



## Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas — Especificação

### APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Condutores Elétricos de Alumínio (CE-003:020.001) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), nas reuniões de:

20.06.2023	18.07.2023	
------------	------------	--

a) é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 7270:2009 + Errata 1:2009 + Errata 2:2010, a qual foi tecnicamente revisada, quando aprovado, sendo que, nesse ínterim, a referida norma continua em vigor;

b) não tem valor normativo.

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Analista ABNT – Newton Ferraz.



## Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas — Especificação

*Bare aluminum cables, zinc coated steel-reinforced, for overhead lines — Specification*

### Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 7270 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Condutores Elétricos de Alumínio (CE-003:020.001). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

A ABNT NBR 7270:2023 cancela e substitui a ABNT NBR 7270:2009 + Errata 1:2009 + Errata 2:2010, a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 7270 é o seguinte:

### Scope

*This Standard specifies the requirements on design, qualification and acceptance of aluminum cables, zinc coated-steel reinforced, for overhead lines.*



## Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas — Especificação

### 1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos de projeto, qualificação e aceitação de cabos de alumínio nus com alma de aço zincado (CAA), empregados em linhas aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

### 2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5118, *Fios de alumínio 1 350 nus, de seção circular, para fins elétricos*

ABNT NBR 5426, *Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos*

ABNT NBR 5456, *Eletricidade geral – Terminologia*

ABNT NBR 5471, *Condutores elétricos*

ABNT NBR 6756, *Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga – Especificação*

ABNT NBR 7272, *Condutor elétrico de alumínio – Ruptura e característica dimensional*

ABNT NBR 7302, *Condutores elétricos de alumínio – Tensão-deformação em condutores de alumínio – Método de ensaio*

ABNT NBR 7310, *Armazenamento, transporte e utilização de bobinas com fios, cabos ou cordoalhas de aço*

ABNT NBR 7312, *Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais*

ABNT NBR 11137, *Carretel de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas*

ABNT NBR 15443, *Fios, cabos e condutores elétricos – Verificação dimensional e de massa*

ABNT NBR 15583, *Cordoalhas de fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga – Requisitos e métodos de ensaio*

### 3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5456 e ABNT NBR 5471, e os seguintes.



### 3.1

#### **cordoalha**

produto constituído por fios de aço zincados, encordoados concêntricamente

### 3.2

#### **espula**

carretel destinado a receber os fios componentes do condutor para o processo de encordoamento

### 3.3

#### **lance**

unidade de expedição de comprimento contínuo

### 3.4

#### **quantidade nominal**

quantidade-padrão de fabricação e/ou quantidade que conste na ordem de compra, para cada unidade de expedição

### 3.5

#### **relação de encordoamento**

razão entre o comprimento axial de uma hélice completa de fio encordoado e o diâmetro externo da hélice

### 3.6

#### **unidade de expedição**

unidade constituída por um rolo, uma bobina ou outra forma de acondicionamento

## 4 Requisitos

### 4.1 Material

Os cabos de alumínio nus devem ser constituídos por:

- fios de alumínio 1350 têmpera H19 conforme a ABNT NBR 5118;
- fios de aço zincados conforme a ABNT NBR 6756 ou cordoalha de fios de aço zincados conforme a ABNT NBR 15583.

### 4.2 Fios componentes

**4.2.1** Os fios componentes do cabo, antes do encordoamento, devem atender aos requisitos dimensionais, mecânicos e elétricos especificados nas ABNT NBR 5118, para os fios de alumínio, e ABNT NBR 6756, para os fios de aço zincados. O diâmetro dos fios deve ser verificado de acordo com 7.1.

**4.2.2** Os fios de alumínio, após o encordoamento, devem apresentar limites de resistência à tração no mínimo igual a 95 % dos valores especificados antes do encordoamento e devem conservar as características de ductilidade. Não são requeridas características de alongamento após o encordoamento. O ensaio deve ser realizado de acordo com 7.2.

**4.2.3** Após o encordoamento, os fios de alumínio devem apresentar valor mínimo de condutividade de 61 % IACS a 20 °C. O ensaio deve ser realizado de acordo com 7.3.

**4.2.4** Os fios de aço zincados, após o encordoamento, devem apresentar limite de resistência à tração e tensão a 1 % de alongamento no mínimo iguais a 95 % do valor especificado antes do encordoamento. O alongamento na ruptura em 250 mm pode apresentar uma queda de até 0,5, em valor numérico, do valor especificado antes do encordoamento. As características de ductilidade devem ser mantidas. O ensaio deve ser realizado de acordo com 7.4.



**4.2.5** Os fios de aço zincados, após encordoamento, devem manter as características de massa e aderência da camada de zinco requeridas antes do encordoamento. Para a característica de uniformidade da camada de zinco (*Preece*), é permitida uma redução de 1/2 imersão em relação ao valor especificado antes do encordoamento. O ensaio, quando solicitado, deve ser realizado de acordo com 7.5.

### 4.3 Emendas

**4.3.1** Não são permitidas emendas nos fios de aço zincados.

**4.3.2** Durante o encordoamento, não podem ser feitas emendas nos fios de alumínio com o objetivo de aproveitar espulas contendo sobras de fios.

**4.3.3** Somente são permitidas emendas nos fios de alumínio devido a ocorrências acidentais, durante o processo de encordoamento. As emendas devem conservar a forma geométrica do fio original.

**4.3.4** As emendas nos fios de alumínio, feitas durante o processo de encordoamento, devem estar separadas por mais de 15 m de quaisquer outras emendas. O número máximo de emendas permitidas por lance de cabo deve ser conforme Tabela 1. As emendas devem ser feitas por pressão a frio ou solda elétrica de topo. Nos fios com emendas feitas por solda elétrica de topo, deve ser efetuado tratamento térmico de recozimento até uma distância mínima de 250 mm de cada lado da emenda.

**Tabela 1 – Número total de emendas permitidas por lance de cabo**

Número de coroas de alumínio do cabo	Número total de emendas
1	2
2	3
3	4
4	5

**4.3.5** As emendas feitas por solda elétrica de topo e seguidas de recozimento devem apresentar tensão de ruptura superior a 75 Mpa, e as emendas feitas por pressão a frio devem apresentar tensão de ruptura superior a 130 MPa, não sendo requerido, porém, qualquer requisito quanto à ductilidade.

### 4.4 Acabamento

O cabo não pode apresentar fissuras, rebarbas, estrias, inclusões, falhas de encordoamento ou outros defeitos que comprometam o desempenho do produto.

### 4.5 Designação do cabo

**4.5.1** A seção nominal, a formação e as demais características dos cabos devem estar de acordo com a Tabela 2.

**4.5.2** Quando solicitado pelo comprador, o cabo de alumínio com alma de aço deve ser fornecido com uma proteção de graxa conforme um dos casos previstos no Anexo A.

**4.5.3** Os cabos devem ser designados pela seção nominal de alumínio e aço, pela classe de zincagem do aço. Como referência, a Tabela 2 fornece a bitola e os códigos da *Aluminum Association* aplicáveis para cada cabo, podendo os cabos serem designados por estas referências.



ABNT/CB-003  
PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR 7270  
DEZ 2023

Tabela 2 – Cabos de alumínio com alma de aço zincado (CAA) (continua)

Referência		Seção nominal (Al/Aço) mm <sup>2</sup>	Número de fios × diâmetro dos fios		Diâmetro nominal do cabo mm	Massa nominal			RMC		Resistência elétrica máxima em corrente contínua a 20 °C ohm/km
Código	Bitola (AWG/Kcmil)		Alumínio mm	Aço mm		Alumínio kg/km	Aço kg/km	Total kg/km	Classe 1 (A) kN	Classe 2 (B) kN	
Turkey	6	13,30/2,22	6 x 1,68	1 x 1,68	5,04	36,5	17,3	53,8	5,31	5,16	2,157 0
Thrush	5	16,83/2,81	6 x 1,89	1 x 1,89	5,67	46,2	21,9	68,0	6,65	6,46	1,704 6
Swan	4	21,18/3,53	6 x 2,12	1 x 2,12	6,36	58,1	27,5	85,6	8,30	8,07	1,354 5
Swallow	3	26,69/4,45	6 x 2,38	1 x 2,38	7,14	73,2	34,6	107,9	10,23	9,93	1,074 9
Sparrow	2	33,59/5,60	6 x 2,67	1 x 2,67	8,01	92,2	43,6	135,7	12,65	12,28	0,854 1
Robin	1	42,41/7,07	6 x 3,00	1 x 3,00	9,00	116,4	55,0	171,4	15,85	15,38	0,676 4
Raven	1/0	53,52/8,92	6 x 3,37	1 x 3,37	10,11	146,8	69,4	216,2	19,46	18,86	0,536 0
Quail	2/0	67,33/11,22	6 x 3,78	1 x 3,78	11,34	184,7	87,3	272,0	23,53	22,77	0,426 1
Pigeon	3/0	85,12/14,19	6 x 4,25	1 x 4,25	12,75	233,5	110,4	343,9	29,42	28,47	0,337 0
Penguin	4/0	107,22/17,87	6 x 4,77	1 x 4,77	14,31	294,2	139,0	433,2	37,06	35,85	0,267 6
Waxwing	266,8	134,98/7,50	18 x 3,09	1 x 3,09	15,45	372,2	58,4	430,5	30,52	30,02	0,214 8
Partridge	266,8	134,87/21,99	26 x 2,57	7 x 2,00	16,28	373,7	171,8	545,4	50,11	48,63	0,215
Ostrich	266,8	152,19/24,71	26 x 2,73	7 x 2,12	17,28	421,7	193,0	614,7	56,41	54,75	0,190 4
Merlin	300	170,22/9,46	18 x 3,47	1 x 3,47	17,35	469,3	73,6	542,9	38,49	37,85	0,169 4
Linnet	336,4	170,55/27,83	26 x 2,89	7 x 2,25	18,31	472,5	217,4	689,9	62,91	61,04	0,169 9
Oriole	336,4	170,50/39,78	30 x 2,69	7 x 2,69	18,83	473,5	310,7	784,3	77,26	74,59	0,170 3
Chickadee	397,5	200,93/11,16	18 x 3,77	1 x 3,77	18,85	554,0	86,8	640,8	44,12	43,37	0,143 5
Brant	397,5	201,56/26,13	24 x 3,27	7 x 2,18	19,62	558,4	204,1	762,5	65,10	63,35	0,143 7
Ibis	397,5	201,34/32,73	26 x 3,14	7 x 2,44	19,88	557,8	255,7	813,5	72,42	70,23	0,143 9
Lark	397,5	200,90/46,88	30 x 2,92	7 x 2,92	20,44	558,0	366,2	924,2	90,49	87,34	0,144 6
Pelican	477	242,31/13,46	18 x 4,14	1 x 4,14	20,70	668,1	104,7	772,8	52,30	51,40	0,119 9
Flicker	477	241,58/31,40	24 x 3,58	7 x 2,39	21,49	669,3	245,3	914,6	76,55	74,44	0,119 9
Hawk	477	241,65/39,49	26 x 3,44	7 x 2,68	21,80	669,5	308,5	978,0	87,18	84,53	0,119 9
Hen	477	241,27/56,30	30 x 3,20	7 x 3,20	22,40	670,1	439,8	1109,9	105,61	101,83	0,120 4
Osprey	556,5	282,47/15,69	18 x 4,47	1 x 4,47	22,35	778,8	122,1	900,9	60,97	59,91	0,102 1
Parakeet	556,5	282,31/36,60	24 x 3,87	7 x 2,58	23,22	782,2	285,9	1068,1	88,29	85,84	0,102-6
Dove	556,5	282,59/45,92	26 x 3,72	7 x 2,89	23,55	782,9	358,7	1141,6	100,84	97,76	0,102 5
Eagle	556,5	282,07/65,82	30 x 3,46	7 x 3,46	24,22	783,4	514,1	1297,5	123,47	119,05	0,103 0
Peacock	605	306,13/39,78	24 x 4,03	7 x 2,69	24,19	848,2	310,7	1158,9	95,86	93,18	0,094 6
Squab	605	305,83/49,81	26 x 3,87	7 x 3,01	24,51	847,3	389,1	1236,4	108,14	104,79	0,094 7
Wood Duck	605	307,06/71,65	30 x 3,61	7 x 3,61	25,27	852,8	559,7	1412,5	128,74	123,92	0,094 6
Teal	605	307,06/69,62	30 x 3,61	19 x 2,16	25,24	852,8	544,9	1397,7	133,08	128,55	0,094 6
Duck	605	306,89/39,78	54 x 2,69	7 x 2,69	24,21	852,3	310,7	1163,1	98,87	96,20	0,094 4
Kingbird	636	323,01/17,95	18 x 4,78	1 x 4,78	23,90	890,6	139,7	1030,2	69,73	68,52	0,089 3



ABNT/CB-003  
PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR 7270  
DEZ 2023

Tabela 2 (continuação)

Referência		Seção nominal (Al/Aço) mm <sup>2</sup>	Número de fios × diâmetro dos fios		Diâmetro nominal do cabo mm	Massa nominal			RMC		Resistência elétrica máxima em corrente contínua a 20 °C ohm/km
Código	Bitola (AWG/ Kcmil)		Alumínio mm	Aço mm		Alumínio kg/km	Aço kg/km	Total kg/km	Classe 1 (A) kN	Classe 2 (B) kN	
Rook	636	323,07/41,88	24 x 4,14	7 x 2,76	24,84	895,1	327,1	1222,2	101,04	98,22	0,089 7
Grosbeak	636	321,84/52,49	26 x 3,97	7 x 3,09	25,15	891,7	410,0	1301,7	111,87	108,34	0,090 0
Scoter	636	322,56/75,26	30 x 3,70	7 x 3,70	25,90	895,9	587,9	1483,7	135,23	130,17	0,090 0
Egret	636	322,56/73,54	30 x 3,70	19 x 2,22	25,90	895,9	575,6	1471,4	140,29	135,50	0,090 0
Goose	636	323,07/41,88	54 x 2,76	7 x 2,76	24,84	897,3	327,1	1224,4	104,09	101,27	0,089 7
Flamingo	636	337,27/43,72	24 x 4,23	7 x 2,82	25,38	934,4	341,5	1275,9	105,48	102,54	0,085 9
Gannet	666,6	338,26/54,90	26 x 4,07	7 x 3,16	25,76	937,2	428,8	1366,0	117,26	113,57	0,085 7
Stilt	666,6	363,27/46,88	24 x 4,39	7 x 2,92	26,32	1 006,5	366,2	1372,7	113,35	110,20	0,079 8
Starling	715,5	361,93/59,15	26 x 4,21	7 x 3,28	26,68	1 002,8	462,0	1464,8	125,95	121,98	0,080 0
Redwing	715,5	362,06/82,41	30 x 3,92	19 x 2,35	27,43	1 005,6	645,0	1650,6	153,66	148,29	0,080 2
Cuckoo	715,5	402,33/52,15	24 x 4,62	7 x 3,08	27,72	1 114,7	407,4	1522,0	123,82	120,31	0,072 0
Drake	795	402,56/65,44	26 x 4,44	7 x 3,45	28,11	1 115,3	511,2	1626,5	139,67	135,28	0,072-0
Mallard	795	403,84/91,78	30 x 4,14	19 x 2,48	28,96	1 121,6	718,3	1839,9	171,22	165,25	0,071 9
Tern	795	403,77/27,83	45 x 3,38	7 x 2,25	27,03	1 118,7	217,4	1336,1	98,20	96,33	0,071 8
Condor	795	402,33/52,15	54 x 3,08	7 x 3,08	27,72	1 117,4	407,4	1524,8	125,05	121,55	0,072 0
Ruddy	900	455,50/31,67	45 x 3,59	7 x 2,40	28,74	1 262,0	247,4	1509,4	108,97	106,84	0,063 6
Canary	900	456,28/59,15	54 x 3,28	7 x 3,28	29,52	1 267,2	462,0	1729,3	141,83	137,85	0,063 6
Rail	954	483,84/33,54	45 x 3,70	7 x 2,47	29,61	1 340,5	262,0	1602,5	115,62	113,37	0,059 9
Cardinal	954	484,53/62,81	54 x 3,38	7 x 3,38	30,42	1 345,7	490,6	1836,3	150,61	146,39	0,059 8
Ortolan	1 033,5	523,87/36,31	45 x 3,85	7 x 2,57	30,81	1 451,4	283,6	1735,0	123,28	120,84	0,055 3
Curlew	1 033,5	522,51/67,73	54 x 3,51	7 x 3,51	31,59	1 451,2	529,1	1980,2	162,41	157,86	0,055 4
Bluejay	1 113	565,49/38,90	45 x 4,00	7 x 2,66	31,98	1 566,7	303,9	1870,6	132,71	130,09	0,051 2
Finch	1 113	565,03/71,57	54 x 3,65	19 x 2,19	32,85	1 573,1	560,2	2133,3	174,09	169,43	0,051 5
Bunting	1 192,5	605,76/41,88	45 x 4,14	7 x 2,76	33,12	1 678,3	327,1	2005,4	142,42	139,60	0,047 8
Grackle	1 192,5	602,79/76,89	54 x 3,77	19 x 2,27	33,97	1 678,2	601,8	2280,0	186,38	181,37	0,048 3
Bittern	1 272	644,40/44,66	45 x 4,27	7 x 2,85	34,17	1 785,4	348,8	2134,2	151,63	148,63	0,045 0
Pheasant	1 272	645,08/81,71	54 x 3,90	19 x 2,34	35,10	1 796,0	639,5	2435,5	194,13	188,81	0,045 1
Dipper	1 351	684,24/47,20	45 x 4,40	7 x 2,93	35,19	1 895,7	368,7	2264,4	160,74	157,57	0,042 3
Martin	1 351	685,39/86,67	54 x 4,02	19 x 2,41	36,17	1 908,2	678,3	2586,5	206,08	200,44	0,042 5
Bobolink	1 431	725,27/50,14	45 x 4,53	7 x 3,02	36,24	2 009,4	391,7	2401,1	170,51	167,14	0,039 9
Plover	1 431	726,92/91,78	54 x 4,14	19 x 2,48	37,24	2 023,8	718,3	2742,1	218,40	212,43	0,040 1
Nuthatch	1 510	764,20/52,83	45 x 4,65	7 x 3,10	37,20	2 117,3	412,7	2529,9	177,63	174,08	0,037 9
Parrot	1 510	766,06/97,03	54 x 4,25	19 x 2,55	38,25	2 132,8	759,4	2892,2	230,53	224,21	0,038 0
Lapwing	1 590	807,53/55,60	45 x 4,78	7 x 3,18	38,22	2 237,3	434,3	2671,6	187,44	183,70	0,035 9





ABNT/CB-003  
PROJETO DE REVISÃO ABNT NBR 7270  
DEZ 2023

Tabela 2 (conclusão)

Referência		Seção nominal (Al/Aço) mm2	Número de fios x diâmetro dos fios		Diâmetro nominal do cabo mm	Massa nominal			RMC		Resistência elétrica máxima em corrente contínua a 20 °C ohm/km
Código	Bitola (AWG/Kcmil)		Alumínio mm	Aço mm		Alumínio kg/km	Aço kg/km	Total kg/km	Classe 1 (A) kN	Classe 2 (B) kN	
Falcon	1 590	806,23/102,43	54 x 4,36	19 x 2,62	39,26	2 244,6	801,7	3046,3	242,99	236,32	0,036 1
Chukar	1 780	903,18/73,54	84 x 3,70	19 x 2,22	40,70	2 514,5	575,6	3090,1	226,97	222,18	0,032 2
Bluebird	2 156	1092,84/88,84	84 x 4,07	19 x 2,44	44,76	3 042,6	695,3	3737,9	268,04	262,26	0,026 6
Kiwi	2 167	1099,76/47,52	72 x 4,41	7 x 2,94	44,10	3 061,8	371,2	3433,0	221,71	218,51	0,026 5
Thrasher	2 312	1171,42/63,94	76 x 4,43	19 x 2,07	45,79	3 261,3	500,4	3761,8	251,85	247,69	0,024 9
Grouse	80	40,54/14,12	8 x 2,54	1 x 4,24	9,32	111,8	109,9	221,6	23,10	22,15	0,711 1
Petrel	101,8	51,61/30,10	12 x 2,34	7 x 2,34	11,70	143,0	235,1	378,1	46,20	44,18	0,561 3
Minorca	110,8	56,11/32,73	12 x 2,44	7 x 2,44	12,20	155,5	255,7	411,1	50,24	48,04	0,516 3
Leghorn	134,6	68,20/39,78	12 x 2,69	7 x 2,69	13,45	189,0	310,7	499,7	60,60	57,93	0,424 8
Guinea	159	80,36/46,88	12 x 2,92	7 x 2,92	14,60	222,6	366,2	588,8	71,18	68,03	0,360 5
Dotterel	176,9	89,41/52,15	12 x 3,08	7 x 3,08	15,40	247,7	407,4	655,1	76,84	73,34	0,324 0
Dorking	190,8	96,51/56,30	12 x 3,20	7 x 3,20	16,00	267,4	439,8	707,2	82,96	79,17	0,300 2
Brahma	203	102,79/91,78	16 x 2,86	19 x 2,48	18,12	284,8	718,3	1003,1	126,62	120,65	0,281 8
Cochin	203,2	107,04/62,44	12 x 3,37	7 x 3,37	16,85	296,6	487,7	784,3	92,00	87,81	0,270 7

## 4.6 Encordoamento

4.6.1 A relação de encordoamento nas diferentes coroas deve estar dentro dos limites fornecidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Relação de encordoamento

Número de fios		Fios de aço				Fios de alumínio							
		Coroa de seis fios		Coroa de 12 fios		Primeira coroa (externa)		Segunda coroa		Terceira coroa		Quarta coroa (interna)	
Alumínio	Aço	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
6	1	–	–	–	–	12	14,5	–	–	–	–	–	–
8	1	–	–	–	–	12	14,5	–	–	–	–	–	–
18	1	–	–	–	–	10	13	10	16	–	–	–	–
12	7	18	28	–	–	10	14,5	–	–	–	–	–	–
24	7	18	28	–	–	10	13	10	16	–	–	–	–
26	7	18	28	–	–	10	13	10	16	–	–	–	–
30	7	18	28	–	–	10	13	10	16	–	–	–	–
45	7	18	28	–	–	10	13	10	16	10	17	–	–
54	7	18	28	–	–	10	13	10	16	10	17	–	–
72	7	18	28	–	–	10	13	10	16	10	17	10	17
16	19	18	28	16	24	10	14,5	–	–	–	–	–	–
30	19	18	28	16	24	10	13	10	16	–	–	–	–
54	19	18	28	16	24	10	13	10	16	10	17	–	–
76	19	18	28	16	24	10	13	10	16	10	17	10	17
84	19	18	28	16	24	10	13	10	16	10	17	10	17



**4.6.2** Em todas as construções, as coroas sucessivas devem ter sentidos de encordoamento opostos, sendo o da coroa externa para a direita.

**4.6.3** Nos cabos com coroas múltiplas, a relação de encordoamento de qualquer coroa não pode ser maior que a relação de encordoamento da coroa imediatamente abaixo.

**4.6.4** A cordoalha de aço deve ser pré-formada.

**4.6.5** A verificação do encordoamento deve ser realizada de acordo com 7.6.

#### **4.7 Resistência elétrica máxima em corrente contínua**

**4.7.1** No cálculo da resistência elétrica do cabo completo, a alma de aço não é considerada.

**4.7.2** A resistência elétrica por unidade de comprimento de um cabo encordado é determinada em função do encordoamento. Essa resistência elétrica deve ser determinada conforme a seguinte Equação:

$$R_{cc} = \frac{\rho \cdot 1000 \cdot k}{S_f \cdot N}$$

onde

$R_{cc}$  é a resistência elétrica máxima a 20 °C em corrente contínua, expressa em ohms por quilômetro ( $\Omega/\text{km}$ );

$\rho$  é a resistividade elétrica do fio de alumínio a 20 °C, equivalente a  $0,028\,264\,\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;

$S_f$  é a seção transversal do fio de alumínio, expressa em milímetros quadrados ( $\text{mm}^2$ ), obtida pelo diâmetro nominal do fio;

$N$  é o número de fios de alumínio do cabo;

$k$  é a constante de acréscimo da resistência elétrica devido ao encordoamento, conforme a Tabela 4.

**NOTA** A resistência elétrica máxima em corrente contínua em temperaturas diferentes de 20 °C e a resistência elétrica máxima em corrente alternada a 20 °C ou outra temperatura pode ser calculada conforme metodologia descrita na IEC 60287-1-1, e não existe método de ensaio normalizado para medição dessas resistências.

#### **4.8 Massa nominal**

A massa nominal de qualquer comprimento do cabo é resultante da soma das parcelas correspondentes aos fios de aço e aos fios de alumínio, calculada conforme as ABNT NBR 6756 e ABNT NBR 5118, multiplicando-se pela constante de encordoamento correspondente ao número de fios do cabo, conforme Tabela 4.

**Tabela 4 – Constantes de encordoamento para obtenção da massa e da resistência elétrica ( $k$ ) e fatores para obtenção da RMC do cabo completo**

Número de fios		Constantes de encordoamento para obtenção da massa e da resistência elétrica $k$		Fatores para obtenção da RMC do cabo completo %	
Alumínio	Aço	Alumínio	Aço	Alumínio	Aço
6	1	1,015	1	96	96
8	1	1,02	1	96	96
18	1	1,02	1	93	96
12	7	1,025	1,004	96	96
24	7	1,025	1,004	93	96
26	7	1,025	1,004	93	96
30	7	1,027 5	1,004	93	96
45	7	1,025	1,004	91	96
54	7	1,025	1,004	91	96
72	7	1,03	1,004	90	96
16	19	1,025	1,006	96	93
30	19	1,027 5	1,006	93	93
54	19	1,03	1,006	91	93
76	19	1,03	1,006	90	93
84	19	1,03	1,006	90	93

#### 4.9 Seção transversal do alumínio

A seção transversal efetiva do alumínio não pode apresentar variação superior a  $\pm 2\%$  em relação à seção nominal apresentada na Tabela 2. A determinação da seção transversal efetiva do alumínio deve ser feita de acordo com 7.7.

#### 4.10 Resistência mecânica calculada (RMC)

**4.10.1** A resistência mecânica calculada do cabo completo deve ser tomada como a soma das contribuições do alumínio e do aço, da seguinte maneira:

- a contribuição de resistência mecânica oferecida pelos fios de alumínio deve ser tomada como um percentual, indicado na Tabela 4, da soma das cargas de ruptura dos fios de alumínio, calculadas a partir de seus diâmetros nominais e do limite de resistência à tração (média mínima), conforme a ABNT NBR 5118;
- a contribuição de resistência mecânica oferecida pelos fios de aço deve ser tomada como um percentual, indicado na Tabela 4, da soma das cargas a 1 % de alongamento dos fios de aço, calculadas a partir de seus diâmetros nominais e das tensões mínimas a 1 % de alongamento sob carga, conforme a ABNT NBR 6756.



**4.10.2** O ensaio de ruptura no cabo completo deve ser realizado de acordo com 7.8.

#### **4.11 Engraxamento**

Quando previsto o engraxamento do cabo, deve ser utilizada graxa anticorrosiva, conforme o Anexo A.

### **5 Inspeção e amostragem**

#### **5.1 Condições gerais de inspeção**

**5.1.1** Os ensaios previstos nesta Norma são classificados em:

- a) ensaios de recebimento;
- b) ensaios de tipo.

**5.1.2** Antes de qualquer ensaio, deve ser realizada uma inspeção visual sobre todas as unidades de expedição para a verificação das condições estabelecidas na Seção 8.

#### **5.2 Ensaios de recebimento (R)**

Esses ensaios constituem-se de ensaios de rotina, realizados sobre unidades de expedição (rolos ou bobinas), com a finalidade de demonstrar a integridade do cabo. Os ensaios e verificações de recebimento solicitados nesta Norma são:

- a) ensaios nos fios de alumínio:
  - verificação do diâmetro do fio, conforme 7.1;
  - ensaio de resistência à tração, conforme 7.2;
  - ensaio de alongamento à ruptura, aplicável somente antes do encordoamento, conforme 7.2;
  - ensaio de enrolamento, conforme 7.2;
  - ensaio de condutividade elétrica, conforme 7.3.
- b) ensaios nos fios de aço zincados:
  - verificação do diâmetro do fio, conforme 7.1;
  - ensaio de resistência à tração, conforme 7.4;
  - ensaio de tensão a 1 % de alongamento, conforme 7.4;
  - ensaio de alongamento na ruptura, conforme 7.4;
  - ensaio de enrolamento, conforme 7.4;
  - ensaio de aderência da camada de zinco, conforme 7.5;
  - ensaio da massa da camada de zinco, conforme 7.5;



- ensaio de uniformidade da camada de zinco (*Preece*), conforme 8.5, se previamente requerido pelo comprador.

c) verificação no cabo completo:

- verificação visual;
- verificação das características de encordoamento, conforme 7.6;
- seção transversal do alumínio, conforme 7.7;
- verificação da massa mínima de graxa, se previamente requerida pelo comprador, conforme o Anexo A.

### 5.3 Ensaios de tipo (T)

**5.3.1** Estes ensaios devem ser realizados com a finalidade de demonstrar um comportamento satisfatório do projeto do cabo, para atender à aplicação prevista. São, por isso mesmo, de natureza tal que não precisam ser repetidos, a menos que haja modificação de materiais ou de construção do cabo, que possa vir a modificar o seu desempenho.

**5.3.2** Entende-se por modificação de projeto do cabo, para os objetivos desta Norma, qualquer variação construtiva ou de tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico ou mecânico do cabo. Os ensaios de tipo previstos nesta Norma são:

- a) ensaio de ruptura no cabo completo, conforme 7.8;
- b) ensaio de tensão-deformação, conforme 7.9.

### 5.4 Amostragem

Os ensaios dos fios componentes, previstos em 5.2, podem ser efetuados antes ou após o encordoamento, à opção do comprador, da seguinte maneira:

- a) antes do encordoamento: nesse caso, é aplicável o plano de amostragem estabelecido na ABNT NBR 5118, a menos que outro critério, baseado na ABNT NBR 5426, seja estabelecido entre o comprador e o fabricante por ocasião da encomenda do cabo. Das amostras, devem ser retirados corpos de prova com comprimento suficiente de fio, desprezando-se o primeiro metro da extremidade;
- b) após o encordoamento: nesse caso, bem como para as demais verificações e ensaios previstos em 5.2, é aplicável o plano de amostragem estabelecido na Tabela 5, a menos que outro critério, baseado na ABNT NBR 5426 seja estabelecido entre o comprador e o fabricante por ocasião da encomenda do cabo. A quantidade de fios que deve ser ensaiada para cada cabo é determinada de acordo com o previsto na Tabela 6.



Tabela 5 – Plano de amostragem

Quantidade de unidades que formam o lote	Primeira amostragem			Segunda amostragem		
	Quantidade de unidades a ensaiar	Ac <sub>1</sub>	Re <sub>1</sub>	Quantidade de unidades a ensaiar	Ac <sub>2</sub>	Re <sub>2</sub>
3 a 90	3	0	1	—	—	—
91 a 280	8	0	2	8	1	2
281 a 500	13	0	3	13	3	4
501 a 1 200	20	1	4	20	4	5
<b>Legenda</b> Ac <sub>1</sub> = Aceitação Re <sub>1</sub> = Rejeição Ac <sub>2</sub> = Aceitação Re <sub>2</sub> = Rejeição						

Tabela 6 – Quantidade de fios a retirar de cada cabo para ensaio

Número de fios		Aço			Alumínio			
Alumínio	Aço	Central	Primeira coroa	Segunda coroa	Primeira coroa (externa)	Segunda coroa	Terceira coroa	Quarta coroa (interna)
6	1	1	—	—	2	—	—	—
8	1	1	—	—	2	—	—	—
18	1	1	1	—	2	2	—	—
12	7	1	2	—	2	—	—	—
24	7	1	2	—	2	2	—	—
26	7	1	2	—	2	2	—	—
30	7	1	2	—	3	2	—	—
45	7	1	2	—	3	3	2	—
54	7	1	2	—	3	3	2	—
72	7	1	2	—	4	3	3	2
16	19	1	2	2	3	—	—	—
30	19	1	2	2	3	2	—	—
54	19	1	2	2	3	3	2	—
76	19	1	2	2	5	3	3	2
84	19	1	2	2	5	3	3	2

## 6 Aceitação e rejeição

### 6.1 Inspeção visual

Podem ser rejeitadas, de forma individual, a critério do comprador, as unidades de expedição que não atendam aos requisitos estabelecidas em 4.4 e na Seção 8.



## 6.2 Ensaios de recebimento

**6.2.1** A aceitação ou rejeição do lote deve atender ao seguinte requisito, com relação ao número de amostras que não atenderem aos requisitos especificados, conforme a Tabela 5:

- a) menor ou igual a  $Ac_1$ : o lote deve ser aceito;
- b) igual ou maior que  $Re_1$ : o lote pode ser rejeitado;
- c) maior que  $Ac_1$  e menor que  $Re_1$ : a formação da segunda amostragem é permitida;
- d) menor ou igual a  $Ac_2$ : o lote deve ser aceito;
- e) igual ou maior que  $Re_2$ : o lote pode ser rejeitado.

**6.2.2** Qualquer unidade que tiver sua amostra representativa rejeitada deve ser excluída do lote.

**6.2.3** O fabricante pode recompor um novo lote, submetendo-o a uma nova inspeção, após ter eliminado as unidades de expedição defeituosas.

## 7 Ensaios

### 7.1 Verificação do diâmetro dos fios (R)

As características dimensionais dos fios componentes do cabo, prescritas em 4.2.1, devem ser verificadas conforme a ABNT NBR 15443.

### 7.2 Requisitos mecânicos dos fios de alumínio (R)

Os requisitos mecânicos dos fios de alumínio, prescritos em 4.2.2, devem ser verificados conforme indicado na ABNT NBR 5118.

### 7.3 Condutividade elétrica dos fios de alumínio (R)

**7.3.1** Os requisitos elétricos dos fios de alumínio, prescritos em 4.2.3, devem ser verificados conforme indicado na ABNT NBR 5118.

**7.3.2** Os fios devem estar limpos e as variações de temperatura devem ser corrigidas conforme a Tabela 7 ou pelo fator  $k$  calculado conforme 7.3.4. A medição deve ser feita em temperatura ambiente não inferior a 5 °C nem superior a 40 °C.

**7.3.3** A condutividade em porcentagem do IACS (% IACS) a 20 °C deve ser calculada conforme a seguinte Equação:

$$C\% = \frac{k}{R_{\theta} \cdot m}$$

onde

$C\%$  é a condutividade percentual IACS a 20 °C;

$R_{\theta}$  é a resistência elétrica medida à temperatura  $\theta$ , expressa em grau Celsius (°C);

$m$  é a massa do fio, expressa em gramas por metro (g/m);

$k$  é a constante referida à temperatura  $\theta$ , conforme a Tabela 7 ou 7.3.4, expressa em ohms vezes gramas por metro quadrado ( $\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$ ).

**7.3.4** O valor de  $k$  pode ser calculado pela seguinte equação:

$$k = 0,017\,241 \cdot [1 + 0,004\,03 \cdot (\theta - 20)] \cdot 2,703 \cdot 100$$

onde

$\theta$  é a temperatura ambiente em que a medição foi realizada, expressa em grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Tabela 7 – Constante  $k$  referida à temperatura**

$\theta$ $^{\circ}\text{C}$	$k$ $\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$	$\theta$ $^{\circ}\text{C}$	$k$ $\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$	$\theta$ $^{\circ}\text{C}$	$k$ $\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$
5,0	4,378 5	17,0	4,603 9	29,0	4,829 3
5,5	4,387 9	17,5	4,613 3	29,5	4,838 7
6,0	4,397 3	18,0	4,622 7	30,0	4,848 1
6,5	4,406 7	18,5	4,632 1	30,5	4,857 4
7,0	4,416 1	19,0	4,641 5	31,0	4,866 8
7,5	4,425 5	19,5	4,650 9	31,5	4,876 2
8,0	4,434 9	20,0	4,660 2	32,0	4,885 6
8,5	4,444 3	20,5	4,669 6	32,5	4,895 0
9,0	4,453 7	21,0	4,679 0	33,0	4,904 4
9,5	4,463 0	21,5	4,688 4	33,5	4,913 8
10,0	4,472 4	22,0	4,697 8	34,0	4,923 2
10,5	4,481 8	22,5	4,707 2	34,5	4,932 6
11,0	4,491 2	23,0	4,716 6	35,0	4,942 0
11,5	4,500 6	23,5	4,726 0	35,5	4,951 3
12,0	4,510 0	24,0	4,735 4	36,0	4,960 7
12,5	4,519 4	24,5	4,744 8	36,5	4,970 1
13,0	4,528 8	25,0	4,754 1	37,0	4,979 5
13,5	4,538 2	25,5	4,763 5	37,5	4,988 9
14,0	4,547 6	26,0	4,772 9	38,0	4,998 3
14,5	4,556 9	26,5	4,782 3	38,5	5,007 7
15,0	4,566 3	27,0	4,791 7	39,0	5,017 1
15,5	4,575 7	27,5	4,801 1	39,5	5,026 5
16,0	4,585 1	28,0	4,810 5	40,0	5,035 9
16,5	4,594 5	28,5	4,819 9	—	—





#### 7.4 Requisitos mecânicos dos fios de aço (R)

Os requisitos mecânicos dos fios de aço, prescritos em 4.2.4, devem ser verificados conforme indicado na ABNT NBR 6756.

#### 7.5 Verificação das características da camada de zinco (R)

**7.5.1** Os ensaios de massa e aderência da camada de zinco dos fios de aço, prescritos em 4.2.5, devem ser realizados conforme indicado na ABNT NBR 6756.

**7.5.2** O ensaio de uniformidade da camada de zinco (*Preece*), se previamente requerido pelo comprador, deve ser realizado conforme indicado na ABNT NBR 6756.

#### 7.6 Verificação das características de encordoamento (R)

**7.6.1** As características de encordoamento, prescritas em 4.6.1 a 4.6.3, devem ser verificadas conforme a ABNT NBR 15443.

**7.6.2** A característica de pré-formação da cordoalha de aço, prescrita em 4.6.4, deve ser verificada conforme a ABNT NBR 15583.

#### 7.7 Seção transversal (R)

A seção transversal efetiva do alumínio, prescrita em 4.9, deve ser calculada em função dos diâmetros medidos dos fios de alumínio componentes. O diâmetro dos fios deve ser determinado e o cálculo da seção transversal deve ser realizado conforme a ABNT NBR 15443.

#### 7.8 Ensaio de ruptura do cabo completo (T)

O ensaio de ruptura no cabo completo, prescrito em 4.10.2, deve ser executado conforme a ABNT NBR 7272, considerando:

a) carga de ruptura:

- a carga de ruptura do cabo completo, quando ensaiado conforme a ABNT NBR 7272, não pode ser menor que a RMC, desde que a ruptura se verifique a mais de 25 mm dos terminais de fixação;
- se a ruptura se verificar nos terminais de fixação ou a uma distância menor ou igual a 25 mm desses terminais, a carga de ruptura não pode ser menor que 95 % da RMC.

NOTA Considera-se o cabo rompido quando qualquer de seus fios romper.

b) características dimensionais:

- variação máxima de 2 % no diâmetro sob carga de 30 % da RMC, em relação ao diâmetro sob pré-carga;
- ondulação máxima de 0,6 mm sob carga de 50 % da RMC.

#### 7.9 Ensaio de tensão-deformação (T)

O ensaio de tensão-deformação deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7302.

## 8 Marcação, rotulagem e embalagem

### 8.1 Acondicionamento e fornecimento

**8.1.1** Os cabos devem ser acondicionados de maneira que fiquem protegidos durante o manuseio, o transporte, a armazenagem e a utilização, conforme a ABNT NBR 7310. O acondicionamento pode ser em carretel ou rolo.

**8.1.2** Os cabos devem ser fornecidos em unidades de expedição com comprimento equivalente à quantidade nominal. Quando não especificado diferentemente pelo comprador, cada unidade de expedição deve conter um comprimento contínuo de cabo.

**8.1.3** Para cada unidade de expedição, a incerteza máxima requerida na quantidade efetiva é de  $\pm 1\%$  em comprimento.

**8.1.4** Admite-se, quando não especificado diferentemente pelo comprador, que:

- a) a quantidade efetiva em cada unidade de expedição seja diferente de no máximo  $\pm 5\%$  do comprimento nominal. Para efeitos comerciais, o fabricante deve declarar a quantidade efetiva;
- b) a entrega, de até  $5\%$  da massa da encomenda, seja em lances não inferiores a  $50\%$  do comprimento nominal;
- c) a quantidade total em massa da encomenda possa sofrer uma tolerância de entrega de  $\pm 5\%$ .

**8.1.5** Os carretéis de madeira devem atender aos requisitos da ABNT NBR 11137, e os rolos devem atender aos requisitos da ABNT NBR 7312.

**8.1.6** O Anexo B fornece os dados para as informações de encomenda dos cabos.

### 8.2 Marcação

**8.2.1** Externamente aos rolos, deve ser colocada uma etiqueta contendo no mínimo as seguintes informações, em tinta indelével:

- a) nome do fabricante, CNPJ e país de origem;
- b) tipo de cabo (CAA), número de fios de alumínio  $\times$  diâmetro dos fios de alumínio em milímetros (mm) + número de fios de aço  $\times$  diâmetro dos fios de aço em milímetros (mm), classe de zincagem do aço (1/A ou 2/B) e seção nominal do condutor, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>), podendo ser informado também o código da *Aluminum Association* e/ou bitola (ver Tabela 2);
- c) número desta Norma;
- d) massa líquida, expressa em quilogramas (kg);
- e) comprimento, expresso em metros (m);
- f) identificação para fins de rastreabilidade.

**8.2.2** Externamente aos carretéis, devem ser marcadas, nas duas faces laterais, diretamente sobre o disco ou por meio de etiquetas, em lugar visível, com caracteres legíveis e indelíveis, no mínimo as seguintes informações:

- a) nome do fabricante, CNPJ e país de origem;



- b) tipo de cabo (CAA), número de fios de alumínio  $\times$  diâmetro dos fios de alumínio em milímetros (mm) + número de fios de aço  $\times$  diâmetro dos fios de aço em milímetros (mm), classe de zincagem do aço (1/A ou 2/B) e seção nominal do condutor, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>), podendo ser informado também o código da *Aluminum Association* e/ou bitola (ver Tabela 2);
- c) número desta Norma;
- d) massa líquida, expressa em quilogramas (kg);
- e) massa bruta, expressa em quilogramas (kg);
- f) número de lances e respectivos comprimentos, expressos em metros (m);
- g) seta no sentido de rotação para desenrolar;
- h) identificação para fins de rastreabilidade.

**8.2.3** É facultado ao fabricante incluir o nome comercial do seu produto na marcação das bobinas.

## Anexo A (normativo)

### Engraxamento

#### A.1 Requisitos da graxa

Quando solicitada aplicação de graxa internamente no cabo, a graxa utilizada deve atender aos seguintes requisitos. Estes requisitos não podem ser alterados durante o processo de fabricação:

- a) deve ser quimicamente neutra e inerte ao alumínio e ao zinco;
- b) deve manter as propriedades químicas e físicas dentro dos limites de temperatura de operação e em presença de luz solar;
- c) deve ser repelente à água.

NOTA Recomenda-se que as características complementares da graxa a ser utilizada sejam estabelecidas em comum acordo entre fabricante e comprador.

#### A.2 Método de cálculo da massa mínima de graxa

A massa mínima de graxa contida no cabo deve ser determinada conforme a seguinte Equação.

$$M_g = V_g \cdot 0,7 \cdot P_e$$

onde

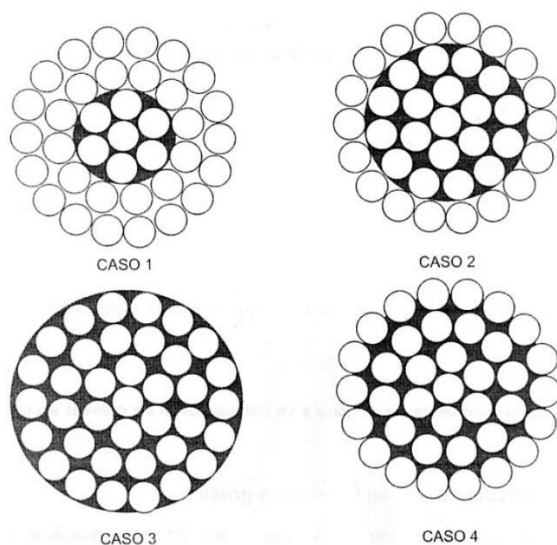
$M_g$  é a massa mínima de graxa, expressa em quilogramas por quilômetro (kg/km);

$V_g$  é o volume dos interstícios, expresso em milímetros cúbicos (mm<sup>3</sup>);

$P_e$  é o peso específico da graxa, expresso em gramas por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>).

O engraxamento previsto pode ser de acordo com um dos casos seguintes, com um preenchimento de no mínimo 70 % dos interstícios do cabo, conforme ilustrado na Figura A.1.

- caso 1: somente a cordoalha (alma) de aço engraxada;
- caso 2: todo o cabo engraxado, com exceção da primeira coroa;
- caso 3: todo o cabo engraxado, inclusive a superfície externa da primeira coroa;
- caso 4: todo o cabo engraxado, com exceção da superfície externa da primeira coroa.



**Figura A.1 – Formas de engraxamento**

O volume dos interstícios que contêm a graxa deve ser calculado da seguinte forma, de acordo com o caso a ser considerado:

Caso 1:  $V_g = \frac{\pi}{4} \cdot (D_s^2 - n_s \cdot d_s^2)$

Caso 2:  $V_g = \frac{\pi}{4} \cdot [(D_o - 2 \cdot d_a)^2 - (n_a - n_o) \cdot d_a^2 - n_s \cdot d_s^2]$

Caso 3:  $V_g = \frac{\pi}{4} \cdot (D_o^2 - n_a \cdot d_a^2 - n_s \cdot d_s^2)$

Caso 4:  $V_g = \frac{n_o \cdot d_a \cdot \sqrt{D_o \cdot D}}{4} - \frac{\pi}{4} \cdot \left[ D^2 + \frac{d_a^2 \cdot (n_o - 2)}{2} \right] + \frac{\pi}{4} \cdot [D^2 - (n_a - n_o) \cdot d_a^2 - n_s \cdot d_s^2]$

onde

$V_g$  é o volume dos interstícios a serem preenchidos de graxa, expresso em milímetros cúbicos (mm<sup>3</sup>);

$D_o$  é o diâmetro externo do cabo, expresso em milímetros (mm);

$D_s$  é o diâmetro externo da alma de aço, expresso em milímetros (mm);

$d_a$  é o diâmetro do fio de alumínio, expresso em milímetros (mm);

$d_s$  é o diâmetro do fio de aço, expresso em milímetros (mm);

$n_a$  é o número de fios de alumínio do cabo;

$n_o$  é o número de fios de alumínio da coroa externa;

$n_s$  é o número de fios de aço da alma.

$D$  é o diâmetro da camada abaixo da camada externa



### **A.3 Método para verificação da massa de graxa**

#### **A.3.1 Aparelhagem**

- a) balança com resolução que permita a determinação da massa com exatidão de 0,01 g;
- b) escala com resolução que permita a determinação de comprimento com exatidão de 1 mm.

#### **A.3.2 Corpos de prova**

Os corpos de prova devem ser retirados das amostras representativas dos lotes a serem ensaiados. Os comprimentos dos corpos de prova devem ter no mínimo 500 mm.

#### **A.3.3 Procedimento**

A massa de graxa deve ser determinada pela diferença entre as massas do cabo engraxado e isento de graxa. Essa massa deve ser expressa em quilogramas por quilômetro.



## **Anexo B** (normativo)

### **Dados para as informações de encomenda dos cabos**

As seguintes informações devem ser indicadas no momento da encomenda dos cabos:

- a) designação do cabo, conforme 4.5;
- b) uniformidade da camada de zinco e/ou engraxamento, quando requerido pelo comprador;
- c) número desta Norma;
- d) quantidade a ser adquirida, expressa em quilogramas (kg) ou metros (m);
- e) número de lances por carretel;
- f) comprimento por lance, expresso em metros (m);
- g) tipo de acondicionamento (rolo ou carretel).





## Anexo C (informativo)

### Módulo de elasticidade final e coeficiente de dilatação linear

Os valores dos módulos de elasticidade final e dos coeficientes de dilatação linear dos cabos de alumínio com alma de aço são fornecidos na Tabela C.1, como informação.

Tabela C.1 – Módulo de elasticidade final e coeficiente de dilatação linear final

Número de fios		Módulo de elasticidade final MPa	Coeficiente de dilatação linear final °C <sup>-1</sup>
Alumínio	Aço		
6	1	79 × 103	19,1 × 10 <sup>-6</sup>
8	1	90 × 103	17,1 × 10 <sup>-6</sup>
18	1	68 × 103	21,2 × 10 <sup>-6</sup>
12	7	104 × 103	15,3 × 10 <sup>-6</sup>
24	7	72 × 103	19,9 × 10 <sup>-6</sup>
26	7	74 × 103	18,9 × 10 <sup>-6</sup>
30	7	78 × 103	17,8 × 10 <sup>-6</sup>
45	7	65 × 103	20,9 × 10 <sup>-6</sup>
54	7	67 × 103	19,4 × 10 <sup>-6</sup>
72	7	64 × 103	21,6 × 10 <sup>-6</sup>
16	19	116 × 103	14,3 × 10 <sup>-6</sup>
30	19	75 × 103	18,0 × 10 <sup>-6</sup>
54	19	70 × 103	19,6 × 10 <sup>-6</sup>
76	19	89 × 103	17,3 × 10 <sup>-6</sup>
84	19	69 × 103	20,5 × 10 <sup>-6</sup>



## Bibliografia

- [1] THE ALUMINUM ASSOCIATION INC., *Code words for overhead aluminum electrical conductors*, 1999
- [2] IEC 60287-1-1, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*



**Projeto ABNT NBR 7270**

**ANEXO DA FOLHA DE TABULAÇÃO**

**Página 2, Subseção 4.1, após alínea b)**

*Adicionar:*

NOTA Caso a temperatura do condutor ultrapasse os 90 °C, o alumínio começa a recozer e a velocidade de recozimento se dá em função de quanto a temperatura a superior a esse limite e durante quanto tempo o condutor foi submetido a essa temperatura, sendo o efeito cumulativo. Recomenda-se utilizar o cabo na temperatura máxima de 75 °C em regime permanente e 90 °C em regime de emergência. Em regime de curto-circuito de duração inferior a 5 s, a temperatura do condutor pode atingir 200 °C. Temperaturas em regime de emergência superiores a 90 °C podem ser adotadas, entretanto o projetista deve considerar o recozimento dos fios de alumínio e conseqüentemente a perda da resistência mecânica.

**Página 3, Subseção 4.3.5, parágrafo único**

*Substituir por:*

As emendas feitas por solda elétrica de topo e seguidas de recozimento devem apresentar tensão de ruptura superior a 75 MPa, e as emendas feitas por pressão a frio devem apresentar tensão de ruptura superior a 130 MPa, não sendo requerido, porém, qualquer requisito quanto à ductilidade.

**Página 3, Subseção 4.5.3, parágrafo único**

*Substituir por:*

Os cabos devem ser designados pela seção nominal de alumínio e aço e pela classe de zincagem do aço. A Tabela 2 fornece as bitolas e os códigos por The Aluminum Association aplicáveis para cada cabo, podendo os cabos serem designados por essas referências.

**Página 4, Tabela 2, 2ª linha, 2ª coluna**

*Substituir por:*

**Bitola** (AWG/kcmil)

**Página 4, Tabela 2, 1ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

**Seção nominal (Al/aço)** mm<sup>2</sup>

**Página 4, Tabela 2, 15ª linha (Ostrich), 2ª coluna**

*Substituir por:*

300



**Página 4, Tabela 2, 16ª linha (Merlin), 2ª coluna**

*Substituir por:*

336,4

**Página 5, Tabela 2, 2ª linha, 2ª coluna**

*Substituir por:*

**Bitola (AWG/kcmil)**

**Página 5, Tabela 2, 1ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

**Seção nominal (Al/aço) mm<sup>2</sup>**

**Página 5, Tabela 2, 8ª linha (Flamingo), 2ª coluna**

*Substituir por:*

666,6

**Página 5, Tabela 2, 10ª linha (Stilt), 2ª coluna**

*Substituir por:*

715,5

**Página 5, Tabela 2, 13ª linha (Cuckoo), 2ª coluna**

*Substituir por:*

795

**Página 6, Tabela 2, 2ª linha, 2ª coluna**

*Substituir por:*

**Bitola (AWG/kcmil)**

**Página 6, Tabela 2, 1ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

**Seção nominal (Al/aço) mm<sup>2</sup>**



**Página 6, Tabela 2, 3ª linha à 16ª linha, 1ª coluna**

*Formatar dados para Itálico.*

**Página 7, Subseção 4.7.2, NOTA**

*Substituir por:*

NOTA A resistência elétrica máxima em corrente contínua em temperaturas diferentes de 20 °C e a resistência elétrica máxima em corrente alternada a 20 °C ou outra temperatura pode ser calculada conforme metodologia descrita na IEC 60287-1-1 considerando também o efeito de magnetização da alma de aço (efeito transformador) para cabos com número ímpar de coroa(s) de fios de alumínio. Não existe método de ensaio normalizado para medição dessas resistências.

**Página 21, Tabela C.1, 3ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$79 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 4ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$90 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 5ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$68 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 6ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$104 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 7ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$72 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 8ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$74 \times 10^3$



**Página 21, Tabela C.1, 9ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$78 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 10ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$65 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 11ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$67 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 3ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$64 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 12ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$116 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 13ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$75 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 14ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$70 \times 10^3$

**Página 21, Tabela C.1, 15ª linha, 3ª coluna**

*Substituir por:*

$89 \times 10^3$



**Página 21, Tabela C.1, 3ª linha, 16ª coluna**

*Substituir por:*

$69 \times 10^3$