitos (Figura 42.a) permitem ao operador distinguir dois acontecimentos próximos, no entanto na última metade da extensão de fibra a relação sinal-ruído degrada-se consideravelmente. Ao contrário, na Figura 42.b, ao utilizar impulsos mais largos o operador consegue ver a totalidade da fibra, mas os dois acontecimentos vizinhos deixam de ser perceptíveis.

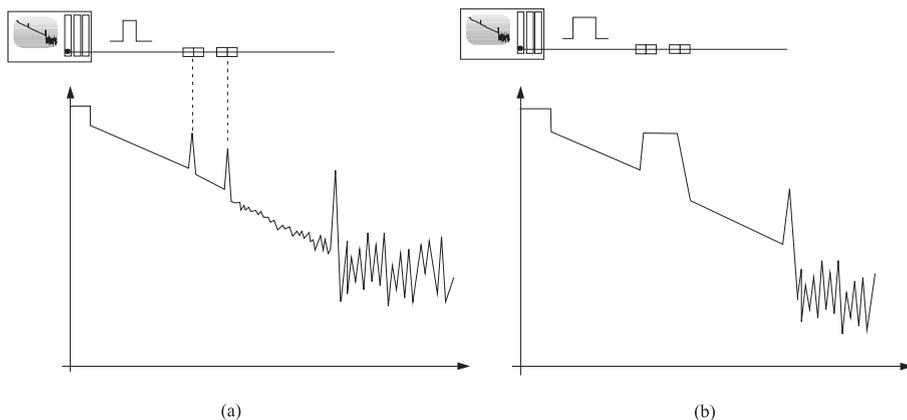


Figura 42 - Impulsos mais estreitos (a) garantem melhor resolução mas prejudicam a banda dinâmica; enquanto que os impulsos mais largos optimizam a banda dinâmica mas não permitem ao OTDR distinguir dois acontecimentos vizinhos.

Os impulsos ópticos mais largos provocam o aumento das zonas mortas limitando desta forma a capacidade do OTDR distinguir dois acontecimentos muito próximos.

5.2.2.4 - Análise bi-direccional

O OTDR apresenta frequentemente valores de atenuação distintos em medições realizadas nas duas extremidades da mesma fibra. Da mesma forma, é vulgar surgirem no monitor do OTDR juntas por fusão que apresentam um “ganho” e não perda! O que não deixa de ser estranho para um operador de OTDR desprevenido, sensibilizado para o facto da intensidade da luz reflectida diminuir em função da distância.

Para um fibra com um perfil de índices de refração em degrau, e admitindo um comportamento linear na transmissão de potência óptica, a intensidade (S) da luz recolhida pelo OTDR por “Rayleigh scattering” é dada pela seguinte expressão (Brinkmeyer, 1980):

$$S = 0.038 \left(\frac{\lambda}{n_1 \omega^2} \right)^2 \quad (3)$$

em que, λ : comprimento de onda, n_1 : índice de refração do núcleo da fibra, e ω a largura do campo modal.

Assim a intensidade do sinal recolhido pelo OTDR depende de factores sujeitos a variações impostas pelas condições ambientais, o que justifica o facto da mesma fibra apresentar valores de coeficiente de atenuação distintos. No caso particular de uma junta entre duas fibras com diâmetros modais ligeiramente diferentes, as condições de reflexão a montante da mesma serão diferentes das condições encontradas a jusante. Quando o factor S da fibra a jusante da junta for superior ao da fibra a montante, então o padrão do OTDR apresentará um “ganho”. Da mesma forma, ao colocar o OTDR na outra extremidade da fibra, o padrão resultante apresentará neste ponto uma perda exagerada (Figura 43). Para eliminar este problema o operador deverá realizar um teste bi-direccional, colocando o OTDR nas duas extremidades da fibra óptica a testar. O valor correcto das perdas na junta por fusão é obtido pela média dos valores obtidos em cada medição.

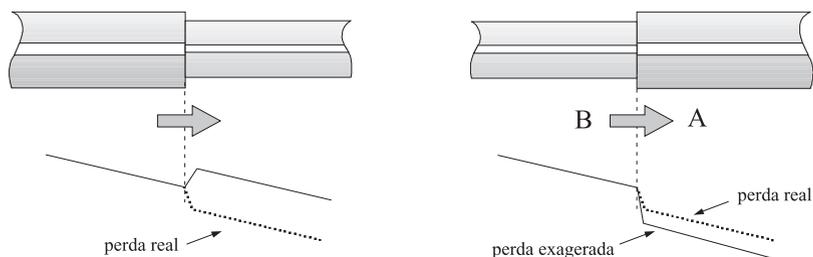


Figura 43 - A influência de diferentes propriedades de “backscattering” no cálculo das perdas em juntas por fusão.

Outro tipo de fenómeno vulgar nos testes realizados com um OTDR, é conhecido como acontecimento “0 dB”. Estes acontecimentos são basicamente um “ganho” aparente em que o acréscimo de potência compensa as perdas reais, fazendo desaparecer a junta do padrão de “backscatter” apresentado pelo OTDR. Novamente, um teste bi-direccional permite revelar a localização da junta por fusão.

A análise bi-direccional permite ainda detectar acontecimentos até aí ocultos na zona morta de um acontecimento reflectivo. O detector satura com o pico de Fresnel desse acontecimento, fica temporariamente “cego” e não consegue detectar os acontecimentos imediatamente a jusante.

Para além de garantir medições de atenuação mais rigorosas, uma análise bi-direccional permite ainda testar extensões de fibra superiores às permitidas pela banda dinâmica do OTDR disponível. De facto, os padrões obtidos das duas extremidades da fibra, podem ser colocados topo-a-topo de forma a caracterizar a totalidade do troço de fibra óptica (Figura 44).

Regra geral o próprio OTDR permite o alinhamento dos acontecimentos registados numa determinada direcção com os obtidos na direcção oposta. Na sequência desta operação, é elaborada uma tabela com os valores médios da atenuação para cada acontecimento, e respectiva localização.

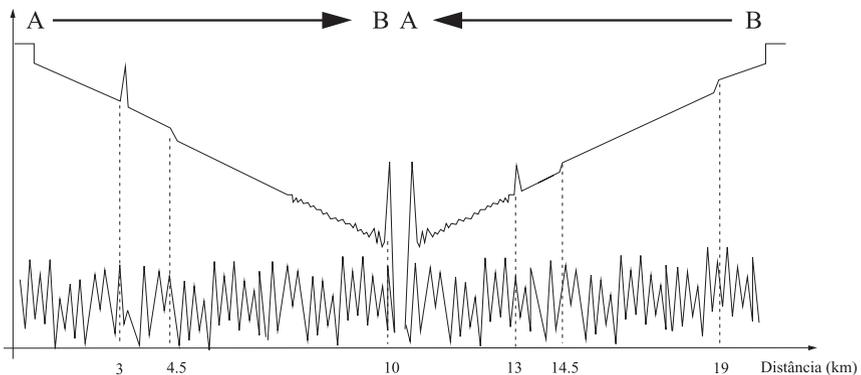


Figura 44 - As duas curvas do padrão de “backscatter” de uma fibra, obtidas por um teste bi-direccional.

5.2.2.5 - Ecos

Todos os impulsos ópticos que regressam ao OTDR são parcialmente reflectidos no seu conector de entrada, e injectados de novo na fibra a testar. Regra geral estes impulsos são de baixa intensidade sendo eliminados depois de percorridos alguns metros de fibra. Existem no entanto situações que implicam o aparecimento de fortes reflexões de Fresnel, com energia suficiente para serem reflectidas no conector de entrada do OTDR e provocar o aparecimento no padrão de “backscatter” de uma repetição ou eco, localizado numa distância múltipla ao acontecimento reflectivo que a provocou (Figura 45). Estas imagens “fantasma” podem ser eliminadas colocando um gel com índice de refração semelhante ao do núcleo da fibra (“index matching gel”), nas juntas com descontinuidades físicas responsáveis por reflexões de Fresnel.

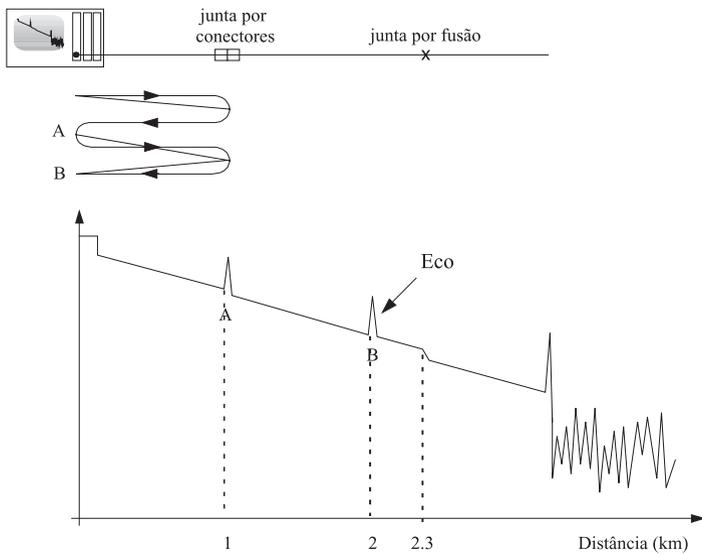


Figura 45 - Uma forte reflexão no ponto A (junta por conectores) provoca o aparecimento de uma imagem “fantasma” no ponto B (situado no dobro da distância de A).

5.2.3 - O desenho de cabos OPGW e a sua influência no desempenho mecânico das fibras ópticas

A componente eléctrica/mecânica dos cabos OPGW deverá prever a salvaguarda do desempenho da componente óptica dos mesmos. Assim a sua concepção deverá minimizar a tensão mecânica nas fibras resultante de fenómenos mecânicos/térmicos. A especificidade do desenho de um cabo OPGW é determinada pela unidade óptica, já que a componente eléctrica/mecânica é normalmente assegurada por uma combinação de fios de liga de alumínio e fios de aço cobertos por uma película de alumínio (ACS).

Para um dos mais populares modelos de cabo OPGW, a unidade óptica resulta da introdução no processo de cablagem de um tubo de aço-inox com fibras ópticas, em substituição de um dos fios da(s) camada(s) interior(s) do cabo (p.e. o desenho da Figura 46).

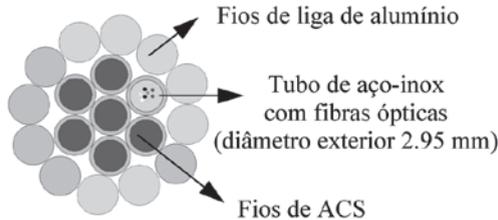


Figura 46. Cabo OPGW com tubo de aço-inox com fibras ópticas incorporadas.

A cablagem do tubo de aço-inox impõe uma trajectória em hélice para as fibras ópticas. Esta hélice determina a presença de um nível residual de tensão mecânica resultado da curvatura.

Para uma espiral com um diâmetro D , a deformação imposta pelo raio de curvatura é dado pela seguinte equação:

$$\varepsilon (\%) = 100 \times \frac{d}{D \left[1 + \left(\frac{P}{\pi D} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

na qual d representa o diâmetro da fibra de vidro (mm) e P o passo da hélice (mm).

A tensão mecânica resultante é:

$$\sigma = E_0 \varepsilon (1 + 0.375 \alpha \varepsilon) \quad (2)$$

Em que E_0 representa o módulo de elasticidade inicial da fibra (72 GPa) e α um factor de correcção relativo ao comportamento não-linear da relação tensão/deformação (tipicamente $\alpha = 6$).

A equação 2 permite avaliar o comportamento da tensão na fibra em função do passo de cablagem dos tubos e do diâmetro da respectiva hélice. O diâmetro da hélice descrita pelas fibras no interior do tubo de aço-inox na solução representada na Figura 1 estará dentro do intervalo: $3.65 \text{ mm} < D < 8.25 \text{ mm}$. Assim para um passo de cablagem entre 90 mm e 130 mm, a tensão mecânica por curvatura nas fibras é representada pelo gráfico 23.

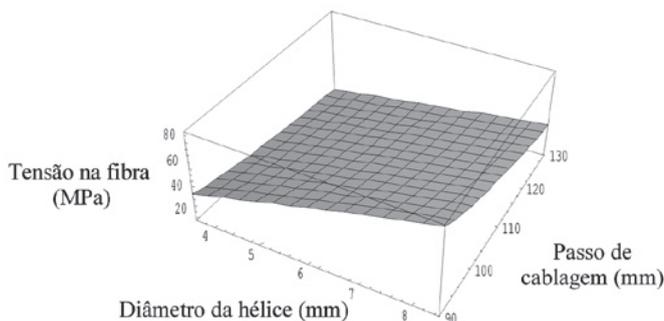


Gráfico 23 - Nível de tensão nas fibras em função do passo de cablagem do tubo de aço-inox e diâmetro da hélice, para o cabo OPGW descrito na Figura 46

As gamas de passos de hélice sugeridas, enquadram-se dentro das práticas industriais correntes para este tipo de cabo OPGW, assim como na perspectiva da obtenção de um excesso de fibra relativamente ao comprimento linear do cabo compatível com a margem de alongamento/contractão perspectivado para o cabo durante a sua vida útil.

A tensão mecânica nas fibras deve ser mantida abaixo de um nível de segurança definido pelo proof-test das fibras e por processos de fadiga resultantes da propagação de micro-fissuras no vidro. É prática corrente considerar um nível de segurança correspondente a 1/5 do valor do proof-test das fibras. Para fibras submetidas a uma tensão de proof-test de 700 MPa, o nível de tensão nas fibras durante o seu tempo de vida deverá ser mantido abaixo de 140 MPa.

O eventual alongamento/deformação das fibras durante o tempo de vida do cabo poderá ser minimizado, dotando a unidade óptica com um excesso de fibra relativamente ao comprimento linear do cabo suficiente para absorver as deformações temporárias e permanentes do mesmo. A redução do passo da hélice dos tubos ópticos permite otimizar o valor do excesso de fibra relativamente ao comprimento linear de cabo.

Tal como indica o Gráfico 23, o valor da tensão mecânica introduzida nas fibras ópticas devido à hélice imposta pelos passos de cablagem mais curtos é bastante inferior ao limite de segurança (140 MPa)

Quadro 94 - Características Técnicas dos Cabos OPGW (núcleo óptico em ACS)

Designação	Área (mm ²)			Nº de fios			Diâmetro fios (mm)			Diâmetro (mm)	Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Físal (N/mm ²)	Coeficiente linear de expansão	Corrente máxima de defeito suportável (I) kA.s
	Liga		Total	Liga	ACS	Tubos	Liga	ACS	Tubo							
	Liga	Aço	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina							
92-AL3.28-A.208A.ST - 48 fô	91,9	28,3	120,2	13	4	2	3,00	3,00	2,95	9,00	15,0	61,00	0,3230	80.100	18,3E-6	116
92-AL3.35-A.208A.ST - 24 fô	91,9	35,3	127,2	13	5	1	3,00	3,00	2,95	9,00	15,0	50,60	0,3230	80.100	17,7E-6	127
91-AL2.38-A.208A.ACST - 40 fô	90,6	37,7	128,3	12	5	2	3,10	3,10	3,00	9,30	15,5	541,0	0,3190	86.400	17,5E-6	127
91-AL2.45-A.208A.ACST - 16 fô	90,6	45,3	135,9	12	6	1	3,10	3,10	3,00	9,30	15,5	571,0	0,3080	90.600	17,0E-6	194
92-AL2.57-A.208A.ST - 48 fô	92,4	57,0	149,4	15	7	1	2,80	3,22	4,20	10,6	16,2	663,0	0,2930	95.800	16,5E-6	165
100-AL3.50-A.208A.ACST - 24 fô	99,5	49,8	149,3	12	6	1	3,25	3,25	3,20	9,8	16,3	628,0	0,2800	90.600	17,0E-6	170
125-AL3.48-A.208A.ST - 24 fô	125,1	48,1	173,2	13	5	1	3,50	3,50	3,45	10,50	17,5	687,0	0,2310	81.700	17,7E-6	321
204-AL.534-A.208A.ST - 36 fô	203,7	33,9	237,6	30	5	2	2,94	2,94	2,90	8,82	20,6	822,0	0,1450	70.300	19,7E-6	504

Quadro 95 - Características Técnicas dos Cabos OPGW (núcleo óptico em ST)

Designação	Área (mm ²)			Nº de fios			Diâmetro fios (mm)			Diâmetro (mm)	Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Ruptura Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Físal (N/mm ²)	Coeficiente linear de expansão	Corrente máxima de defeito suportável (I) kA.s
	Liga		Total	Liga	Aço	Tubos	Liga	Aço	Tubo							
	Liga	Aço	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina	Alumina							
204-AL.541-ST1A.ST - 24 fô	203,7	40,7	244,4	30	6	1	2,94	2,94	2,90	8,82	20,6	106,50	0,1550	77.500	18,3E-6	519

Nota: O sentido de cabimento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da Corrente máxima de defeito suportável são meramente indicativos e foram calculados para elevações de temperatura de 30 a 180°.

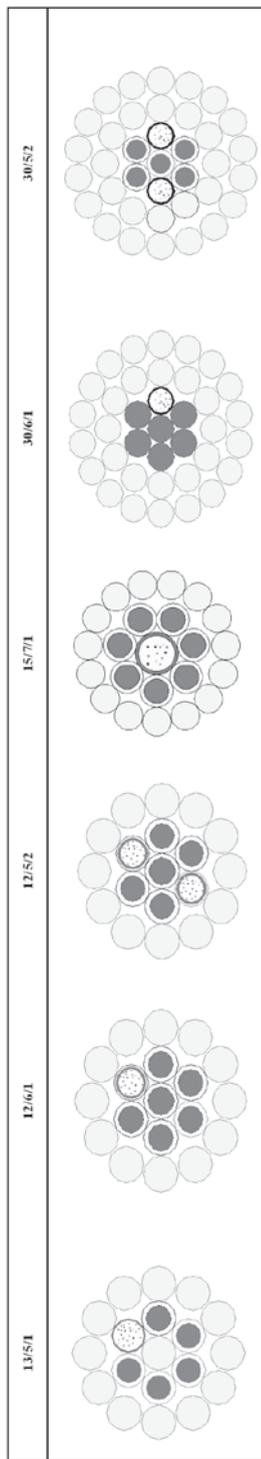


Figura 47 - Diversas composições dos Cabos OPGW

Cabos Isolados
de Baixa Tensão



Capítulo V.III

5.3 - Cabos Isolados de Baixa Tensão

5.3.1 - Cabos com Alma Condutora de Alumínio

A – Condutores Cableados (Classe 2)

As almas condutoras, circulares ou sectoriais, são normalmente compactadas.

A forma sectorial só pode ser utilizada nas secções nominais de pelo menos 25 mm².

B – Condutores maciços (Classe 1)

As almas maciças, de secções entre 10 e 35 mm² devem ser circulares; de secções superiores a 35 mm² devem ser circulares para cabos monocondutores e circulares ou sectoriais para multicondutores.

Há ainda, no caso dos monocondutores, as almas multisectoriais constituídas por 4 perfis sectoriais maciços de 90°, cableados entre si (ex. 4x95=380 mm²)

1 - Cabos não Armados do Tipo LVV, LSVV, LXV, LSXV

Normas de fabrico: CEI 60502 - 1; HD 603 S1

Tensão estipulada: 0,6 /1kV

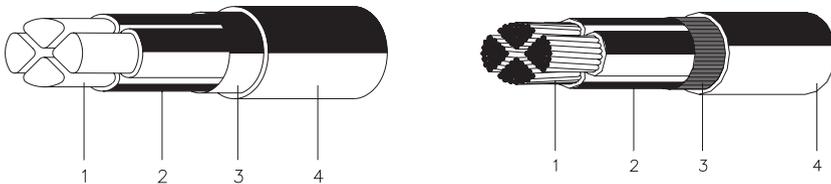


Figura 48 - Cabos isolados de baixa tensão com alma de Alumínio não armados

Descrição:

- 1- Alma condutora da classe 2 (LVV,LXV) ou da classe 1 (LSVV, LSXV)
- 2 - Isolamento a PVC (LVV, LSVV) ou a PEX (LXV,LSXV)
- 3 - Fita cintagem (Poliéster)
- 4 - Bainha exterior em PVC

Utilização:

Transporte e distribuição de energia. Os cabos LSVV monocondutores encontram grande aplicação nas canalizações de baixa tensão, entre os terminais dos transformadores e os quadros gerais de B T.

Quadro 96 - Características Dimensionais Condutores Multifilares (LVV)

Seção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	1,0	10,5	140	18,4	340	19,5	420	21,0	500
25	1,2	12,1	190	21,0	450	23,0	560	23,4	600
35	1,2	13,2	230	18,5	440	21,6	600	24,3	700
50	1,4	14,7	290	21,2	560	25,1	800	28,5	950
70	1,4	16,4	380	24,0	750	27,9	1050	31,8	1200
95	1,6	18,6	480	27,0	970	31,4	1350	36,7	1650
120	1,6	20,2	570	29,0	1150	34,7	1600	39,6	2000
150	1,8	22,0	660	31,9	1400	38,4	2000	44,6	2350
185	2,0	24,6	850	35,4	1700	42,1	2400	49,0	2900
240	2,2	27,4	1050	39,5	2150	47,8	3100	55,5	3800
300	2,4	30,1	1300	44,2	2700	52,6	3800	61,0	4600
400	2,6	33,9	1650	49,6	3300	60,2	4900	69,5	5800
500	2,8	37,2	2000	—	—	—	—	—	—
630	2,8	42,5	2500	—	—	—	—	—	—

Quadro 97 - Condutores Sólidos (LSVV)

Seção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	1,0	10,1	140	13,7	240	15,8	330	17,6	420
25	1,2	11,7	190	16,0	340	18,6	470	20,9	600
35	1,2	12,7	230	17,5	420	20,4	580	23,4	770
50	1,4	14,4	300	20,0	550	23,7	780	27,0	1000
70	1,4	15,9	380	22,5	710	26,4	1000	29,8	1300
95	1,6	17,8	470	25,4	930	30,0	1320	34,4	1750
120	1,6	19,2	570	27,2	1100	32,8	1600	37,2	2100
150	1,8	21,0	690	30,1	1250	36,1	1950	41,9	2600
185	2,0	23,4	850	34,4	1660	39,6	2350	45,7	3200
240	2,2	—	—	37,1	2100	45,0	3100	52,0	4100
280	2,4	28,3	1250	—	—	—	—	—	—
300	2,6	—	—	41,6	2600	49,4	3750	57,1	5000
380	2,6	31,9	1580	—	—	—	—	—	—
480	2,8	35,5	2000	—	—	—	—	—	—
600	2,8	38,4	2350	—	—	—	—	—	—
740	2,8	42,0	2850	—	—	—	—	—	—

Quadro 98 - Características Eléctricas dos Cabos: LVV, LSVV

Secção Nominal mm ²	1 Conductor (1)		2 Condutores (5)		3 e 4 Condutores (6)	
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade	Instalação Ao Ar (3) Intensidade	Instalação Subterrânea (2) Intensidade	Instalação Ao Ar (3) Intensidade	Instalação Subterrânea (2) Intensidade	Instalação Ao Ar (3) Intensidade
16	110	80	95	67	90	62
25	145	102	125	89	110	80
35	180	129	150	107	130	93
50	210	151	175	129	150	107
70	275	196	225	160	195	138
95	330	236	270	191	235	169
120	390	276	305	218	270	191
150	440	311	350	249	310	222
185	505	360	390	276	355	254
240	590	423	455	325	410	294
280	640	463				
300	685	490	510	365	470	334
380	780	561	610	436	560	401
400	810	583				
480	910	650				
500	935	668				
600	1050	748				
630	1080	774				
740	1190	854				

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (termos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

Quadro 99 - Características Dimensionais Condutores Multifilares (LXV)

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	0,7	9,9	125	17,2	333	18,3	409	19,8	485
25	0,9	11,5	169	19,8	441	21,8	547	22,2	582
35	0,9	12,6	206	17,3	423	20,4	574	23,1	665
50	1,0	13,9	256	19,6	538	23,5	767	26,9	906
70	1,1	15,8	343	22,8	723	26,7	1010	30,6	1147
95	1,1	17,6	425	25,0	940	29,4	1305	34,7	1590
120	1,2	19,4	513	27,4	1108	30,1	1537	38,0	1916
150	1,4	21,2	592	30,3	1352	36,8	1928	43,0	2254
185	1,6	23,8	768	33,8	1632	40,5	2298	47,4	2764
240	1,7	26,4	943	37,5	2076	45,8	2989	53,5	3652
300	1,8	28,9	1166	41,8	2586	50,2	3629	58,6	4372
400	2,0	32,7	1490	47,2	3136	57,8	4654	67,1	5472
500	2,2	36,0	1806	—	—	—	—	—	—
630	2,4	41,7	2302	—	—	—	—	—	—

Quadro 100 - Condutores Sólidos (LSXV)

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	0,7	9,5	126	12,5	212	14,6	288	16,4	364
25	0,9	11,1	170	14,8	300	17,4	410	19,7	520
35	0,9	12,2	207	16,3	374	19,2	511	22,2	678
50	1,0	13,6	267	18,4	484	22,1	681	25,4	868
70	1,1	15,3	345	21,3	640	25,2	895	28,6	1160
95	1,1	16,8	417	23,4	824	28,0	1261	32,4	1538
120	1,2	18,4	516	25,6	992	31,2	1438	35,6	1884
150	1,4	20,2	624	28,5	1118	34,5	1752	40,3	2336
185	1,6	22,6	771	32,0	1502	38,0	2113	44,1	2884
240	1,7	—	—	35,1	1896	43,0	2794	50,0	3692
280	1,8	27,1	1125	—	—	—	—	—	—
300	1,8	—	—	39,2	2350	47,0	3375	54,7	4500
380	2,0	30,7	1427	—	—	—	—	—	—
480	2,2	34,3	1820	—	—	—	—	—	—
600	2,4	37,6	2170	—	—	—	—	—	—
740	2,6	41,2	2626	—	—	—	—	—	—

Quadro 101 - Características Eléctricas dos Cabos: LXV, LSXV

Secção Nominal mm ²	1 Condutor (1)			2 Condutores (5)			3 e 4 Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2)	Instalação Ao Ar (3)	Queda de Tensão $\Delta U=V/A \cdot Km$ $C_{oscp}=0,8$	Instalação Subterrânea (2)	Instalação Ao Ar (3)	Queda de Tensão $\Delta U=V/A \cdot Km$ $C_{oscp}=0,8$	Instalação Subterrânea (2)	Instalação Ao Ar (3)	Queda de Tensão $\Delta U=V/A \cdot Km$ $C_{oscp}=0,8$
	Intensidade	Intensidade		Intensidade	Intensidade		Intensidade	Intensidade	
16		105	3,500	104	91	4,000	87	79	3,490
25	180	135	2,240	133	108	2,550	110	98	2,230
35	215	166	1,650	160	135	1,860	134	122	1,630
50	257	205	1,290	188	164	1,390	160	149	1,220
70	315	260	0,883	233	211	0,984	197	192	0,870
95	377	321	0,662	275	257	0,728	234	235	0,651
120	430	375	0,540	314	300	0,590	266	273	0,530
150	482	432	0,455	359	346	0,494	300	316	0,447
185	545	500	0,381	398	397	0,371	337	363	0,372
240	640	603	0,315	458	470	0,328	388	430	0,303
280	690	658	0,285						
300	725	697	0,271	520	543	0,293	440	497	0,248
380	820	810	0,228						
400	835	829	0,224						
480	922	936	0,197						
500	950	963	0,191						
600	1005	1015	0,174						
630	1035	1050	0,160						
740	1150	1175	0,138						

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (termos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

2 - Cabos Armados do Tipo LVAV, LSVAV, LXAV, LSXAV

Norma de fabrico: CEI 60502 - 1; HD 603 S1

Tensão estipulada: 0,6 / 1kV

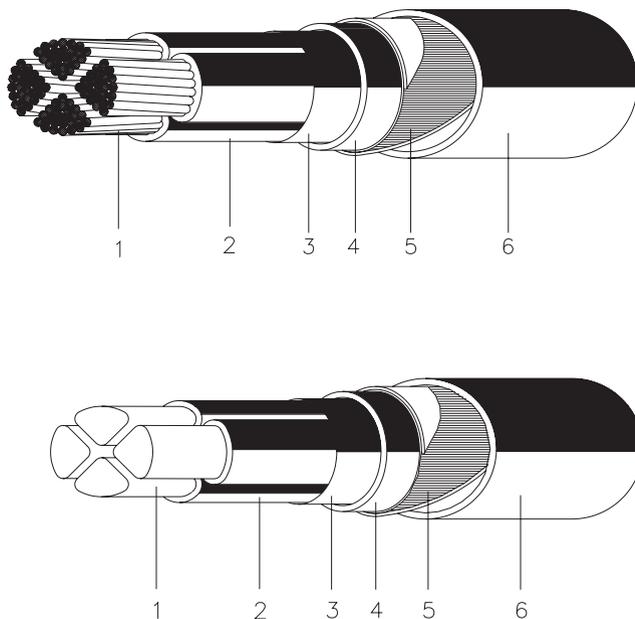


Figura 49 - Cabos isolados de baixa tensão com alma de Alumínio armados

Descrição:

- 1 - Alma condutora da classe 2 (LVAV, LXAV) ou da classe 1 (LSVAV, LSXAV)
- 2 - Isolamento a PVC (LVAV, LSVAV) ou a PEX (LXAV, LSXAV)
- 3 - Fita de cintagem (Poliéster)
- 4 - Bainha interior de PVC
- 5 - Armadura de fitas de aço
- 6 - Bainha exterior de PVC

Utilização:

Transporte e distribuição de energia. Próprias para canalização enterrada.

**Quadro 102 - Características Dimensionais
Condutores Multifiliares (LVAV)**

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor*		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	1,0	13,2	250	21,3	650	23,2	880	25,4	940
25	1,2	14,8	320	24,5	980	27,1	1200	29,3	1200
35	1,2	17,1	500	23,5	920	26,6	1150	29,4	1300
50	1,4	18,6	620	26,3	1100	30,0	1450	33,2	1650
70	1,4	20,3	730	28,6	1300	32,8	1700	39,0	2400
95	1,4	23,3	900	32,1	1650	38,8	2600	43,4	3000
120	1,6	24,9	1050	34,8	1900	41,7	3000	47,8	3600
150	1,8	27,1	1250	39,3	2600	46,2	3500	52,0	4050
185	2,0	29,3	1450	43,2	3100	50,5	4200	57,6	5000
240	2,2	32,1	1700	47,8	3800	56,8	5100	64,1	6100
300	2,4	36,4	2100	52,6	4500	61,4	6000	70,2	7200
400	2,6	40,5	2900	58,4	5400	68,9	7400	78,5	8700
500	2,8	44,0	3400	—	—	—	—	—	—
630	2,8	50,3	4200	—	—	—	—	—	—

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 103 - Condutores Sólidos (LSVAV)

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor*		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	1,0	12,8	250	17,6	540	21,7	780	22,7	880
25	1,2	14,6	310	19,8	690	24,6	1000	26,0	1150
35	1,2	16,6	500	22,6	870	25,5	1100	28,1	1350
50	1,4	18,3	610	25,1	1050	28,6	1350	31,8	1650
70	1,4	19,8	720	27,2	1250	31,1	1650	37,1	2500
95	1,6	22,5	900	30,5	1550	37,2	2500	41,2	3050
120	1,6	23,9	1050	33,1	1850	39,6	2850	45,4	3650
150	1,8	26,1	1200	36,9	2500	43,8	3400	49,3	4200
185	2,0	28,2	1400	41,0	3000	47,8	4000	54,5	5100
240	2,2	—	—	45,3	3600	53,2	4900	60,6	6300
280	2,4	33,0	1900	—	—	—	—	—	—
300	2,4	—	—	49,8	4300	58,0	5900	66,1	7400
380	2,6	39,1	2800	—	—	—	—	—	—
480	2,8	42,3	3300	—	—	—	—	—	—
600	2,8	45,2	3800	—	—	—	—	—	—
740	2,8	49,8	4500	—	—	—	—	—	—

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 104 - Características Eléctricas dos Cabos: LVAV, LSVAV

Secção Nominal mm ²	1 Condutor (1)			2 Condutores (5)			3 e 4 Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade	Instalação Ao Ar (3) Intensidade	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \cdot Km$ $Cos\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade	Instalação Ao Ar (3) Intensidade	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \cdot Km$ $Cos\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade	Instalação Ao Ar (3) Intensidade	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \cdot Km$ $Cos\phi = 0,8$
16	110	80	3,300	95	67	3,760	90	62	3,280
25	145	102	2,110	125	89	2,390	110	80	2,090
35	180	129	1,550	150	107	1,750	130	93	1,530
50	210	151	1,180	175	129	0,310	150	107	1,150
70	275	196	0,834	225	160	0,927	195	138	0,821
95	330	236	0,626	270	191	0,687	235	169	0,614
120	390	276	0,512	305	218	0,558	270	191	0,502
150	440	311	0,432	350	249	0,467	310	222	0,424
185	505	360	0,363	390	276	0,387	355	254	0,354
240	590	423	0,296	455	325	0,312	410	294	0,288
280	640	463	0,273						
300	685	490	0,253	510	365	0,263	470	334	0,245
380	780	561	0,219						
400	810	583	0,215	610	436	0,236			
480	910	650	0,190						
500	935	668	0,185						
600	1050	748	0,169						
630	1080	774	0,161						
740	1190	854	0,149						

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (termos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

**Quadro 105 - Características Dimensionais
Condutores Multifilares (LXAV)**

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor*		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	0,7	12,6	235	20,1	620	22,0	835	24,2	880
25	0,9	14,2	299	23,3	938	25,9	1137	27,1	1116
35	0,9	16,5	476	22,3	872	25,4	1078	28,2	1204
50	1,0	17,8	586	24,7	1032	28,4	1348	31,6	1514
70	1,1	19,7	693	27,4	1226	31,6	1589	37,8	2252
95	1,1	22,7	845	20,9	1540	37,6	2435	42,2	2780
120	1,2	24,1	993	33,2	1786	40,1	2829	46,6	3372
150	1,4	26,3	1182	37,7	2464	45,4	3296	51,2	3778
185	1,6	28,5	1368	41,6	2936	48,9	3954	56,0	4672
240	1,7	31,1	1593	45,8	3586	54,8	4779	62,1	5672
300	1,8	35,2	1966	50,2	4232	59,0	5598	67,8	6664
400	2,0	39,3	2740	56,0	5080	66,5	6920	76,1	8060
500	2,2	42,8	3206						
630	2,4	49,5	3804						

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 106 - Condutores Sólidos (LSXAV)

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor*		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
16	0,7	12,2	236	16,4	512	20,5	738	21,5	824
25	0,9	13,4	290	18,6	650	23,4	940	24,8	1070
35	0,9	16,0	477	21,4	824	24,3	1031	26,9	1258
50	1,0	17,5	577	23,5	984	27,0	1251	30,2	1518
70	1,1	18,2	685	26,0	1180	29,9	1545	35,9	2360
95	1,1	21,9	847	29,9	1444	36,0	2341	40,0	2838
120	1,2	23,1	996	31,5	1742	38,0	2688	43,8	3434
150	1,4	25,3	1134	35,3	2368	42,2	3202	47,7	3936
185	1,6	27,4	1321	39,4	2842	46,2	3763	52,9	4784
240	1,7			43,3	3396	51,2	4594	58,6	5892
280	1,8	31,8	1775						
300	1,8			47,4	4050	55,6	5225	63,7	6900
380	2,0	37,9	2647						
480	2,2	41,1	3120						
600	2,4	44,4	3620						
740	2,6	49,4	4276						

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 107 - Características Eléctricas dos Cabos: LXAV, LSXAV

Secção Nominal mm ²	1 Condutor (1)			2 Condutores (5)			3 e 4 Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea	Instalação Ao Ar	Queda de Tensão AU=V/A Km Cosp=0,8 (4)	Instalação Subterrânea	Instalação Ao Ar	Queda de Tensão AU=V/A Km Cosp=0,8	Instalação Subterrânea	Instalação Ao Ar	Queda de Tensão AU=V/A Km Cosp=0,8
	(2) Intensidade	(3) Intensidade		(2) Intensidade	(3) Intensidade		(2) Intensidade	(3) Intensidade	
16		105	3,500	104	91	4,000	87	79	3,490
25	180	135	2,240	133	108	2,550	110	98	2,230
35	215	166	1,650	160	135	1,860	134	122	1,630
50	257	205	1,290	188	164	1,390	160	149	1,220
70	315	260	0,883	233	211	0,984	197	192	0,870
95	377	321	0,662	275	257	0,728	234	235	0,651
120	430	375	0,540	314	300	0,590	266	273	0,530
150	482	432	0,455	359	346	0,494	300	316	0,447
185	545	500	0,381	398	397	0,371	337	363	0,372
240	640	603	0,315	458	470	0,328	388	430	0,303
280	690	658	0,285						
300	725	697	0,271	520	543	0,293	440	497	0,248
380	820	810	0,228						
400	835	829	0,224						
480	922	936	0,197						
500	950	963	0,191						
600	1005	1015	0,174						
630	1035	1050	0,160						
740	1150	1175	0,138						

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (termos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

5.3.2 - Cabos com Alma Condutora de Cobre

A – Condutores Cableados (Classe 2)

As almas condutoras, circulares ou sectoriais, são normalmente compactadas.

A forma sectorial só pode ser utilizada nas secções nominais de pelo menos 25 mm².

B – Condutores maciços (Classe 1)

As almas condutoras de cobre devem utilizar cobre recozido, nu ou revestido de camada metálica (ex. estanho).

As almas de cobre maciço devem ser circulares

1 - Cabos não Armados Tipo VV, XV, e Armados do Tipo VAV, XAV

Normas de fabrico: CEI 60502 - 1; HD 603 S1

Tensão estipulada: 0,6/ 1kV

Descrição:

- 1 - Alma condutora da classe 2
- 2 - Isolamento a PVC (VV) ou PEX (XV)
- 3 - Fita de cintagem (Poliéster)
- 4 - Bainha exterior de PVC

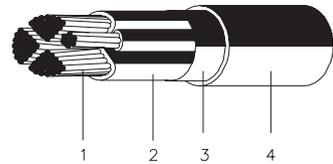


Figura 50 - Cabos não armados

Utilização:

Transporte e distribuição de energia.

Descrição:

- 1 - Alma condutora da classe 2
- 2 - Isolamento a PVC (VAV) ou PEX (XAV)
- 3 - Bainha interior de PVC
- 4 - Armadura
- 5 - Bainha exterior de PVC

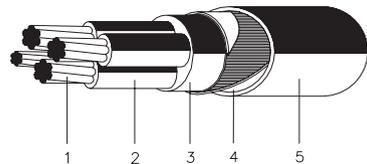


Figura 51 - Cabos armado

Utilização:

Transporte e distribuição de energia. Próprios para canalização enterrada.

**Quadro 108 - Características Dimensionais
Cabos Não Armados (VV)**

Seção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
1,5	0,8	5,8	50	10	130	10,5	155	11,2	180
2,5	0,8	6,2	60	10,8	170	11,3	200	12,2	245
4	1,0	7,1	85	12,6	230	13,3	290	14,4	340
6	1,0	7,6	105	13,6	300	14,4	360	15,6	440
10	1,0	8,9	155	16,8	450	17,8	560	19,3	700
16	1,0	9,9	220	18,8	620	19,8	780	21,1	900
25	1,2	11,6	340	22,2	900	23,6	1150	25,0	1320
35	1,2	12,3	420	18,4	850	21,6	1240	24,3	1450
50	1,4	13,9	550	21,2	1150	24,9	1650	28,3	1960
70	1,4	15,7	770	23,7	1550	27,9	2250	31,8	2650
95	1,6	17,5	1050	27,0	2100	31,9	3120	36,6	3660
120	1,6	19,7	1300	29,3	2600	34,7	3850	39,9	4550
150	1,8	21,4	1580	32,5	3200	38,8	4720	44,2	5150
185	2,0	23,9	1830	36,0	4000	42,9	5900	49,0	7000
240	2,2	27,0	2550	40,5	5100	48,2	7600	55,2	8900
300	2,4	29,8	3200	44,6	6400	53,4	9450	61,2	11100
400	2,6	33,2	4050	50,6	8450	60,5	12400	69,1	14450
500	2,8	36,8	5000	—	—	—	—	—	—

Quadro 109 - Cabos Armados (VAV)

Seção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor*		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
1,5	0,8	—	—	13,3	260	13,8	290	14,6	330
2,5	0,8	—	—	14,1	310	14,6	340	15,5	390
4	1,0	—	—	15,9	390	16,6	450	17,7	520
6	1,0	—	—	16,9	470	17,7	540	18,9	640
10	1,0	13,4	310	19,5	630	20,5	750	22,1	900
16	1,0	14,6	380	21,5	820	22,6	1000	23,9	1080
25	1,2	16,2	520	25,1	1160	26,5	1410	27,8	1530
35	1,2	16,8	620	22,0	960	25,2	1550	28,0	1800
50	1,4	18,4	780	24,9	1430	28,8	2000	32,2	2390
70	1,4	20,0	1000	27,4	1880	31,8	2660	35,7	3150
95	1,6	22,1	1310	31,9	2800	37,2	3950	41,7	4600
120	1,6	23,8	1580	34,2	3340	40,2	4750	46,7	5720
150	1,8	25,5	1900	37,8	4050	44,3	5700	49,6	6700
185	2,0	27,8	2300	41,3	4900	48,4	6980	54,7	8270
240	2,2	30,9	2950	46,0	6200	53,9	8900	61,0	9750
300	2,4	33,7	3600	50,5	7650	59,3	10900	67,0	12850
400	2,6	38,3	4900	56,7	9800	67,0	14200	75,6	16500
500	2,8	41,9	6000	—	—	—	—	—	—

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 110 - Características Eléctricas dos Cabos: VV, VAV

Secção Nominal mm ²	1 Condutor (1)		2 Condutores (5)		3 e 4 Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea Intensidade A (2)	Instalação Ao Ar Intensidade A (3)	Instalação Subterrânea Intensidade A (2)	Instalação Ao Ar Intensidade A (3)	Instalação Subterrânea Intensidade A (2)	Instalação Ao Ar Intensidade A (3)	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\text{Cosp} = 0,8$
1							
1,5	34	23	30	14,5	34,800	13	30,100
2,5	45	31	40	19	23,300	17	20,200
4	60	42	50	26	14,300	24	12,400
6	75	52	65	35	8,940	31	7,740
10	105	74	90	44	6,000	42	5,190
16	135	96	120	61	3,600	80	3,120
25	180	127	155	83	2,300	110	1,990
35	225	158	185	110	1,480	135	1,280
50	260	184	220	132	1,080	165	0,946
70	345	242	280	158	0,822	190	0,718
95	410	290	335	198	0,589	245	0,520
120	485	343	380	237	0,443	295	0,393
150	550	387	435	268	0,368	340	0,326
185	630	444	490	308	0,313	390	0,279
240	740	523	570	343	0,265	445	0,238
300	855	602	640	400	0,218	515	0,198
400	1015	721	760	448	0,188	590	0,172
500	1170	822	760	536	0,164	700	0,150

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monolares (temos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

**Quadro 111 - Características Dimensionais
Cabos Não Armados (XV)**

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
1,5	0,7	5,7	47	9,8	123	10,3	144	11,0	165
2,5	0,7	6,1	56	10,8	170	11,1	187	12,0	227
4	0,7	6,8	77	12,6	230	12,7	264	13,8	305
6	0,7	7,3	94	13,6	300	13,8	327	15,0	396
10	0,7	8,6	142	16,8	450	17,2	520	18,7	647
16	0,7	9,9	205	18,8	620	18,3	735	19,8	840
25	0,9	11,5	319	22,2	900	22,4	1087	23,8	1236
35	0,9	12,6	396	18,4	850	20,4	1168	23,1	1354
50	1,0	13,9	516	21,2	1150	23,5	1548	26,9	1824
70	1,1	15,8	733	23,7	1550	26,7	2139	30,6	2502
95	1,1	17,6	995	27,0	2100	29,4	2955	34,7	3440
120	1,2	19,4	1243	29,3	2600	30,1	3675	38,0	4332
150	1,4	22,2	1512	32,5	3200	36,8	4516	43,0	4878
185	1,6	23,8	1830	36,0	4000	40,5	5654	47,4	6672
240	1,7	26,4	2550	40,5	5100	45,8	7279	53,5	8472
300	1,8	28,9	3200	44,6	6400	50,2	9048	58,6	10564
400	2,0	32,7	4050	50,6	8450	57,8	11920	67,1	13810
500	2,2	36,0	5000						

Quadro 112 - Cabos Armados (XAV)

Secção (mm ²)	Espessura Nominal do Isolamento (mm)	1 Condutor*		2 Condutores		3 Condutores		4 Condutores	
		Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)	Ø (mm)	Peso (Kg/Km)
1,5	0,7			13,1	253	13,6	279	14,4	315
2,5	0,7			13,9	301	14,4	327	15,3	372
4	0,7			15,3	373	16,0	424	17,1	485
6	0,7			16,3	448	17,1	507	18,2	596
10	0,7	13,1	297	18,9	603	19,9	710	21,5	847
16	0,7	14,3	365	20,9	790	22,0	955	23,3	1020
25	0,9	16,1	499	24,9	918	25,3	1347	26,6	1446
35	0,9	16,5	596	21,4	888	25,0	1478	27,4	1704
50	1,0	18,0	746	24,1	1362	28,0	1898	31,4	2254
70	1,1	19,7	963	26,8	1806	31,2	2549	35,1	3002
95	1,1	21,6	1255	30,9	2690	36,2	3785	40,7	4380
120	1,2	23,4	1523	33,4	3226	39,4	4579	45,9	5492
150	1,4	25,1	1832	37,0	3914	43,5	5496	48,8	6428
185	1,6	27,4	2218	40,5	4736	47,6	6734	53,9	7942
240	1,7	30,4	2843	45,0	5986	52,9	8579	60,0	9332
300	1,8	33,3	3466	49,7	7382	58,5	10498	66,2	12314
400	2,0	37,7	4740	55,5	9480	65,8	13720	74,4	15860
500	2,2	41,3	5806						

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 113 - Características Eléctricas dos Cabos: XV, XAV

Secção Nominal mm ²	1 Condutor (1)			2 Condutores (5)			3 e 4 Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão ΔU=V/A Km Cosp=0,8 (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão ΔU=V/A Km Cosp=0,8	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão ΔU=V/A Km Cosp=0,8
1		24	32,10		24	37,00		21	32,00
1,5	48	32	21,50	32	26	24,80	30	24	21,40
2,5	63	43	13,20	43	35	15,20	40	32	13,10
4	82	57	-8,270	55	45	9,510	52	42	8,240
6	103	72	5,60	68	58	6,380	64	53	5,530
10	137	99	3,340	90	80	3,830	86	73	3,310
16	177	131	2,140	115	105	2,440	111	96	2,110
25	229	177	1,360	149	143	1,570	143	130	1,350
35	275	218	1,020	178	176	1,150	173	160	1,010
50	327	266	0,776	211	215	0,870	205	195	0,774
70	402	338	0,562	259	270	0,623	252	247	0,559
95	482	416	0,427	310	335	0,469	303	305	0,425
120	550	487	0,356	352	390	0,387	346	355	0,353
150	618	559	0,306	396	447	0,329	390	407	0,303
185	701	648	0,261	449	514	0,227	441	469	0,259
240	819	779	0,218	521	610	0,228	511	551	0,215
300	931	902	0,189						
400	1073	1100	0,165						
500	1223	1246	0,144						

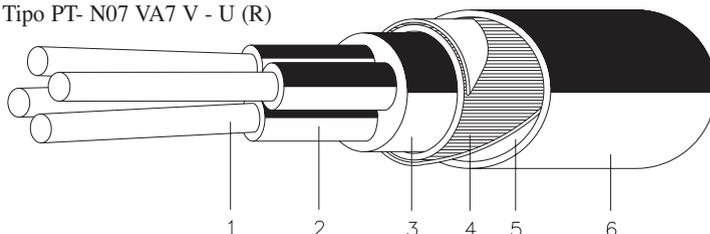
- (1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (temos juntos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.
- (2) - Temperatura do solo de 20°C.
- (3) - Temperatura do ambiente de 30°C.
- (4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.
- (5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.
- (6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

2 - Cabo do Tipo PT- N07 VA7 V - U (R)
 (Antiga designação: V H V)

Norma de fabrico: NP - 3325

Tensão estipulada: 450 / 750 V

Figura 52 - Cabo do Tipo PT- N07 VA7 V - U (R)



Descrição:

- 1) Alma condutora rígida de Cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha interior de PVC
- 4) Fios de continuidade em Cobre estanhado
- S) Blindagem em fita da Alumínio
- 6) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Transporte e distribuição de energia em edifícios e instalações industriais, comando e sinalização.

Montados ao ar livre ou em interiores em caleiras ou condutas.

Quadro 114 - Características dos cabos PT- N07 VA7 V - U (R)

SECÇÃO mm ²	ESPESSURA DO ISOLAMENTO (mm)	2 CONDUTORES			3 CONDUTORES			4 CONDUTORES		
		Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A Ar Livre	Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A Ar Livre	Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A Ar Livre
1,5	0,7	11,0	160	24	11,4	180	20	12,0	210	20
2,5	0,8	12,2	205	30	12,7	240	28	13,5	290	28
4	1,0	13,2	260	40	13,7	310	36	14,8	380	36
6	1,0	14,4	330	50	15,0	400	48	16,0	470	48
10	1,0	17,6	520	70	18,7	630	65	20,6	810	65
16	1,0	19,4	700	95	21,0	850	90	23,1	1 000	90
25	1,2	22,8	1 000	125	24,5	1 200	110	26,8	1 500	110
35	1,2	21,0	1 050	150	24,1	1 400	130	27,0	1 700	130

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

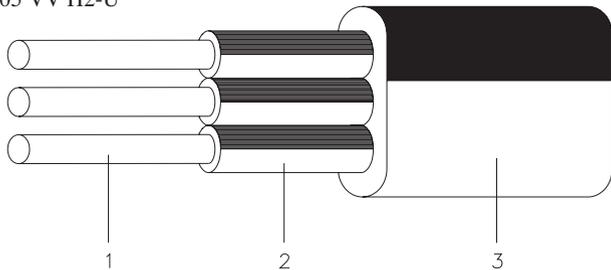
- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

3 - Cabo do Tipo PT-N05 VV H2-U
(Antiga designação: V V D)

Norma de fabrico: NP - 3325

Tensão estipulada: 300/500 V

Figura 53 - Cabo do Tipo PT-N05 VV H2-U



Descrição:

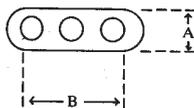
- 1) Alma condutora rígida de Cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Utiliza-se em instalações fixas à vista, no interior de edifícios.

Quadro 115 - Características dos cabos PT-N05 VV H2-U

SECÇÃO mm ²	N.º DE FIOS	RESISTÊNCIA MIN. DE ISOL. M Ω/km (20 °C)	2 CONDUTORES				3 CONDUTORES			
			DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A	DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A
			A	B			A	B		
1,5	1	100	4,4	7,3	60	22	4,5	9,9	90	20
2,5	1	85	5,0	8,4	90	30	5,2	11,7	135	28
4	1	75	5,5	9,5	130	40	5,9	13,7	195	36



Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

4 - Condutores Tipo H 0 7 V - U (R ou K)

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 450 / 750 V

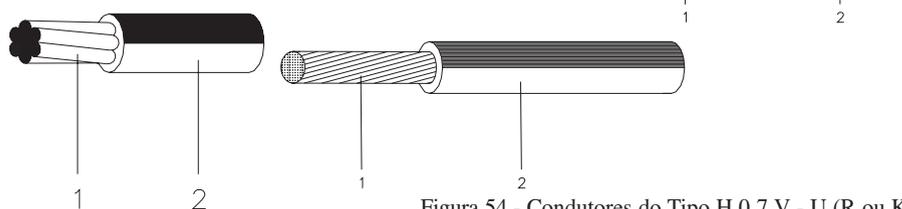


Figura 54 - Condutores do Tipo H 0 7 V - U (R ou K)

Descrição:

- 1) Alma condutora da classe 1 (U), da classe 2 (R) ou da classe 5 (K)
- 2) Isolamento de PVC

Utilização:

Aplicado na montagem de quadros eléctricos e em interiores de edifícios em instalações embebidas.

Quadro 116 - Características dos condutores H 0 7 V - U (R ou K)

SECÇÃO mm ²	ESPESSURA DO ISOLAMENTO mm	Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A		
				A	B	C
1,5	0,7	2,8	20	17	22	27
2,5	0,8	3,4	32	22	3036	
4	0,8	3,9	47	29	40	48
6	0,8	4,4	65	37	50	60
10	0,1	6,1	110	50	70	85
16	0,1	7,1	170	70	95	110
25	1,2	8,9	265	95	125	145
35	1,2	9,5	350	120	150	180
50	1,4	11,1	475	140	180	210
70	1,4	12,7	670	185	230	275
95	1,6	14,8	950	225	275	330
120	1,6	16,5	1 200	265	315	390
150	1,8	18,2	1 450	320	360	440
185	2,0	20,5	1 800	350	410	505
240	2,2	23,4	2 400	415	480	595
300	2,4	26,0	2 950	480	550	685
400	2,6	29,2	3 800	580	650	820

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

A - Caso de condutores, até ao máximo de 3, enfiados no mesmo tubo.

B - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si inferior ao seu diâmetro exterior.

C - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si igual ou superior ao seu diâmetro exterior.

Nota: H 0 7 V - U Secção ≤ 10 mm²
 H 0 7 V - R Secção ≤ 400 mm²
 H 0 7 V - K Secção ≤ 240 mm²

5 - Condutores do Tipo H 0 5 V - U (K)

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/500 V

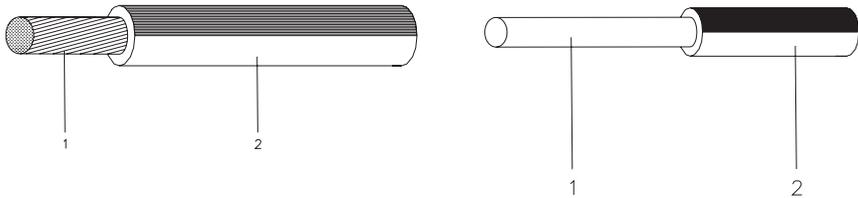


Figura 55 - Condutores do Tipo H 0 5 V - U (K)

Descrição:

- 1) Alma condutora da classe 1 (U) ou da classe 5 (K)
- 2) Isolamento a PVC

Utilização:

Em instalações fixas protegidas, estabelecidas no interior de aparelhos de utilização. Adequados para canalizações à vista ou embebidos (protegidos por tubos) para circuitos de sinalização ou controlo.

Quadro 117 - Características dos condutores H 0 5 V - U (K)

SECÇÃO mm ²	ESPESSURA DO ISOLAMENTO mm	Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A		
				A	B	C
0,5	0,6	2,0	8	8	11	13
0,75	0,6	2,5	14	10	14	17
1	0,6	3,0	16	13	17	21

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

A - Caso de condutores, até ao máximo de 3, enfiados no mesmo tubo.

B - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si inferior ao seu diâmetro exterior.

C - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si igual ou superior ao seu diâmetro exterior.

6 - Cabo do Tipo H05 VV - F

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/500 V

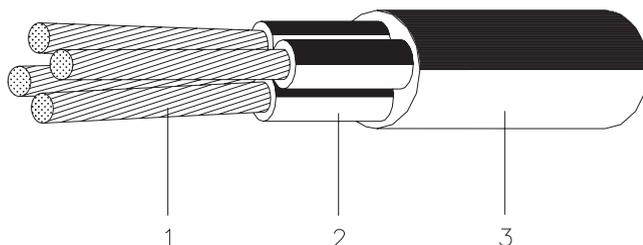


Figura 56 - Cabos do Tipo H05VV - F

Descrição:

- 1) Alma condutora flexível de Cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Utilizado nas ligações dos aparelhos domésticos, em sinalização e comando.

Quadro 118 - Características dos cabos H05 VV - F

SECÇÃO mm ²	EESPESSURA DO ISOLAMENTO mm	2 CONDUTORES			3 CONDUTORES			4 CONDUTORES		
		Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A	Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A	Ø EXT. APROX. mm	PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM. A
0,75	0,6	6,4	55	14	7,1	70	12	8,2	80	12
1	0,6	7,1	65	17	7,7	85	15	8,8	90	15
1,5	0,7	8,0	85	22	8,3	110	20	9,4	140	20
2,5	0,8	9,4	140	30	10,3	175	28	11,2	220	28
4	0,8	10,6	180	36	11,5	226	35	12,6	280	32

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C .

7 - Cabo do Tipo H03VH - H

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/300 V

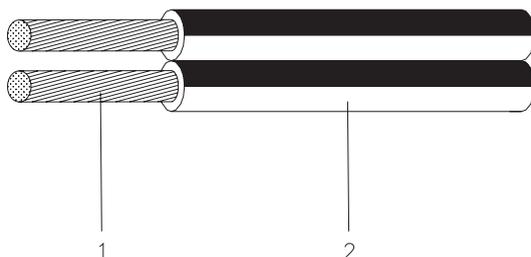


Figura 57 - Cabos do Tipo H03VH - H

Descrição:

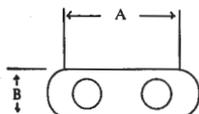
- 1) Alma condutora da classe 6
- 2) Isolamento de PVC

Utilização:

Utilizado nas ligações dos aparelhos domésticos móveis.

Quadro 119 - Características dos cabos H03VH - H

SECÇÃO mm ²	ESPESSURA DO ISOLAMENTO mm	2 CONDUTORES			3 CONDUTORES		
		DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km	DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km
		A	B		A	B	
0,3	0,6	3,8	2,0	13	-	-	-
0,5	0,6	4,3	2,2	22	6,5	2,2	30
0,75	0,6	5,0	2,5	28	7,4	2,5	40
1	0,6	5,2	2,7	40	7,7	2,7	50
1,5	0,7	6,3	3,0	45	9,2	3,2	70
2,5	0,8	7,5	3,8	70	11,5	4,0	115



8 - Cabo do Tipo H03 VV H2 - F

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/300 V

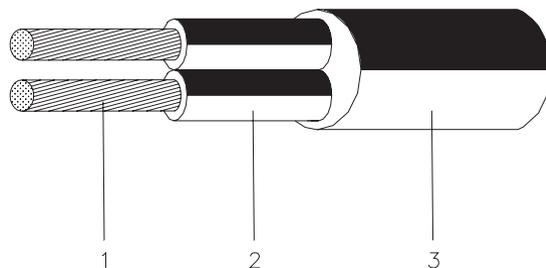


Figura 58 - Cabos do Tipo H03 VV H2 - F

Descrição:

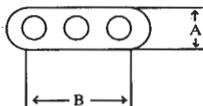
- 1) Alma condutora da classe 5
- 2) Isolamento a PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Em instalações semi-fixas ou móveis em exteriores ou interiores. Utilizado para comando e sinalização.

Quadro 120 - Características dos cabos H03 VV H2 - F

Secção mm ²	ESPESURA DO ISOLAMENTO (mm)	2 CONDUTORES				3 CONDUTORES				4 CONDUTORES			
		DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM.	DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM.	DIM. EXT. APROX. mm		PESO APROX. Kg/Km	I MÁX. ADM.
		A	B			A	B			A	B		
0,75	0,6	3,8	6,2	40	14	4,0	8,8	60	12	4,2	11,3	85	10
1	0,6	4,0	6,5	45	17	4,2	9,2	70	15	4,4	11,7	95	13
1,5	0,7	4,5	7,5	65	22	4,6	11,0	95	20	5,0	14,4	130	18
2,5	0,8	5,3	9,0	90	30	5,5	13,5	150	28	5,7	17,0	180	24
4	0,8	5,9	10,0	140	38	6,5	15,0	195	37	6,4	19,0	260	31
6	1,0	6,5	11,5	190	48	7,5	16,5	250	46	7,0	21,4	375	39



Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

9 - Cabo do Tipo H03VV - F

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/300 V

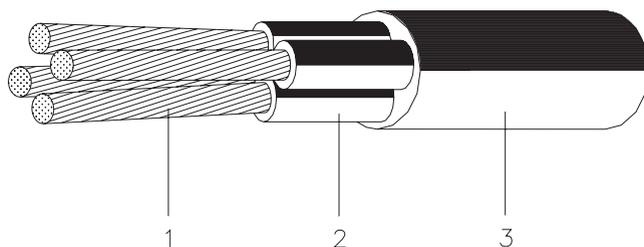


Figura 59 - Cabos do Tipo H03VV - F

Descrição:

- 1) Alma condutora flexível de cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Utilizado nas ligações dos aparelhos domésticos em sinalização e comando.

Quadro 121 - Características dos cabos H03VV - F

SECÇÃO (mm ²)	Ø EXT. APROX. (mm)	PESO APROX. (Kg/Km)	I MÁX. ADMISSÍVEL (A)
2 x 0,5	5,2	34	10
2 x 0,75	5,6	41	13,5
3G 0,5	5,5	44	10
3G 0,75	6,0	54	13,5
4G 0,5	6,1	54	10
4G 0,75	6,5	66	13,5

Cabos Isolados Agrupados em Feixe (Torçada)



Capítulo V.IV

5.4 - Introdução

As redes de distribuição aérea de baixa tensão, que eram constituídas em condutores nus de cobre, alumínio ou liga de alumínio, apoiadas em isoladores, foram praticamente substituídas por redes aéreas isoladas, constituídas por «condutores isolados agrupados em feixe (torçadas), do tipo LXS e XS».

Há dois sistemas com grande aplicação: «sistema sem neutro tensor» e «sistema com neutro tensor».

O **sistema sem neutro tensor** (figura 60) consiste num feixe de condutores de igual secção, tanto para o neutro, como para as fases. A alma condutora é em alumínio multifilar compactado, sendo igual para todos os condutores, nas secções normalizadas. O esforço de tracção aplicado sobre o cabo é suportado pelos condutores principais. Este sistema «cabo torçada LXS e XS» foi adoptado em Portugal pela EDP/EP (DMA C33-209/N - Cabos Isolados para Redes de Energia).

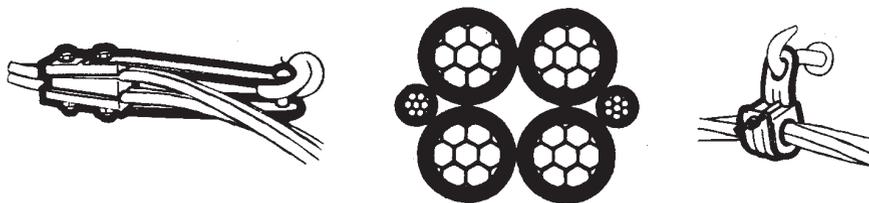


Figura 60 - Sistema sem neutro tensor

O **sistema com neutro tensor** (figura 61) consiste num feixe de condutores de fase, cableados à volta do condutor neutro, que além da função eléctrica, serve de fio tensor do conjunto. Os condutores de fase são em alumínio multifilar nas diversas secções normalizadas e o neutro tensor, também multifilar, é em liga de Al + Si + Mg normalmente de 54,6 mm² ou 80 mm² de secção, comercialmente designado por Al-melec.

Este sistema é aplicado, principalmente, em França e em Espanha.

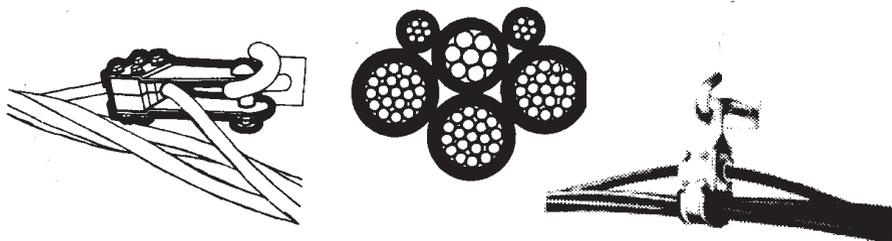


Figura 61 - Sistema com neutro tensor

Campo de aplicação dos cabos torçada: os cabos torçada aplicam-se, principalmente, nas redes rurais de distribuição pública.

Vantagens das Redes Aéreas Isoladas

A utilização, em Portugal, das redes aéreas isoladas veio proporcionar as seguintes vantagens, relativamente às redes aéreas nuas:

Na qualidade de serviço:

- diminuição do tempo de interrupção do fornecimento eléctrico, durante a eventual substituição dos troços de rede danificados;
- possibilidade de montagem, quer de novos circuitos, quer na derivação de circuitos já existentes, sem necessidade de interrupção do fornecimento de energia.
- diminuição do número de avarias, ocorridas durante a exploração das redes.

Na economia:

- redução da altura dos postes e apoios, por necessitarem de menor distância ao solo e entre condutores;
- redução da probabilidade de incêndio, originado por sobreintensidade ou queda de condutores nas proximidades da rede, nomeadamente, em zonas arborizadas;
- redução do custo da montagem da rede;
- redução do número de árvores a abater.

Na segurança:

- maior facilidade e segurança na execução dos trabalhos de conservação e exploração (possibilidade de efectuar trabalhos em tensão);
- diminuição dos riscos de contactos acidentais com peças em tensão ou entre condutores.

Na estética:

- diminui o espaço visual ocupado, em relação às redes nuas, mais notado no caso de redes em fachada;
- redução do impacto ambiental, pela redução da quantidade de árvores a abater na instalação da rede;
- melhor integração na paisagem rural e facilidade de integração nos meios urbanos (montagem nas fachadas dos edifícios).

Designação:

As torçadas são designadas pelas letras LXS ou XS, consoante se trate de condutores com almas em alumínio ou em cobre, o tipo de isolante e o tipo de aplicação. Às referidas letras, seguem-se o número de condutores constituintes da torçada e a secção nominal. Pode, ainda, ser indicada a tensão nominal dos condutores (0,6/1 kV).

Marcação dos Condutores:

A marcação de identificação de cada um é feita com tinta de cor branca:

- as fases são marcadas com «um», «dois» e «três» e comportam os algarismos 1, 2 e 3;
- o condutor de fase « um» é marcado com «X», além da indicação do número;
- os condutores de iluminação pública são marcados com «IPI» e «IP2»;
- o neutro leva a identificação do fabricante.

Além das marcações indicadas, poderá levar, eventualmente, o ano de fabrico e a marca do cliente.

As marcações referidas são espaçadas, no máximo, de 50 mm.

5.4.1 - Características Gerais das Redes em Torçada

5.4.1.1- Cabos

— Alma condutora das fases e neutro (não tensor)

A alma condutora é multifilar cableada, de secção recta circular, em:

- alumínio duro ou 3/4 duro, para as secções de 16, 25, 35, 50, 70 e 95 mm².
- cobre macio, para as secções de 4, 6 e 10 mm².

— Neutro tensor

- liga de alumínio, magnésio e silício normalmente nas secções de 54,6 e 80 mm²

— Isolamento:

O isolamento de cada um dos condutores constituintes do feixe é:

- obtido por extrusão;
- em polietileno reticulado (PEX).

– **Agrupamento dos condutores:**

Os condutores são agrupados em feixe, com as seguintes designações:

• almas condutoras em **alumínio:**

LXS 2x16	LXS 4x16+Kx16	LXS 4x95+Kx16
LXS 3x16	LXS 4x25+Kx16	LXS 4x95+Kx25
LXS 3x25	LXS 4x35+Kx16	
LXS 3x35	LXS 4x50+Kx16	
LXS 3x50	LXS 4x70+Kx16	

K = 0, 1, 2

• almas condutoras em **cobre:**

XS 2x4	XS 4x6
XS 2x6	XS 4x10
XS 2x10	

As características dimensionais e eléctricas estão mencionadas nos quadros 122 e 123.

Quadro 122 - Características Dimensionais dos Condutores Utilizados nos Cabos Torçada

SECÇÃO (mm)	ESPESSURA NOMINAL DO ISOLAMENTO (mm)	DIÂMETRO MÁXIMO EXTERIOR (mm)	PESO APROXIMADO (kg/km)	FORÇA MÍNIMA DE ROTURA (N)
ALUMÍNIO				
16	1,2	7,9	68	1900
25	1,4	9,6	105	3000
35	1,6	11,1	144	4200
50	1,6	12,3	185	6000
70	1,8	14,3	265	8400
95	1,8	15,6	335	11400
LIGA DE ALUMÍNIO				
54,6	1,6	13,0	220	16600
COBRE				
4	1,0	4,9	48	800
6	1,2	5,9	70	1200
10	1,2	7,0	110	2100

Quadro 123 - Características Dimensionais e Eléctricas dos Cabos Torçada

SECÇÃO (mm ²)	DIÂMETRO APARENTE (mm)	PESO APROXIMADO (kg/km)	INTENSIDADE ADMISÍVEL (A)		INTENSIDADE CURTO-CIRCUITO ADMISÍVEL (Is) (kA)	QUEDA DE TENSÃO ($\Delta U = V/A \cdot km$) COS $\varphi = 0,8$
			30 °C	40 °C		
ALUMÍNIO						
2 x 16	13,0	143	93	85	1,39	4,03
4 x 16	17,0	285	82	75	1,39	3,49
4 x 16 + 16	18,4	355	82	75	1,39	3,49
4 x 25	20,4	440	109	100	2,16	2,23
4 x 25 + 16	21,0	510	109	100	2,16	2,23
4x25+2x16	22,5	580	109	100	2,16	2,23
4 x 35	23,2	575	131	120	3,05	1,63
4 x 35 + 16	26,0	645	131	120	3,05	1,63
4x35+2x16	26,7	715	131	120	3,05	1,63
4 x 50	28,3	780	163	150	4,35	1,22
4 x 50 + 16	29,5	850	163	150	4,35	1,22
4x50+2x16	29,5	920	163	150	4,35	1,22
4 x 70	34,0	1110	207	190	6,09	0,871
4 x 70 + 16	34,7	1180	207	190	6,09	0,871
4x70+2x16	34,7	1250	207	190	6,09	0,871
4 x 95	38,6	1340	252	230	8,27	0,694
4 x 95 + 16	39,1	1410	252	230	8,27	0,694
4x95+2x16	39,6	1480	252	230	8,27	0,694
COBRE						
2 x 4	8,3	92	38	35	540	9,54
2 x 6	10,0	150	60	55	810	6,40
4 x 6	12,6	300	55	50	810	5,55
2 x 10	11,4	240	82	75	1350	3,85
4 x 10	14,0	480	76	70	1350	3,33

5.4.1.2 - Acessórios de Montagem de uma Rede em Torçada

A execução de uma rede aérea, com cabo torçada, exige a utilização de acessórios próprios, quer para a fixação dos condutores, quer para as ligações dos mesmos no plano eléctrico, sem os quais não poderá ser garantido um funcionamento seguro.

Com a grande variedade de execuções possíveis para uma rede em torçada (redes montadas em postes, nas fachadas dos edifícios, etc.), a gama de acessórios disponível é, no entanto, suficientemente versátil, para satisfazer todas as solicitações geralmente encontradas.

Os principais acessórios que equipam uma rede são enumerados a seguir:

- pinças de amarração;
- pinças de suspensão;
- ligadores bimetálicos;
- berços de guiamento;
- ganchos;
- seccionadores, com ou sem caixa de fusíveis;
- uniões de cravação;
- mangas termoretrácteis.

5.4.1.3 - Tipo de Montagem

Uma das principais razões do sucesso das redes em cabo torçada é a possibilidade de adaptação destas a percursos de difícil execução, com outro tipo de canalizações. Descrevemos, a seguir, os principais tipos de montagem utilizados:

- **redes tensas em fachada:** o cabo fica sob tensão mecânica. Devem ser aplicadas nos casos em que a forma dos edifícios permita vencer vãos superiores a 10 m. Não é necessário o recurso a postes;
- **redes pousadas em fachada:** o cabo está sem tensão mecânica. Devem ser aplicadas nos casos em que a forma dos edifícios não permita alinhamento ou as fachadas não suportem os esforços resultantes das tensões mecânicas;
- **redes tensas em apoios:** o cabo está montado, sob tensão mecânica, em apoios (postes, postaletes ou consolas). Devem ser aplicadas quando não houver possibilidade de aplicar outros tipos de montagem.

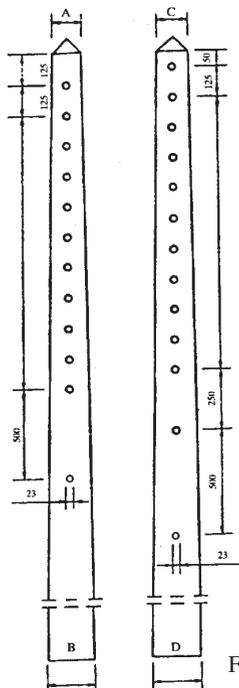
5.4.1.4 - Postes

Dos tipos de montagem atrás descritos, são as redes tensas em apoios, as que mais se utilizam, atendendo, quer à sua extensão, quer à secção dos cabos que utilizam. Os apoios correntemente usados são os postes de madeira ou de betão, os quais enumeraremos a seguir, assim como a regulamentação em vigor:

— postes de betão:

o fabrico dos postes de betão deve respeitar o disposto nas normas NP-261 e P-628. As ligações à terra dos postes de betão devem respeitar o disposto na norma P-628. Estas são constituídas por condutores de cobre nu, com 25 mm² de secção, protegidos por tubos isolantes até 2,5 m acima do solo e 0,45 m abaixo deste.

Dimensões Principais



Quadro 124 - Dimensões dos postes de betão

Solicitação nominal		A	B	C	D
Kgf*	kN*	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	1,0	120	145	100	115
200	2,0	120	145	100	115
400	3,9	140	180	110	140
800	7,8	170	210	130	160

* Unidades ainda usadas comercialmente

Figura 62 - Esquema dos postes de betão

— postes de madeira:

o fabrico dos postes de madeira deve respeitar o disposto na norma NP-267. Estes são os mais indicados para as redes em torçada (aspecto económico, paisagístico e maior facilidade de transporte, em zonas rurais de difícil acesso).

Dimensões Principais

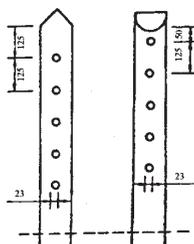


Figura 63 - Esquema dos postes de madeira

Quadro 125 - Dimensões dos postes de betão

REFERÊNCIA DOS POSTES	COMPRIMENTO TOTAL h (m)	DIÂMETRO DA SECÇÃO DO TOPO d (mm)	DIÂMETRO DA SECÇÃO TRANSVERSAL A 1 m DA BASE D (mm)	ALTURA ÚTIL (m)	SOLICITAÇÃO NOMINAL (kN)
A 7	7	150	200	5,80	2,16
A 8	8	150	205	6,70	1,96
A 9	9	150	210	7,60	1,76
A 10	10	150	220	8,50	1,76
B 7	7	130	180	5,80	1,57
B 8	8	130	185	6,70	1,37
B 9	9	130	190	7,60	1,27
B 10	10	130	200	8,50	1,27

Na secção seguinte (5.4.2) iremos abordar, entre vários aspectos do dimensionamento das redes, aquele relacionado com o cálculo de postes.

5.4.2 - Dimensionamento das Redes em Torçada

A tensão estipulada das redes em torçada é 0,6/1 kV, que corresponde à tensão que define o limite de uma rede BT. Actualmente, o uso de cabos torçada já se estendeu até ao domínio da média tensão, estando em preparação a documentação, que trata a utilização deste tipo de redes.

5.4.2.1- Escolha da Secção da Alma Condutora

A escolha da secção da alma condutora dos cabos torçada é feita nas páginas seguintes, sob o ponto de vista eléctrico e térmico. Para uma melhor compreensão do método a seguir, é aconselhável a consulta do capítulo II deste guia técnico.

1 - Determinação da Intensidade a Transmitir em Regime Normal

O cálculo da intensidade a transmitir é igual ao efectuado na secção 2.2.1. Os coeficientes de simultaneidade, a aplicar nas instalações de utilização, estabelecidas em locais residenciais ou de uso profissional, que condicionam o valor da potência instalada a considerar, são os seguintes:

— para as canalizações principais, os factores de correcção são obtidos pela fórmula:

$$C = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

C = coeficiente de simultaneidade

n = número de instalações a alimentar

— para os ramais, os factores de correcção estão indicados no quadro seguinte:

Quadro 126 - Factores de correcção

Números de instalações de utilização situadas a jusante	Coefficiente de simultaneidade
Até 4	1,00
5 a 9	0,78
10 a 14	0,63
15 a 19	0,53
20 a 24	0,49
25 a 29	0,46
30 a 34	0,44
35 a 39	0,42
40 a 49	0,41
50 e mais	0,40

2 - Secção Necessária para o Aquecimento em Regime Permanente

A intensidade máxima admissível ou capacidade de transporte, em regime permanente, é o valor da intensidade que provoca, no estado de equilíbrio térmico, o aquecimento da alma dos condutores até ao valor máximo permitido e que para os cabos torçada é igual a 90 °C. Através do cálculo da intensidade fictícia (secção 2.2.2) e Quadro 123 obteremos a secção mais aconselhável.

3 - Secção Necessária para o Aquecimento em Regime Variável

O cálculo da secção das almas condutoras, quando forem previstos regimes de carga variáveis, é apresentado na secção 2.2.3. Os cabos torçada terão que ser protegidos contra eventuais sobrecargas não consideradas no dimensionamento dos mesmos. As características dos aparelhos de protecção deverão satisfazer as condições que figuram na secção 3.2 .

4 - Secção Necessária para o Aquecimento em Caso de Curto-Circuito

Em caso de curto-circuito, os cabos terão que suportar a passagem de intensidades de corrente muito superiores às consideradas em regime permanente. No quadro 123, estão indicadas as correntes de curto-circuito máximas admissíveis, durante um segundo, para as secções normalizadas dos cabos torçada. Caso seja necessário um estudo mais aprofundado, na secção 2.2.4 apresenta-se o método de cálculo que relaciona o tempo de duração do curto-circuito, a secção e composição da alma condutora com o valor da intensidade de curto-circuito.

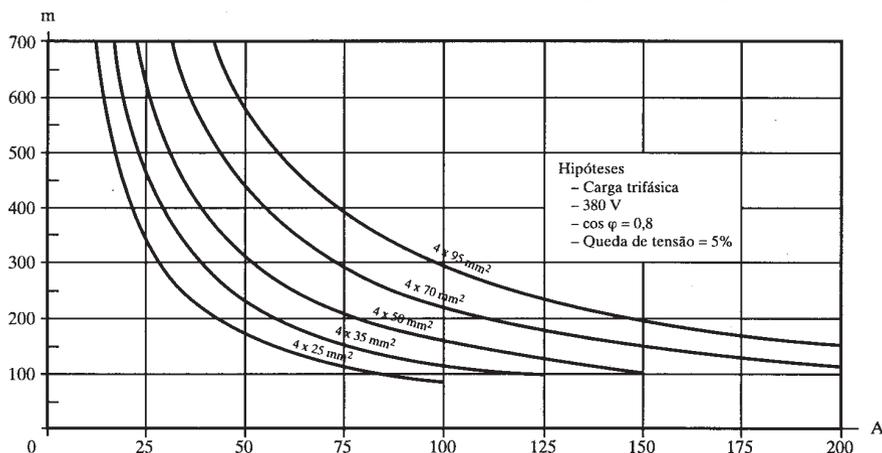
5 - Secção Necessária para a Queda de Tensão

Com a extensão, geralmente grande, rede de redes em torçada, teremos que garantir uma tensão em qualquer ponto de utilização, que permita um funcionamento

satisfatório por parte dos receptores a alimentar. Na secção 2. 2. 5, é apresentado o método de cálculo da secção da alma condutora que permite não ultrapassar a queda de tensão máxima admissível.

Apresentamos, a seguir, um método simplificado, através de um ábaco (gráfico 24) que nos dá as secções das almas condutoras, em função das piores situações encontradas.

Gráfico 24 - Ábaco para Determinação da Secção



6 - Secção Necessária do Ponto de Vista Eléctrico

Das secções para as almas condutoras, anteriormente calculadas, escolhemos aquela de maior valor e, para a secção do cabo torçada, escolhemos a secção normalizada, imediatamente superior a esta.

A secção necessária do ponto de vista económico é calculada segundo o método descrito em 2.2.7.

5.4.2.2 - Cálculo Mecânico e Condições de Montagem

1 - Instalação dos Cabos

A instalação de uma rede aérea tensa em apoios é condicionada por vários factores, nomeadamente, peso dos condutores, distância entre apoios, acção do vento, etc, que constituem as principais solicitações mecânicas às quais o cabo é sujeito.

A figura 64 especifica os parâmetros a considerar, aquando da montagem do cabo entre dois apoios (vão).

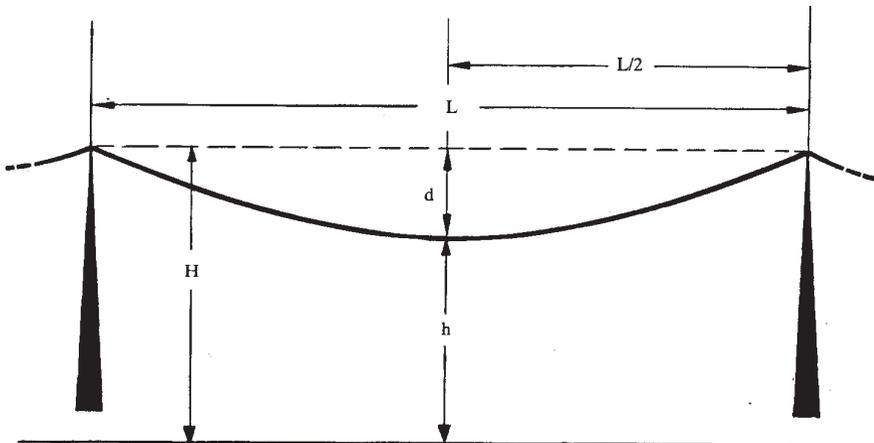


Figura 64 - Montagem do cabo entre dois apoios

h = altura mínima ao solo, m

H = altura dos apoios (não considerando a altura da fundação), m

d = flecha a meio vão, m

L = vão, m

Nos quadros 129 a 132 estão indicados os valores das flechas (f) na montagem, em função da temperatura ambiente no momento da montagem, dos vãos (a) e dos vários tipos de cabo torçada. Estes valores são designados por tabelas de regulação e estão calculados, para que não seja ultrapassado o esforço de tracção máximo (T), aplicado ao cabo.

2 - Tensões Máximas nos Cabos

O quadro 127 fornece os valores da tensão máxima (σ máx.) a aplicar aos feixes das diferentes secções utilizadas. Partindo da força mínima de ruptura (N) da alma de cada condutor (ver quadro 122) e considerando um coeficiente de segurança igual a 2,5, obtemos a tensão máxima atrás referida.

Quadro 127 - Tensão máxima nos cabos

S (mm ²)	TÉCNICA ESCANDINAVA		
	σ Rot/2,5 (N/mm ²)	σ máx. (N/mm ²)	T (N)
(1)			
16	47,5	47,5	3040
25	48	48	4800
50	48	30	6000
70	48	21	5880
95	48	16	6080
(2)			
6	80	80	1920
10	84	84	3360

(1) almas condutoras em alumínio

(2) almas condutoras em cobre

A tracção máxima (T), obtida para um feixe de quatro condutores, considera que a força aplicada é igual em todos os condutores do feixe (é necessário que os quatro condutores estejam bem fixos e de maneira igual para todos, pela cunha da pinça). Os valores de T foram calculados por forma a não se exceder uma força máxima de 6 kN, a fim de reduzir os esforços sobre os apoios nos ângulos, derivações e fins de linha.

Os valores das flechas indicados nos quadros 129 a 132 foram calculados para os valores que figuram no quadro 127 anterior, a partir da equação de mudança de estado.

3 - Verificação da Estabilidade dos Apoios de Betão

O emprego dos postes de betão, como apoios das redes aéreas isoladas, é hoje em dia a solução encontrada na grande maioria dos casos, sendo os postes de madeira reservados para aplicação em locais de difícil acesso, o que os torna preferíveis aos postes de betão, devido ao seu peso inferior. Há, ainda, a salientar o emprego dos postes de madeira, em casos em que o aspecto paisagístico é importante (por exemplo, redes em zonas florestais ou parques naturais).

Para o cálculo da estabilidade dos apoios de betão, aplica-se a seguinte simbologia:

T = tracção máxima do feixe da linha principal, N;

T_D = tracção máxima do feixe da linha derivada, N;

d = diâmetro aparente do feixe, mm;

a_m = semi-soma dos vãos adjacentes, m;

α = coeficiente de redução;

c = coeficiente de forma;

q = pressão dinâmica do vento, N/m².

Observações:

- sempre que as grandezas se refiram a linhas derivadas, o seu símbolo será afectado de um apóstrofo (exemplo: d' = diâmetro aparente do feixe da linha derivada);
- as forças resultantes da aplicação das fórmulas seguintes são expressas em Newton (N).

Apoios de Alinhamento

Nos apoios de alinhamento, havendo igualdade de tensão mecânica e de secções, o esforço sobre os apoios resume-se ao esforço devido ao vento:

$$F_v = \alpha \cdot c \cdot q \cdot s$$

$$a = 0,6$$

$$c = 1,3$$

$$q = 0,75 \times 750 = 563 \text{ N/m}^2 \text{ (75\% do valor fixado no R.S.L.A.T.)}$$

$$s = \text{área da superfície batida pelo vento, m}^2$$

$$s = d \cdot a \cdot 10^{-3}$$

$$\text{então } F_v = 439 \cdot d \cdot a_m \cdot 10^{-3}$$

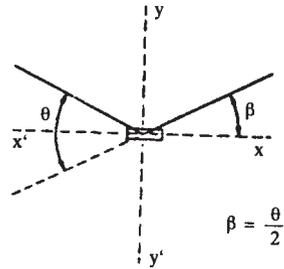
Sempre que exista desigualdade de tracções, resulta um esforço longitudinal que deve ser considerado na escolha dos apoios.

Apoios de ângulo

Nos apoios de ângulo o esforço é determinado pela expressão:

$$F = 2T \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} + 439 \cdot d \cdot a_m \cos^2 \frac{\theta}{2} \cdot 10^{-3}$$

onde θ é o ângulo de desvio do traçado.



Apoios de Derivação

Para o cálculo dos apoios de derivação, consideramos o vento a actuar normalmente à direcção da linha principal (se o poste for de alinhamento), ou segundo a bissetriz do ângulo da linha principal:

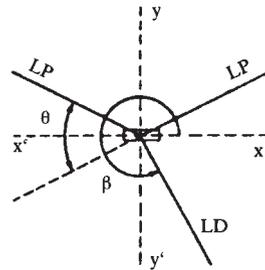
— esforço no sentido da bissetriz do ângulo da linha principal:

$$F = 439 \left(d \cdot a_m \cos^2 \frac{\theta}{2} d' \frac{a'}{2} \cos^2 \beta \right) \cdot 10^{-3} \text{ N} + 2T \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} T_D \operatorname{sen} \beta \text{ N}$$

onde a' é o comprimento do vão da linha derivada adjacente.

— esforço no sentido normal à bissetriz do ângulo da linha principal:

$$F_x = T_d \cos \beta$$



Apoios de Fim de Linha

Para o cálculo dos apoios de fim de linha deve-se considerar o vento a actuar perpendicularmente à linha.

Esforço no sentido perpendicular à linha:

$$F_y = 439 \cdot d \cdot \frac{a}{2} \cdot 10^{-3}$$

a = comprimento do vão adjacente ao poste, m

Esforço na direcção da linha:

$$F_x = T$$

No quadro 128 indicam-se os esforços do vento (F_v) nos apoios de alinhamento (valores expressos em newton).

Quadro 128 - Esforços do vento (F_v) nos apoios de alinhamento

S (mm ²) \ a (m)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	75	90
2 x 6	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	375	450
2 x 10	55	85	110	140	165	195	220	250	280	305	330	360	415	500
4 x 6	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	450	540
4 x 10	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420	455	525	630
4 x 15 + 16	90	135	180	225	270	315	360	405	450	495	540	585	675	810
4 x 25 + 16	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	750	900
4 x 50 + 16	130	195	260	325	390	455	520	585	650	715	730	845	975	1170
4 x 70 + 16	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	975	1125	1350
4 x 95 + 16														

Valores para os quais não se utilizam os postes de 100 kgf (980 N).

4 - Aplicação das Espias

Sempre que a estabilidade de um poste necessite de um reforço, é aconselhável a aplicação de espias. Estas são constituídas por cabos ou varetas com elos de ligação robustos, de aço galvanizado, possuindo uma força de rotura mínima de 600 daN. Os arames ou fios constituintes dos cabos não devem ter um diâmetro inferior a 3 mm.

Na parte enterrada das espias e numa extensão de 0,50 m fora do solo, deve ser utilizado varão de aço de diâmetro não inferior a 12 mm, devidamente protegido contra a corrosão.

O espiaamento dos postes é uma técnica que pode ser conveniente, nomeadamente, nos casos seguintes:

- apoios de ângulo, com esforço à cabeça elevado;
- apoios terminais de rede, em que a ampliação desta possa transformá-los em apoios de ângulo ou de alinhamento;
- apoios de alinhamento ou de ângulo em que se faça uma derivação.

As espias devem ser fixadas aos apoios, no furo imediatamente abaixo do das ferragens de fixação das pinças.

Na parte enterrada é utilizada uma ancora ou maciço que assegure uma conveniente amarração da espia.

Dimensionamento das Espias

No dimensionamento das espias deve atender-se a que o ângulo que a espia faz com a vertical não seja inferior a 30° , ou seja, de acordo com a figura 65:

$$\text{arc tg} \alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h} \right)$$

O valor da força F_e a suportar pela espia, é calculado pela expressão:

$$F_e = \frac{F}{\text{sen} \alpha}, \text{N}$$

F = resultante das forças de tracção dos condutores

O valor da força vertical descendente F_a a suportar pelos apoios é calculado pela expressão:

$$F_a = \frac{F}{\text{tg} \alpha}, \text{N}$$

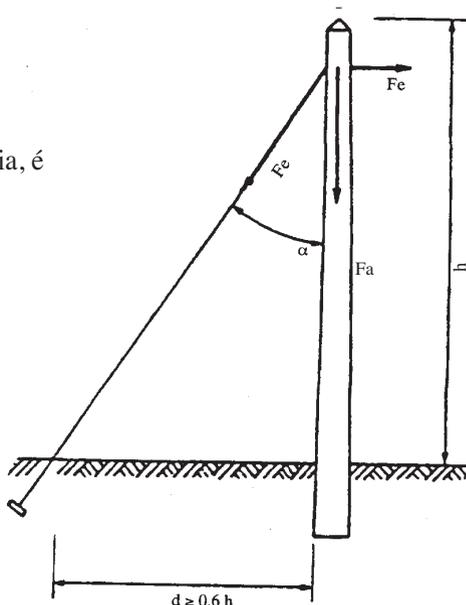


Figura 65 - Dimensionamento das espias

Exemplo:

Considerando que o esforço a suportar pelo apoio é de 6 000 N (sem espia) e que o ângulo α é de 40° , o valor a suportar pela espia é:

$$F_e = \frac{6\,000}{\text{sen } 40^\circ} = 9\,334 \text{ N}$$

e o valor da força vertical a suportar pelo apoio é:

$$F_a = \frac{6\,000}{\text{tg } 40^\circ} = 7\,151 \text{ N}$$

Como se verifica, o esforço devido à acção dos condutores (que sem espia seria inteiramente suportado pelo apoio) é totalmente suportado pela espia. O apoio apenas está sujeito ao esforço vertical.

5.4.2.3 - Tabelas de Regulação

Quadro 129 - Cabo Torçada LXS 4 x 16 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

DADOS	$S = 4 \times 16 \text{ mm}^2$ $P = 0,36 \text{ kg/m}$ $\phi = 29,4 \text{ mm}$									
	$q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = + 15^\circ\text{C}$									
	$c = 1,3$ $\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $E = 56000 \text{ N/mm}^2$									
a (m)	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)
5	0	3195	0	2375	1	1560	1	795	3	330
10	1	3180	2	2370	3	1590	5	920	8	535
15	3	3160	4	2365	6	1630	10	1040	14	700
20	6	3125	8	2360	11	1670	16	1155	21	840
25	9	3080	12	2350	16	1715	22	1255	29	965
30	13	3035	17	2340	23	1760	30	1340	38	1070
35	18	2985	24	2335	31	1800	39	1420	47	1165
40	27	2690	34	2125	42	1695	52	1390	61	1180
45	38	2380	47	1925	57	1590	67	1355	77	1185
50	53	2120	64	1770	74	1510	85	1325	95	1185
55	71	1920	82	1650	94	1455	104	1305	115	1185
60	91	1770	103	1565	115	1410	126	1285	136	1190
65	114	1660	127	1500	138	1375	149	1275	160	1190
70	140	1580	152	1455	163	1350	175	1260	185	1190
75	167	1520	179	1415	191	1330	202	1255	213	1190
80	196	1470	208	1385	220	1310	231	1245	242	1190
85	227	1435	239	1360	251	1300	262	1240	273	1190
90	260	1405	272	1340	284	1285	295	1235	306	1190
a _c	19	2980	25	2330	32	1810	40	1435	49	1180

a - vão (m) f - flecha (cm) T - tração (n)

Quadro 130 - Cabo Torçada LXS 4 x 25 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

DADOS	$q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = +15^\circ\text{C}$ $c = 1,3$ $\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $E = 56000 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{\text{máx.}} = 50 \text{ N/mm}^2$ $a_c = 49 \text{ m}$									
	0 °C		10 °C		20 °C		30 °C		40 °C	
a (m)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)
5	0	4995	0	3715	1	2440	1	1230	3	485
10	1	4985	2	3715	3	2480	5	1405	8	780
15	3	4960	4	3720	6	2540	9	1590	14	1040
20	5	4930	7	3720	10	2620	15	1760	20	1250
25	8	4900	11	3730	15	2690	21	1920	28	1440
30	12	4160	15	3730	21	2770	28	2060	36	1610
35	16	4810	21	3740	28	2840	36	2190	45	1760
40	21	4770	27	3745	35	2910	44	2310	54	1900
45	27	4720	35	3750	44	2980	54	2420	64	2030
50	35	4590	43	3690	53	2990	64	2480	76	2120
55	46	4240	56	3470	67	2880	79	2450	91	2130
60	59	3930	70	3170	83	2780	95	2420	107	2140
65	74	3660	87	3120	100	2700	113	2390	125	2150
70	91	3440	105	2990	119	2640	132	2370	145	2160
75	110	3260	125	2880	139	2590	153	2360	166	2170
80	132	3110	147	2790	161	2540	175	2340	188	2180
85	155	2990	170	2720	184	2510	198	2330	212	2180
90	179	2890	194	2670	209	2480	223	2320	237	2190
a_c	33	4680	40	3755	50	3025	61	2490	72	2115

Quadro 131 - Cabo Torçada LXS 4 x 50 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

DADOS	S = 4 x 50 mm ² P = 0,848 kg/m ø = 29,9 mm q = 563 MPa θ _{inv.} = 0 °C θ _{prim.} = + 15 °C c = 1,3 α = 23 x 10 ⁻⁶ °C ⁻¹ E = 56000 N/mm ² σ _{máx.} = 30 N/mm ² a _c = 45 m									
	a	0 °C		10 °C		20 °C		30 °C		40 °C
(m)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)
5	0	5990	1	3460	2	1305	4	600	6	420
10	2	5960	3	3555	6	1775	10	1070	13	800
15	4	5920	6	3680	11	2165	16	1470	21	1145
20	7	5860	11	3815	17	2490	23	1815	29	1460
25	11	5795	17	5795	24	2765	31	2120	38	1750
30	17	5725	23	4060	32	3005	40	2385	48	2005
35	23	5660	31	4165	40	3210	50	2625	58	2245
40	30	5660	40	4260	50	3390	60	2835	69	2460
45	39	5530	49	4340	60	3550	71	3025	81	2655
50	52	5085	64	4145	76	3510	87	3060	97	2740
55	68	4720	81	3985	93	3465	104	3085	115	2800
60	86	4440	99	3860	111	3430	123	3105	134	2855
65	106	4230	119	3760	132	3405	143	3120	155	2900
70	128	4070	141	3685	154	3380	166	3135	177	2935
75	151	3945	165	3625	177	3360	189	3150	201	2965
80	176	3845	190	3575	203	3350	215	3160	227	2995
85	203	3775	217	3535	230	3335	242	3165	254	3020
90	232	3705	245	3500	258	3325	271	3170	283	3040
a _c	39	5530	50	4350	61	3560	72	3035	82	2665

Quadro 132 - Cabo Torçada LXS 4 x 70 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

DADOS	$S = 4 \times 70 \text{ mm}^2$ $P = 1,156 \text{ kg/m}$ $\phi = 34,7 \text{ mm}$									
	$q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = +15^\circ\text{C}$				$c = 1,3$ $\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $E = 56000 \text{ N/mm}^2$			$\sigma_{\text{máx.}} = 20 \text{ N/mm}^2$ $a_c = 36 \text{ m}$		
	a	0 °C		10 °C		20 °C		30 °C		40 °C
(m)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)
5	1	5580	2	2310	4	913	6	610	7	480
10	3	5520	5	2770	9	1570	13	1140	16	930
15	6	5445	10	3150	16	2085	20	1605	24	1240
20	11	5360	17	3460	23	2505	29	2005	34	1710
25	17	5280	24	3700	32	2845	38	2355	44	2040
30	25	5215	33	3895	42	3130	49	2655	56	2335
35	34	5160	44	4050	53	3365	61	2915	68	2595
40	48	4775	58	3960	68	3415	76	3030	84	2750
45	66	4420	76	3830	86	3405	95	3090	103	2840
50	86	4180	97	3735	106	3400	115	3130	124	2920
55	109	4015	119	3670	129	3390	138	3165	147	2980
60	134	3900	144	3615	154	3390	163	3195	172	3030
65	160	3810	171	3580	180	2285	190	3215	199	3070
70	189	3740	200	3545	209	3380	219	3235	228	3105
75	220	3690	231	3525	241	3380	250	3250	259	3135
80	254	3645	264	3505	274	3380	284	3260	293	3160
85	289	3610	299	3490	309	3375	319	3270	328	3180
90	327	3580	337	3470	347	3375	357	3280	366	3200
a_c	37	5145	47	4090	56	3425	64	2980	72	2665

Cabos Isolados de Média e Alta Tensão



V_v
Capítulo

5.5 - Cabos Isolados de Média e Alta Tensão

5.5.1 - Descrição do processo de fabrico

A SOLIDAL, após vultuoso investimento industrial realizado, adquiriu capacidade para a partir de agora, incluir os cabos isolados de ALTA TENSÃO na sua gama de fabrico.

Efectivamente com o investimento realizado durante o ano de 1998, a SOLIDAL adquiriu a mais recente tecnologia de fabrico e equipamento que lhe permitem fabricar cabos acima dos 45 kV pela 1ª vez em Portugal.

A linha de fabrico agora instalada, linha de Vulcanização em Catenária de Azoto (CCVL - **Continuous Catenary Vulcanization Line**), está preparada para o fabrico de cabos isolados até aos **225 kV**.

As isolações destes cabos são constituídas pela extrusão de compostos quer de **Polietileno Reticulado (PEX)**, quer de **Borracha de Etileno-Propileno de alto módulo de elasticidade (HEPR)**, satisfazendo ambos as necessidades da globalidade do mercado.

A tecnologia referida mantém a utilização do processo de tripla extrusão simultânea, introduzindo no entanto inovações importantes entre as quais se destacam:

- A operação de reticulação, efectuada em contínuo durante a extrusão, é processada em **atmosfera seca e sobreaquecida de azoto**.
Refira-se a este propósito que os valores normais do conteúdo residual de água neste processo é da ordem dos 30 a 80 ppm, enquanto que no processo de reticulação em água ou vapor se situam acima de 1000 ppm.
- A movimentação/transferência de matérias primas para a alimentação das extrusoras da linha de produção é efectuada em circuito fechado a partir de **salas limpas respeitando as exigências da “classe 1000”**, assegurando deste modo a impossibilidade de contaminação das mesmas antes do seu processamento, minimizando as possibilidades de formação de inclusões ou vacúolos.
- O controlo dimensional dos cabos é efectuado por intermédio de **câmaras “Raios X”**, mediante as quais é possível **controlar, em curso do processo de fabrico, os diâmetros, as espessuras e as excentricidades das várias camadas extrudidas**. Em função deste controlo, é realizada permanentemente e com elevada precisão a regulação automática dos parâmetros de fabrico, de modo a que sejam respeitadas os valores pré-estabelecidos.
- A utilização das gerações mais recentes de matérias primas com características melhoradas.

Todo este conjunto de inovações propiciam à SOLIDAL:

- a melhoria da qualidade “standard” dos cabos produzidos, promovendo uma maior segurança e longevidade das instalações eléctricas que incorporem estes cabos;
- o alargamento da sua gama para fabricos do mais elevado nível tecnológico;
- a satisfação das exigências técnicas do mercado nacional e internacional, neste sector.

5.5.2 - Cabos de Média Tensão

Normas de referência:

CEI 60502 - 2; HD 620 51

Características Principais:

Alma condutora:	Alumínio ou cobre multifilar compactado
Semicondutor interior:	Composto semicondutor extrudido
Isolante:	PEX - Polietileno reticulado ou HEPR - Borracha de etileno propileno de alto módulo de elasticidade
Semicondutor interior:	Composto semicondutor extrudido
Blindagem:	Fios e fita de cobre ou fita de cobre
Bainha exterior:	PVC ou PE (de baixa, média ou alta densidade)

Características de bloqueio á penetração de humidade:

Estanquidade: longitudinal	No condutor e/ou na blindagem, conforme definido no Capítulo I, parágrafo 1.2.6 Colocada apenas sob encomenda
Estanquidade: transversal	Sob a bainha exterior, por aplicação de fitas metálicas aderentes á bainha exterior Colocada apenas sob encomenda
Protecção mecânica:	Armadura em fitas de aço ou alumínio colocadas apenas sob encomenda

Tipos de Cabo:

Figura 66 — Cabo monopolar



Figura 67 — Cabo tripolar armado



Figura 68 — Torçada aérea

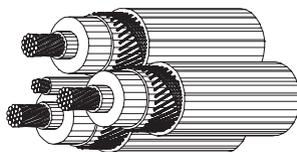
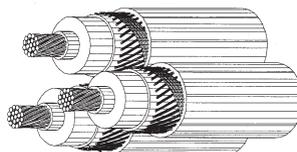


Figura 69 — Trimonopolar



Nota:

1 - Os quadros 133 ao 136, apresentam as características dimensionais e eléctricas dos cabos monopolares de 6/10kV, 8,7/15kV, 12/20kV e 18/30kV. As intensidades admissíveis estão indicadas no ponto 5.5.2.1 (quadro 137), nas condições de instalação indicadas.

2 - Nos quadros 138 a 140 estão indicadas as características dos cabos tripolares, torçada aérea e trimonopulares de média tensão.

Quadro 133 - Características Técnicas

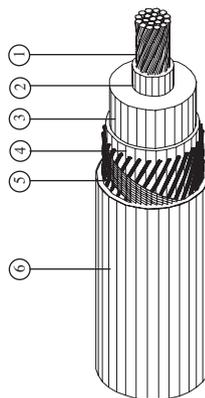
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / LXHIV / XHIV / XHIOV Tensão - 6/10 kV

Seção Nominal (mm)	Características Dimensionais					Características Eléctricas									
	Espessura Isolção (mm)	Diâmetro sobre Isolção (mm)	Espessura Baínha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância Z_{0VC} (Ω/km)	
					Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu
35	15.4	15.4	1.6	22.5	600	810	0.868	0.524	1.113	0.668	0.24	0.419	0.132	1.12	0.68
50	16.4	16.4	1.7	23.5	660	950	0.641	0.387	0.822	0.493	0.26	0.403	0.127	0.83	0.51
70	18.2	18.2	1.7	25.5	760	1180	0.443	0.268	0.568	0.342	0.30	0.378	0.119	0.58	0.36
95	19.8	19.8	1.8	27.0	880	1460	0.320	0.193	0.410	0.246	0.33	0.361	0.113	0.43	0.27
120	21.4	21.4	1.8	29.0	980	1720	0.253	0.153	0.324	0.195	0.36	0.346	0.109	0.34	0.22
150	22.7	22.7	1.9	30.5	1100	2010	0.206	0.124	0.264	0.158	0.39	0.337	0.106	0.28	0.19
185	24.8	24.8	1.9	32.5	1250	2380	0.164	0.099	0.210	0.126	0.43	0.324	0.102	0.23	0.16
240	26.9	26.9	2.0	34.5	1460	2950	0.125	0.075	0.160	0.096	0.48	0.313	0.098	0.19	0.14
300	29.2	29.2	2.1	37.0	1730	3570	0.100	0.060	0.128	0.077	0.52	0.304	0.095	0.16	0.12
400	31.9	31.9	2.2	40.0	2020	4380	0.078	0.047	0.100	0.060	0.58	0.295	0.093	0.14	0.11
500	34.9	34.9	2.3	43.0	2400	5490	0.061	0.037	0.078	0.047	0.64	0.286	0.090	0.12	0.10
630	38.9	38.9	2.4	47.5	2870	6810	0.047	0.028	0.060	0.036	0.72	0.276	0.087	0.11	0.09

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo justivo.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolção em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 134 - Características Técnicas

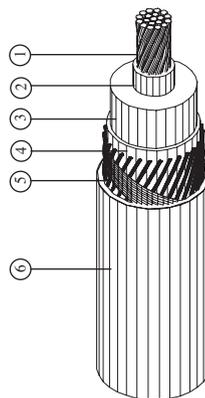
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 8,7/15 kV

Seção Nominal (mm)	Características Dimensionais				Características Eléctricas										
	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baínha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância $Z_{90°C}$ (Ω/km)	
					Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu
35		17.6	1.7	25.0	680	900	0.868	0.524	1.113	0.668	0.19	0.440	0.138	1.12	0.68
50		18.6	1.7	26.0	740	1030	0.641	0.387	0.822	0.493	0.21	0.421	0.132	0.83	0.51
70		20.4	1.8	28.0	860	1280	0.443	0.268	0.568	0.342	0.24	0.396	0.124	0.58	0.36
95		22.0	1.8	29.5	970	1550	0.320	0.193	0.410	0.246	0.26	0.377	0.118	0.43	0.27
120		23.6	1.9	31.0	1100	1830	0.253	0.153	0.324	0.195	0.29	0.362	0.114	0.34	0.23
150	4.5	24.9	1.9	32.5	1200	2110	0.206	0.124	0.264	0.158	0.31	0.352	0.110	0.29	0.19
185		27.0	2.0	35.0	1380	2500	0.164	0.099	0.210	0.126	0.34	0.338	0.106	0.24	0.17
240		29.1	2.1	37.0	1600	3080	0.125	0.075	0.160	0.096	0.38	0.327	0.103	0.19	0.14
300		31.4	2.1	39.5	1850	3690	0.100	0.060	0.128	0.077	0.41	0.315	0.099	0.16	0.13
400		34.1	2.2	42.5	2160	4510	0.078	0.047	0.100	0.060	0.45	0.305	0.096	0.14	0.11
500		37.1	2.3	45.5	2540	5630	0.061	0.037	0.078	0.047	0.50	0.296	0.093	0.12	0.10
630		41.1	2.4	49.5	3030	6970	0.047	0.028	0.060	0.036	0.56	0.285	0.090	0.11	0.10

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 135 - Características Técnicas

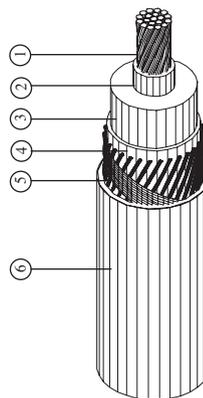
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 12/20 kV

Seção Nominal (mm)	Características Dimensionais					Características Eléctricas									
	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baínha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância $Z_{90°C}$ (Ω/km)	
					Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu
35	19.6	27.0	1.8	27.0	770	980	0.868	0.524	1.113	0.668	0.17	0.457	0.144	1.12	0.68
50	20.6	28.0	1.8	28.0	830	1130	0.641	0.387	0.822	0.493	0.18	0.438	0.138	0.83	0.51
70	22.4	30.0	1.9	30.0	960	1380	0.443	0.268	0.568	0.342	0.21	0.411	0.129	0.58	0.37
95	24.0	31.5	1.9	31.5	1080	1660	0.320	0.193	0.410	0.246	0.23	0.391	0.123	0.43	0.28
120	25.6	33.5	2.0	33.5	1210	1940	0.253	0.153	0.324	0.195	0.25	0.376	0.118	0.35	0.23
150	26.9	34.5	2.0	34.5	1320	2220	0.206	0.124	0.264	0.158	0.26	0.365	0.115	0.29	0.20
185	29.0	37.0	2.1	37.0	1500	2630	0.164	0.099	0.210	0.126	0.29	0.350	0.110	0.24	0.17
240	31.1	39.0	2.1	39.0	1710	3200	0.125	0.075	0.160	0.096	0.32	0.337	0.106	0.19	0.14
300	33.4	41.5	2.2	41.5	1990	3830	0.100	0.060	0.128	0.077	0.35	0.326	0.103	0.16	0.13
400	36.1	44.5	2.3	44.5	2310	4660	0.078	0.047	0.100	0.060	0.38	0.315	0.099	0.14	0.12
500	39.1	47.5	2.4	47.5	2710	5800	0.061	0.037	0.078	0.047	0.42	0.305	0.096	0.12	0.11
630	43.1	52.0	2.5	52.0	3210	7150	0.047	0.028	0.060	0.036	0.47	0.294	0.092	0.11	0.10

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (podrá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 136 - Características Técnicas

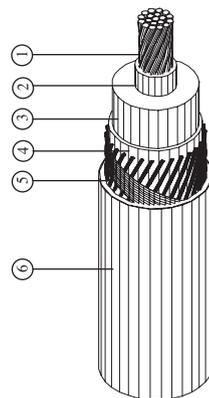
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 18/30 kV

Seção Nominal (mm)	Características Dimensionais					Características Eléctricas									
	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baínha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância Z _{apc} (Ω/km)	
					Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu
35		24.6	1.9	32.0	1010	1220	0.868	0.524	1.113	0.668	0.13	0.493	0.155	1.12	0.69
50		25.6	2.0	33.5	1090	1380	0.641	0.387	0.822	0.493	0.14	0.473	0.149	0.84	0.52
70		27.4	2.0	35.0	1220	1640	0.443	0.268	0.568	0.342	0.16	0.443	0.139	0.58	0.37
95		29.0	2.1	37.0	1360	1940	0.320	0.193	0.410	0.246	0.17	0.423	0.133	0.43	0.28
120		30.6	2.1	39.0	1490	2220	0.253	0.153	0.324	0.195	0.19	0.405	0.127	0.35	0.23
150	8.0	31.9	2.2	40.0	1630	2540	0.206	0.124	0.264	0.158	0.20	0.394	0.124	0.29	0.20
185		34.0	2.2	42.0	1810	2940	0.164	0.099	0.210	0.126	0.22	0.377	0.118	0.24	0.17
240		36.1	2.3	44.5	2060	3550	0.125	0.075	0.160	0.096	0.24	0.363	0.114	0.20	0.15
300		38.4	2.4	47.0	2360	4200	0.100	0.060	0.128	0.077	0.26	0.351	0.110	0.17	0.13
400		41.1	2.5	50.0	2700	5060	0.078	0.047	0.100	0.060	0.28	0.338	0.106	0.15	0.12
500		44.1	2.6	53.0	3130	6220	0.061	0.037	0.078	0.047	0.31	0.327	0.103	0.13	0.11
630		48.1	2.7	57.5	3670	7610	0.047	0.028	0.060	0.036	0.34	0.314	0.099	0.12	0.11

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



5.5.2.1 - Intensidade em regime permanente para cabos monopulares

**Quadro 137- Cabos monopulares isolados a XLPE
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV**

Secção Nominal condutor	Cabos enterrados directamente no solo				Cabos entubados				Instalação ao ar					
	Trevo Juntivo		Esteira horizontal		Trevo juntivo		Esteira horizontal		Trevo Juntivo		Esteira horizontal		Esteira horizontal	
mm2	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu
16	84	109	88	113	80	103	81	104	97	125	99	128	116	150
25	108	140	112	144	102	132	103	133	127	163	130	167	153	196
35	129	166	134	172	122	157	123	159	154	198	157	203	185	238
50	152	196	157	203	144	186	146	188	184	238	189	243	222	286
70	186	239	192	246	176	227	178	229	230	296	236	303	278	356
95	221	285	229	293	210	271	213	274	280	361	287	369	338	434
120	252	323	260	332	240	308	242	311	324	417	332	426	391	500
150	281	361	288	366	267	343	271	347	368	473	376	481	440	569
185	317	406	324	410	303	387	307	391	424	543	432	550	504	637
240	367	469	373	470	351	447	356	453	502	641	511	647	593	745
300	414	526	419	524	397	504	402	510	577	735	586	739	677	846
400	470	590	466	572	451	564	457	571	673	845	676	837	769	938

**Quadro 137A - Cabos monopulares isolados a EPR/HEPR
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV**

Secção Nominal condutor	Cabos enterrados directamente no solo				Cabos entubados				Instalação ao ar					
	Trevo Juntivo		Esteira horizontal		Trevo juntivo		Esteira horizontal		Trevo Juntivo		Esteira horizontal		Esteira horizontal	
mm2	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu
16	82	106	84	109	77	99	78	100	90	116	92	119	107	138
25	105	136	109	140	99	128	100	129	119	153	121	156	141	181
35	126	162	130	167	118	153	120	154	144	186	147	190	171	221
50	149	192	153	198	140	181	142	183	174	224	178	229	207	266
70	182	234	188	242	172	222	174	224	218	280	223	287	259	334
95	217	280	224	289	206	266	208	269	266	343	273	352	317	409
120	247	319	256	329	235	303	238	306	309	398	317	407	368	474
150	277	357	287	369	264	341	267	344	352	454	361	465	419	540
185	314	403	325	417	300	386	303	390	406	522	417	534	484	621
240	364	467	377	484	350	449	354	454	483	619	495	634	575	736
300	411	526	426	545	397	509	401	515	556	712	570	728	659	843
400	471	597	487	618	456	580	462	588	651	825	667	843	770	977

- Temperatura máxima do condutor 90°C
- Temperatura máxima ao ar livre 30°C
- Temperatura máxima do solo 20°C
- Profundidade de instalação 0,8m
- Resistência térmica do solo 1,5K.m/W
- Resistência térmica nos tubos 1,2K.m/W
- Modo de ligação das blindagens - Ligação á terra em ambas as extremidade

5.5.2.2 - Cabo Tripolar LXHIAV / LXHIOAV / XHIAV / XHIOAV

Tensões: 6/10 kV, 8, 7/15 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

Descrição:

- 1- Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Bainha semi-condutora extrudada
- 3 - Camada isolante em PEX
- 4 - Bainha semi-condutora extrudada
- 5 - Fita semi-condutora
- 6 - Écran metálico em cobre
- 7 - Bainha de enchimento
- 8 - Armadura em fita de aço
- 9 - Bainha exterior

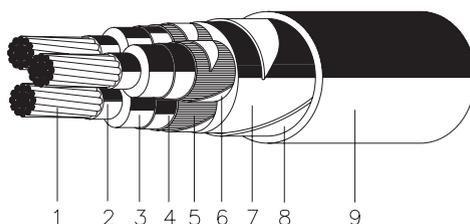


Figura 70 - Cabo tripolar

Quadro 138 - Características Dimensionais

Seção nominal mm ²	6 / 10 kV			8,7 / 15 kV			12 / 20 kV		
	Peso Aproximado kg/km		Diâmetro exterior aprox. mm	Peso Aproximado kg/km		Diâmetro exterior aprox. mm	Peso Aproximado kg/km		Diâmetro exterior aprox. mm
	Al	Cu		Al	Cu		Al	Cu	
3 x 25		3000	41,0		3480	48,0		4700	55,0
3 x 35		3550	44,0	3690	4260	50,5		4900	55,0
3 x 50	3300	4150	47,0	4010	4880	53,0	4700	5600	58,0
3 x 70	3850	5100	51,0	4710	5930	57,0	5300	6500	63,0
3 x 95	4450	6250	55,0	5350	7140	61,5	6000	7800	65,5
3 x 120	5150	7350	58,5	5990	8240	66,0	6700	8900	69,5
3 x 150	5500	8400	62,0	6800	9450	69,0	7400	10000	73,0
3 x 185	6500	10000	66,5	7730	11280	71,5	9300	12500	78,0
3 x 240	7600	12100	72,0	9290	13600	78,0	10300	14900	85,0

5.5.2.3 - Cabos Auto-suportados (S) trimonopolares cableados subterrâneos e torçadas aéreas (isolamento em PEX)

Tensões: 6/10 kV, 8,7/15 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

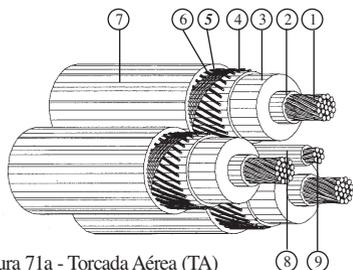


Figura 71a - Torçada Aérea (TA)

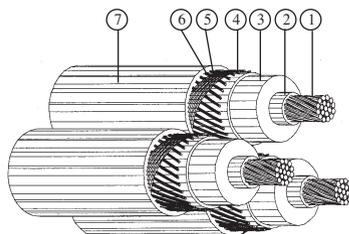


Figura 71b - Cabo trimonopolar Cableado Subterrâneo (T)

Descrição:

Torçada aérea

- 1 - Alma rígida em alumínio
- 2 - Camada semi-condutora extrudida
- 3 - Camada isolante em PEX
- 4 - Camada semi-condutora extrudida
- 5 - Êcran metálico em cobre
- 6 - Fita hidroexpansiva (opcional)
- 7 - Bainha em PVC, PEX ou PE
- 8 - Bainha em PVC, PEX ou PE
- 9 - Tensor em aço

Trimonopolar

- 1 - Alma rígida em alumínio
- 2 - Camada semi-condutora extrudida
- 3 - Camada isolante em PEX
- 4 - Camada semi-condutora extrudida
- 5 - Êcran metálico em cobre
- 6 - Fita hidroexpansiva (opcional)
- 7 - Bainha em PVC, PEX ou PE

Quadro 139 - Características Dimensionais / Intensidade em Regime Permanente

Diâmetro exterior aproximado (mm)						Seção Nominal	Queda de tensão $\Delta U = V/A \cdot km$ (***) $COS \varphi = 0,8$ V
Trimonopolar (*)			Torçada Aérea (**)				
6 / 10 kV	8,7 / 15 kV	12 / 20 kV	6 / 10 kV	8,7 / 15 kV	12 / 20 kV		
44,0	50,0	54,5	49	54,5	60,0	35	1,7
48,5	53,5	60,0	53,0	57,5	64,0	50	1,3
52,0	58,0	62,5	56,5	61,0	67,0	70	0,92
55,5	62,0	66,5	60,5	65,5	71,0	95	0,69
59,0	63,5	68,0	63,5	68,5	73,0	120	0,56
62,5	67,5	71,5	66,5	71	76,0	150	0,48

(*) Fabrico para 18/30 kV sob encomenda.

(**) Com cabo portador de 50 mm² de aço. Outras secções do cabo portador podem ser fornecidas, sob pedido.

5.5.2.4 - Intensidade em regime permanente para cabos tripolares

**Quadro 140 - Cabos tripolares isolados a XLPE
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV**

Secção Nominal condutor	Cabos não armados						Cabos armados					
	Enterrado directamente no solo		Enterrado em tubo		Ao ar		Enterrado directamente no solo		Enterrado em tubo		Ao ar	
												
mm ²	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu
16	78	101	67	87	84	109	78	101	68	88	85	110
25	100	129	87	112	110	142	100	129	87	112	111	143
35	119	153	103	133	132	170	119	154	104	134	133	172
50	140	181	122	158	158	204	140	181	123	158	159	205
70	171	221	150	193	196	253	171	220	150	194	196	253
95	203	262	179	231	236	304	204	263	180	232	238	307
120	232	298	205	264	273	351	232	298	206	264	274	352
150	260	334	231	297	309	398	259	332	231	296	309	397
185	294	377	262	336	355	455	293	374	262	335	354	453
240	340	434	305	390	415	531	338	431	304	387	415	529
300	384	489	346	441	475	606	380	482	343	435	472	599
400	438	553	398	501	552	696	432	541	393	492	545	683

**Quadro 140A - Cabos tripolares isolados a EPR/HEPR
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV**

Secção Nominal condutor	Cabos não armados						Cabos armados					
	Enterrado directamente no solo		Enterrado em tubo		Ao ar		Enterrado directamente no solo		Enterrado em tubo		Ao ar	
												
mm ²	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu	Al.	Cu
16	76	98	65	84	80	104	76	98	66	85	81	104
25	97	125	84	109	105	135	97	125	85	109	105	136
35	116	150	101	130	127	164	116	150	101	131	127	164
50	137	176	119	154	151	195	137	177	120	155	153	197
70	167	216	147	189	189	243	168	216	147	190	190	244
95	200	258	176	227	229	296	200	257	176	227	230	296
120	227	292	201	258	263	339	227	292	201	259	264	339
150	255	328	226	291	299	385	254	327	226	291	300	385
185	289	371	257	330	343	441	288	368	257	328	343	439
240	335	429	300	384	406	519	332	424	299	381	402	513
300	378	482	340	434	462	590	374	475	338	429	459	583
400	432	545	392	494	538	678	426	534	387	485	530	666

Temperatura máxima do condutor 90°C

Temperatura máxima ao ar livre 30°C

Temperatura máxima do solo 20°C

Profundidade de instalação 0,8m

Resistência térmica do solo 1,5K.m/W

Resistência térmica nos tubos 1,2K.m/W

Modo de ligação das blindagens - Ligação á terra em ambas as extremidade

5.5.3 - Cabos de Alta Tensão

Normas de referência:

CEI 60840; HD 632 S1

Características Principais:

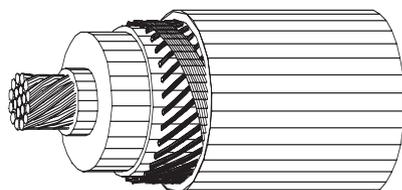
Alma condutora:	Alumínio ou cobre multifilar compactado
Semicondutor interior:	Composto semicondutor extrudido
Isolante:	PEX - Polietileno reticulado ou HEPR - Borracha de etileno propileno de alto módulo de elasticidade
Semicondutor interior:	Composto semicondutor extrudido
Blindagem:	Fios e fita de cobre ou fita de cobre
Bainha exterior:	PVC ou PE (de baixa, média ou alta densidade)

Características de bloqueio á penetração de humidade:

Estanquidade: longitudinal	No condutor e/ou na blindagem, conforme defenido no Capitulo I, parágrafo 1.2.6 Colocada apenas sob encomenda
Estanquidade: transversal	Sob a bainha exterior, por aplicação de fitas metálicas aderentes á bainha exterior Colocada apenas sob encomenda

Tipos de Cabo:

Figura 72 — Cabo monopolar



Nota:

1 - Os quadros 141 ao 145, apresentam as características dimensionais e eléctricas das composições mais simples dos cabos 26/45kV, 36/60kV, 64/110kV, 76/138kV, e 87/150kV. Dadas as particularidades das instalações de Alta Tensão, as intensidades admissíveis não estão indicadas, mas poderão ser fornecidas mediante indicação das condições de instalação.

2 - Nos pontos 5.5.3.1 são apresentados os cabos de 36/60kV adoptados pela EDP - Electricidade de Portugal, incluindo capacidade de transporte nas condições de instalação indicadas MS DMA C33 - 281/N, caractísticas dimensionais e eléctricas.

Quadro 141 - Características Técnicas

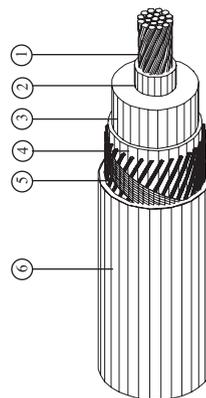
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 26/45 kV

Seção Nominal (mm)	Características Dimensionais						Características Eléctricas									
	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baíha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância Z _{90°C} (Ω/km)		
					Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu	
120		32.0	2.2	41.0	1650	2380	0.253	0.153	0.324	0.195	0.18	0.417	0.131	0.35	0.24	
150		33.3	2.2	42.5	1770	2680	0.206	0.124	0.264	0.158	0.19	0.405	0.127	0.29	0.20	
185		35.4	2.3	44.5	1990	3120	0.164	0.099	0.210	0.126	0.21	0.388	0.122	0.24	0.18	
240		37.5	2.4	47.0	2250	3730	0.125	0.075	0.160	0.096	0.23	0.374	0.117	0.20	0.15	
300	8.5	39.8	2.4	49.0	2540	4370	0.100	0.060	0.128	0.077	0.25	0.360	0.113	0.17	0.14	
400		42.5	2.5	52.0	2890	5240	0.078	0.047	0.100	0.060	0.27	0.347	0.109	0.15	0.12	
500		45.5	2.6	55.5	3320	6410	0.061	0.037	0.078	0.047	0.30	0.335	0.105	0.13	0.12	
630		49.5	2.7	59.5	3880	7820	0.047	0.028	0.060	0.036	0.33	0.322	0.101	0.12	0.11	
800		53.7	2.9	64.0	4640	9590	0.037	0.022	0.047	0.028	0.36	0.311	0.098	0.11	0.10	
1000		57.8	3.0	68.5	5400	11590	0.029	0.018	0.037	0.022	0.40	0.301	0.095	0.10	0.10	

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 142 - Características Técnicas

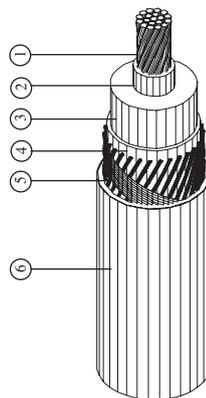
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 36/66 kV

Seção Nominal (mm)	Características Dimensionais					Características Eléctricas									
	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baíha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)	Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância $Z_{90°C}$ (Ω/km)		
					Al	Cu	Al	Cu					Al	Cu	
120		35.0	2.3	44.0	1860	2590	0.253	0.153	0.324	0.195	0.16	0.432	0.136	0.35	0.24
150		36.3	2.3	45.5	1990	2900	0.206	0.124	0.264	0.158	0.17	0.419	0.132	0.30	0.21
185		38.4	2.4	48.0	2220	3340	0.164	0.099	0.210	0.126	0.19	0.402	0.126	0.25	0.18
240		40.5	2.5	50.0	2490	3970	0.125	0.075	0.160	0.096	0.20	0.387	0.122	0.20	0.16
300	10.0	42.8	2.5	52.5	2790	4630	0.100	0.060	0.128	0.077	0.22	0.373	0.117	0.17	0.14
400		45.5	2.6	55.5	3150	5510	0.078	0.047	0.100	0.060	0.24	0.359	0.113	0.15	0.13
500		48.5	2.7	58.5	3610	6700	0.061	0.037	0.078	0.047	0.26	0.346	0.109	0.13	0.12
630		52.5	2.8	62.5	4180	8120	0.047	0.028	0.060	0.036	0.29	0.332	0.104	0.12	0.11
800		56.7	3.0	67.5	4970	9920	0.037	0.022	0.047	0.028	0.32	0.321	0.101	0.11	0.10
1000		60.8	3.1	71.5	5750	11940	0.029	0.018	0.037	0.022	0.35	0.311	0.098	0.10	0.10

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (podrá ser em PE, sob encomenda).

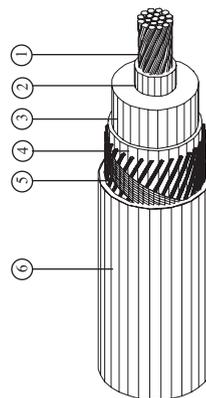


Quadro 143 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 64/110 kV

Seção Nominal (mm)		Características Dimensionais						Características Eléctricas									
		Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baíha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)	Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância Z _{opc} (Ω/km)			
						Al	Cu	Al	Cu					Al	Cu	Al	Cu
240		52.5	63.0	2.9	63.0	3610	5100	0.125	0.075	0.160	0.096	0.15	0.433	0.136	0.21	0.17	
300		54.8	65.0	2.9	65.0	3960	5790	0.100	0.060	0.128	0.077	0.16	0.417	0.131	0.18	0.15	
400		57.5	68.5	3.1	68.5	4410	6770	0.078	0.047	0.100	0.060	0.17	0.401	0.126	0.16	0.14	
500	16.0	60.5	71.5	3.1	71.5	4900	7990	0.061	0.037	0.078	0.047	0.18	0.386	0.121	0.14	0.13	
630		64.5	75.5	3.3	75.5	5590	9530	0.047	0.028	0.060	0.036	0.20	0.370	0.116	0.13	0.12	
800		68.7	80.0	3.4	80.0	6430	11380	0.037	0.022	0.047	0.028	0.22	0.355	0.112	0.12	0.12	
1000		72.8	84.5	3.5	84.5	7300	13490	0.029	0.018	0.037	0.022	0.24	0.344	0.108	0.11	0.11	

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.



Descrição:

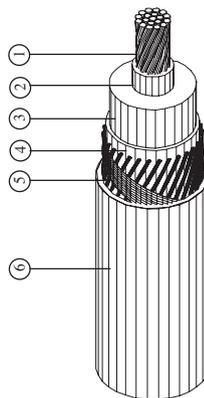
- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).

Quadro 144 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / LXHIOV / XHIV / XHIOV
Tensão - 76/138 kV

Secção Nominal (mm)	Características Dimensionais					Características Eléctricas									
	Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baínha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância Z_{avc} (Ω/km)	
					Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu
240		56.5	3.0	67.0	4030	5520	0.125	0.075	0.160	0.096	0.14	0.446	0.140	0.21	0.17
300		58.8	3.1	69.5	4420	6260	0.100	0.060	0.128	0.077	0.15	0.430	0.135	0.19	0.16
400		61.5	3.2	72.5	4870	7220	0.078	0.047	0.100	0.060	0.16	0.413	0.130	0.16	0.14
500	18.0	64.5	3.3	75.5	5410	8500	0.061	0.037	0.078	0.047	0.17	0.398	0.125	0.15	0.13
630		68.5	3.4	80.0	6090	10030	0.047	0.028	0.060	0.036	0.19	0.381	0.120	0.13	0.12
800		72.7	3.5	84.5	6970	11920	0.037	0.022	0.047	0.028	0.20	0.366	0.115	0.12	0.12
1000		76.8	3.7	89.0	7900	14090	0.029	0.018	0.037	0.022	0.22	0.354	0.111	0.12	0.11

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.



Descrição:

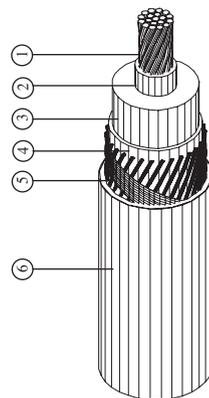
- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).

Quadro 145 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV Tensão - 87/150 kV

Seção Nominal (mm)		Características Dimensionais					Características Eléctricas									
		Espessura Isolação (mm)	Diâmetro sobre Isolação (mm)	Espessura Baíha (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (kg/km)		Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km)		Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km)		Capacidade C (µF/km)	Indutância L (mH/km)	Reatância XL (Ω/km)	Impedância Z _{apc} (Ω/km)	
						Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu				Al	Cu
240		60.5	71.5	3.2	71.5	4510	6000	0.125	0.075	0.160	0.096	0.13	0.458	0.144	0.22	0.17
300		62.8	74.0	3.2	74.0	4890	6730	0.100	0.060	0.128	0.077	0.14	0.441	0.139	0.19	0.16
400		65.5	76.5	3.3	76.5	5350	7710	0.078	0.047	0.100	0.060	0.15	0.425	0.133	0.17	0.15
500	20.0	68.5	80.0	3.4	80.0	5910	9000	0.061	0.037	0.078	0.047	0.16	0.409	0.128	0.15	0.14
630		72.5	84.0	3.5	84.0	6630	10570	0.047	0.028	0.060	0.036	0.17	0.391	0.123	0.14	0.13
800		76.7	88.5	3.7	88.5	7570	12520	0.037	0.022	0.047	0.028	0.19	0.376	0.118	0.13	0.12
1000		80.8	93.0	3.8	93.0	8490	14680	0.029	0.018	0.037	0.022	0.20	0.363	0.114	0.12	0.12

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo juntivo.



Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).

5.5.3.1 - Cabos Isolados de 60kV

As características dos cabos de Alta Tensão são definidas de forma a garantir o cumprimento dos ensaios prescritos na normalização europeia de referência, a CEI 60840 e o HD 632 S1.

As empresas distribuidoras de energia definem as características dos produtos que incorporam as suas redes, sintetizando-as em especificações próprias, definindo:

- As características e composição dos cabos
- As secções normalizadas adoptadas
- As condições de instalação
- Os ensaios a que devem ser submetidos em fábrica
- Os ensaios a realizar após instalação

A título de exemplo, indicamos as características tipo dos cabos isolados de 60kV que a SOLIDAL produz designados por LXHIOLE:

Composição dos cabos LXHIOLE

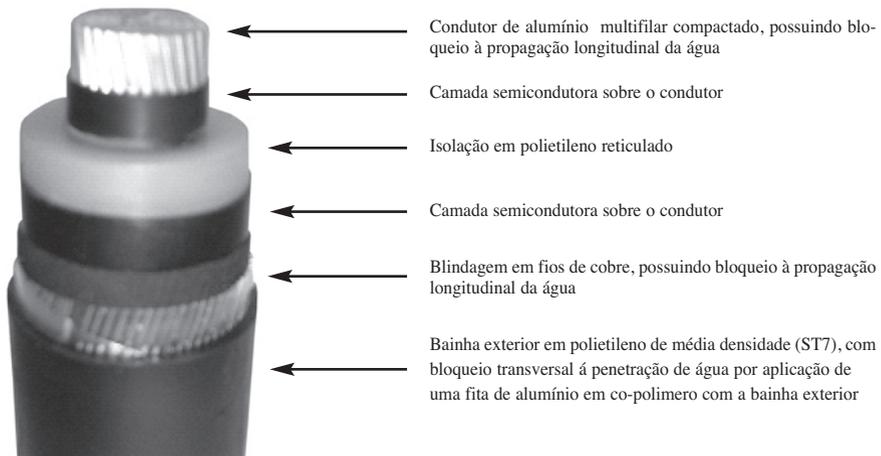


Figura 73 - Cabo Isolado de Alta Tensão

As características de algumas das secções normalizadas são indicadas nos quadros 147 a 149.

A NP 665 (Sistema de designação de cabos eléctricos isolados - ver ponto 1.6 da pág. 58) de Julho de 2006 define que a aplicação do símbolo “(cbe)” a seguir à designação do cabo, identifica cabos com condutor e blindagem estanque, ou seja, que possuem bloqueio á propagação longitudinal da água no condutor e blindagem.

Podem ser utilizadas várias secções de blindagem adequadas à corrente de defeito prevista na instalação. Por exemplo, são definidas as secções de blindagem de 60mm² e 135mm², para as seguintes correntes de defeito monofásico:

- 60mm², para corrente de curto-circuito de 11 kA/0,6s.
- 135mm², para a corrente de curto-circuito de 25 kA/0,6s.

5.5.3.1.1 – Condições de instalação

Dada a variedade de combinações possíveis, a título indicativo, apresentamos no quadro 147 as intensidades nas seguintes condições de instalação:

Cabos directamente enterrados

Tipo de instalação	Cabos enterrados directamente no solo
Profundidade de instalação	1,3 m (ao centro do trevo juntivo)
Resistividade térmica do solo	1,2 °C x m / W
Temperatura máxima do solo á profundidade de instalação	20°C
Arranjo de cada circuito na vala	3 cabos em trevo juntivo
Distância entre centros de circuitos (no caso de dois circuitos trifásicos em operação simultânea)	40 cm - secções de 185 e 400m ² 50 cm - secção de 630 mm ² 70 cm - secção de 1000 mm ²
Modo de ligação das blindagens	Ligação á terra em ambas as extremidades da linha
Sem proximidade com outros cabos e sem travessias	Afastamento a outros circuitos superior a 1,5m
Regime de carga	24 h – 100%
Temperatura de serviço no condutor	90°C

Cabos ao ar livre

Tipo de instalação	Cabos protegidos da exposição solar directa fixados directamente a uma parede
Temperatura ambiente máxima (ao nível do mar)	30°C
Modo de ligação das blindagens	Ligação á terra em ambas as extremidades da linha
Regime de carga	24 h – 100%
Temperatura de serviço no condutor	90°C

5.5.3.1.2 – Capacidade de transporte

A intensidade máxima em regime permanente é condicionada por todos os parâmetros da instalação, pelo que qualquer alteração ás condições de instalação indicadas deverá ser cuidadosamente analisada para verificar o seu efeito na capacidade de transporte dos cabos.

Os valores indicados no quadro 147 baseiam-se nas condições de instalação definidas em 5.5.3.1.1.

As intensidades no quadro 147 são indicadas apenas para o caso da ligação das blindagens á terra nos dois extremos da linha (“Both Ends”).

Dependendo dos cabos e das exigências da instalação poderão ser utilizados casos especiais de ligação de blindagens: permutação de blindagens (“Cross-Bonding”) e ligação á terra num dos extremos da linha (“Single Point”).

Quadro 147 – Capacidade de transporte em regime permanente

Cabo	Cabos directamente enterrados		Cabos ao ar livre a)	
	1 circuito	2 circuitos em operação simultânea	1 circuito	2 circuitos em operação Simultânea
LXHIOLE (cbe) 1x185/60 36/60kV	335	285	428	
LXHIOLE (cbe) 1x400/60 36/60kV	494	417	661	
LXHIOLE (cbe) 1x630/60 36/60kV	636	541	878	
LXHIOLE (cbe) 1x1000/60 36/60kV	789	685	1115	
LXHIOLE (cbe) 1x185/135 36/60kV	331	281	427	
LXHIOLE (cbe) 1x400/135 36/60kV	481	404	652	
LXHIOLE (cbe) 1x630/135 36/60kV	609	516	852	
LXHIOLE (cbe) 1x1000/135 36/60kV	742	642	1059	

a) Para utilização de dois circuitos em operação simultânea a capacidade de transporte ao ar livre não é reduzida desde que:

- O volume de ar e a ventilação natural sejam suficientes para dissipar as perdas térmicas;
- O espaçamento entre ternos de cabos seja superior a 4 x d (sendo do diâmetro exterior do cabo);
- O espaçamento entre cabos seja superior a 2 x d (sendo d o diâmetro exterior do cabo) ou ternos de cabos;

No âmbito do fornecimento de cabos de Alta Tensão a SOLIDAL está disponível para:

- Efectuar o apoio na execução do projecto
- Fornecer os materiais necessários á execução da obra (cabos, acessórios, ...)
- Garantir a execução dos acessórios
- Realizar a supervisão do desenrolamento
- Realizar os ensaios finais

Quadro 148 – Características dimensionais

Secção nominal condutor (mm)	Secção nominal blindagem (mm)	Espessura nominal isolamento (mm)	Diâmetro sobre isolamento (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Peso Aproximado (Kg/Km)	Esforço de tração máximo no condutor da N	Raio de curvatura mínimo durante o desenrolamento
185	60	13	44,9	60	3180	1110	1500
400			52,1	67	4140	2400	1680
630			59,1	74	5180	3780	1850
1000			67,8	82	6700	6000	2050
185	135	13	44,9	62	3920	1110	1550
400			52,1	70	4880	2400	1750
630			59,1	77	5920	3780	1930
1000			67,8	85	7440	6000	2130

Quadro 149 – Características eléctricas

Secção nominal condutor/blindagem (mm ²)	Resistência máxima do condutor 20°C/90°C a 50Hz Ω /Km	Resistência máxima da blindagem 20°C c.c. Ω /Km	Capacidade μ F/Km	Reactância indutiva (trevo juntivo) Ω /Km	Impedância a 90°C Ω /Km	Intensidade de c.c. máxima no condutor kA / 1s	Intensidade de c.c. máxima na blindagem 1,0s / 0,6s kA
185/60	0,164 / 0,2108	0,33	0,16	0,13	0,25	17,4	8,6 / 11,2
400/60	0,0778 / 0,1010		0,20	0,12	0,16	37,6	
630/60	0,0469 / 0,0625		0,23	0,11	0,13	59,2	
1000/60	0,0291 / 0,0413		0,28	0,10	0,11	94,0	
185/135	0,164 / 0,2108	0,14	0,16	0,14	0,25	17,4	19,4 / 25,1
400/135	0,0778 / 0,1010		0,20	0,12	0,16	37,6	
630/135	0,0469 / 0,0625		0,23	0,11	0,13	59,2	
1000/135	0,0291 / 0,0413		0,28	0,10	0,11	94,0	