

**SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DA DISTRIBUIÇÃO****SUBSISTEMA NORMAS E ESTUDOS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO**

---

CÓDIGO	TÍTULO	FOLHA
E-313.0018	CABO DE ALUMÍNIO NU - CA E CAA	1/31

---

**1. FINALIDADE**

Fixar os desenhos padrões e as exigências mínimas relativas à fabricação e ao recebimento de cabos de alumínio nu – CA e/ou CAA, empregados como condutores em redes aéreas de distribuição e transmissão de energia elétrica da Celesc Distribuição S.A. – Celesc D.

**2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO**

Aplica-se a toda Celesc D, fabricantes, fornecedores de materiais, empreiteiras, empreendedores e demais órgãos usuários.

**3. ASPECTOS LEGAIS**

- a) Norma Brasileira Registrada – ABNT NBR 7270 – Cabos de Alumínio Nus com Alma de Aço Zincado para Linhas Aéreas – Especificação;
- b) ABNT NBR 7271 – Cabos de Alumínio Nus para Linhas Aéreas – Especificação.

Esta Especificação poderá, em qualquer tempo, sofrer alterações no todo ou em partes, por razões de ordem técnica, para melhor atendimento às necessidades do sistema, motivo pelo qual os interessados deverão, periodicamente, consultar a Celesc D quanto às eventuais alterações.

**4. CONCEITOS BÁSICOS****4.1. Cabo de Alumínio CA**

Cabo formado por uma ou mais coroas de fios de alumínio, em torno de um fio central de alumínio.



4.2. Cabo de Alumínio CAA

Cabo formado por uma ou mais coroas de fios de alumínio, em torno de uma alma de aço composta de um ou mais fios.

4.3. Cabo Classe AA

São aqueles utilizados como condutores nus.

4.4. Seção de um Cabo

Soma das áreas das seções transversais dos fios componentes.

4.5. Alma

Fio ou conjunto de fios que formam o núcleo central de um cabo para aumentar sua resistência mecânica.

4.6. Coroa

Conjunto de fios equidistantes do fio central.

4.7. Encordoamento

Disposição helicoidal dos fios que formam um cabo.

4.8. Relação de Encordoamento

Razão entre o comprimento axial de uma hélice completa de um fio encordado e o diâmetro externo da hélice.

4.9. Espula

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



#### 4.10. Bobina

Peça constituída por um fio ou cabo metálico enrolado num carretel.

### 5. DISPOSIÇÕES GERAIS

#### 5.1. Exigências

Quanto às exigências para o material especificado, prevalecerão esta Especificação e as normas da ABNT.

Os casos não previstos nesta Especificação, em que haja necessidade de estudos complementares, deverão ser encaminhados ao Departamento de Engenharia e Planejamento do Sistema Elétrico/Divisão de Engenharia e Normas – DPEP/DVEN.

Para fornecimento, o fabricante deve possuir Certificado de Homologação do Produto – CHP da marca do produto ofertado conforme E-313.0045 e quando solicitado o preenchimento do Anexo 7.3. a ser enviado junto com a proposta comercial.

#### 5.2. Material

Os fios componentes de alumínio dos cabos CA e CAA devem ser de alumínio 1350, têmpera H19, conforme a ABNT NBR 5118.

Os cabos CAA devem possuir reforços (alma) em fios ou cordoalhas de aço, estes podem ser zincados a quente, com zincagem classe 1 ou A, conforme a ABNT NBR 6756 para os fios ou cordoalhas de fio de aço zincado conforme ABNT NBR 15583; ou de aço alumínio com uma condutividade mínima de 15% de IACS e demais características conforme a NBR 15957 para os fios e fios componentes das cordoalhas de fio de aço alumínio.

O limite de resistência à tração e à tensão a 1% de alongamento para os fios de aço alumínio deve ser o mesmo especificado para os fios de aço zincado.

##### 5.2.1. Massa Específica

Para fins de cálculo, a massa específica dos fios de alumínio é considerada como  $2,703 \text{ g/cm}^3$ , e para os fios de aço  $7,780 \text{ g/cm}^3$ , a  $20^\circ\text{C}$ .



### 5.2.2. Resistência Elétrica e Massa

A resistência elétrica e/ou a massa de qualquer comprimento de cabo é obtida multiplicando-se o valor da resistência e/ou da massa de igual comprimento de um fio componente pela constante correspondente ao número de fios do condutor constante na Tabela 1.

Tabela 1: Valores referenciais para a obtenção da resistência elétrica e/ou massa por comprimentos de qualquer condutor

Tipo do Cabo	Número de Fios		Constantes		
			Constantes de encordoamento para obtenção da massa e resistência elétrica k		Resistência Elétrica
	Alumínio	Aço	Alumínio	Aço	
CA	7	-	7,091	-	0,14470
	19	-	19,340	-	0,05357
	37	-	37,740	-	0,02757
	61	-	62,350	-	0,01676
CAA	6	1	6,091	1,000	0,16920
	26	7	26,650	7,032	0,03928

### 5.2.3. Fios de Alumínio Antes do Encordoamento

Os fios de alumínio de têmpera H19, antes do encordoamento, devem atender os requisitos dimensionais, mecânicos e elétricos da ABNT NBR 5118, resumidos na Tabela 2.

Tabela 2: Características físicas dos fios de alumínio antes do encordoamento

Diâmetro Nominal			Resistência à Tração Mínima		Alongamento à ruptura em 250 mm		Resistividade Elétrica máxima a 20°C
(mm)			(MPa)		(% )		(Ohm.mm <sup>2</sup> /m)
Acima de	Até	Tolerância	Média Mínima	Mínima Individual	Média Mínima	Mínima Individual	61% IACS
0,27	1,27	±0,01	172	159	-	-	0,028264
1,27	1,52	±0,03	200	186	1,4	1,2	
1,52	1,78	±0,03	197	186	1,5	1,3	
1,78	2,03	±0,03	193	183	1,6	1,4	
2,03	2,29	±0,03	190	179	1,6	1,5	
2,29	2,54	±0,03	186	176	1,6	1,5	
2,54	2,79	±0,03	179	169	1,6	1,5	
2,79	3,05	±0,03	176	165	1,7	1,6	
3,05	3,56	±1%	172	162	1,8	1,7	
3,56	3,81	±1%	169	162	1,9	1,8	
3,81	4,57	±1%	165	159	2,0	1,9	
4,57	5,33	±1%	165	159	2,1	2,0	
5,33	6,60	±1%	162	155	2,3	2,2	

#### 5.2.4. Fios de Alumínio Após o Encordoamento

Quando submetido ao ensaio de resistência à tração, o fio de alumínio retirado do cabo deve apresentar um valor de tensão de ruptura pelo menos igual a 95% do valor exigido antes do encordoamento. Quanto à ductilidade, o fio deve apresentar as mesmas características de antes do encordoamento.

Deve apresentar valor mínimo de condutividade de 61% IACS a 20°C.

A medição deve ser feita à temperatura ambiente não inferior a 5°C e nem superior a 40°C.

Os fios devem estar limpos e a variação de temperatura deve ser corrigida conforme a tabela, sendo o cálculo da condutividade percentual a 20°C, para condutor de alumínio, feito pela fórmula:

$$C\% = \frac{k}{R_{t^0} \times m}$$



Onde:

C% - condutividade percentual a 20°C

K - constante referida a temperatura t°

Rt° - resistência medida a temperatura t°

m - massa do fio (g/m)

Tabela 3: Constante “k” referida a temperatura “T°”

t° (°C)	K	t° (°C)	K	t° (°C)	K	t° (°C)	K
5,0	4,3785	14,0	4,5476	23,0	4,7166	32,0	4,8856
5,5	4,3879	14,5	4,5569	23,5	4,4726	32,5	4,8950
6,0	4,3986	15,0	4,5663	24,0	4,7354	33,0	4,9044
6,5	4,4067	15,5	4,5757	24,5	4,7448	33,5	4,9138
7,0	4,4161	16,0	4,5851	25,0	4,7541	34,0	4,9232
7,5	4,4255	16,5	4,5945	25,5	4,7635	34,5	4,9326
8,0	4,4349	17,0	4,6039	26,0	4,7729	35,0	4,9419
8,5	4,4443	17,5	4,6133	26,5	4,7823	35,5	4,9513
9,0	4,4536	18,0	4,6227	27,0	4,7917	36,0	4,9607
9,5	4,4630	18,5	4,6321	27,5	4,8011	36,5	4,9701
10,0	4,4724	19,0	4,6415	28,0	4,8105	37,0	4,9795
10,5	4,4818	19,5	4,6508	28,5	4,8199	37,5	4,9889
11,0	4,4912	20,0	4,6602	29,0	4,8293	38,0	4,9983
11,5	4,5006	20,5	4,6696	29,5	4,8387	38,5	5,0077
12,0	4,5100	21,0	4,6790	30,0	4,8480	39,0	5,0171
12,5	4,5194	21,5	4,6884	35,0	4,4574	39,5	5,0265
13,0	4,5288	22,0	4,6978	40,0	4,8668	40,0	5,0359
13,5	4,5382	22,5	4,7072	45,0	4,8762		

### 5.2.5. Fios de Aço Antes do Encordoamento

Os fios de aço, antes do encordoamento, devem ser zincados na classe 1 ou A e atender os requisitos indicados na ABNT NBR 6756, resumidos nas Tabelas 4, 5, 6 e 7.



Tabela 4: Requisitos de zincagem para os fios de aço antes do encordoamento

Diâmetro Nominal		Massa mínima da camada de Zinco	Nº de imersões de 1 min
( mm )		( g/m <sup>2</sup> )	( preece )
acima	até	Classe 1 ou A	Classe 1 ou A
1,24	1,52	185	2
1,52	1,90	200	2
1,90	2,28	215	2
2,28	2,64	230	2½
2,64	3,05	245	3
3,05	3,56	260	3
3,56	4,57	275	3½
4,57	5,50	305	3½

Nota: ½ imersão equivale a uma imersão de 30 segundos.

A camada de zinco deve ter espessura uniforme e deve aderir firmemente ao aço.

A zincagem deverá ser por imersão em banho de zinco em fusão, sendo que as porcentagens máximas de impurezas permissíveis nos lingotes de zinco virgem estão na Tabela 5.

Tabela 5: Teor máximo de impurezas do banho de Zinco

Teor máximo de impurezas	
Chumbo	0,07%
Ferro	0,02%
Cádmio	0,03%
Alumínio	0,005%
Total máximo	0,10%

Os fios de aço alumínio devem possuir condutividade mínima de 15% IACS e devem atender ao especificado nas Tabelas 6 e 7.



Tabela 6: Requisitos mecânicos para os fios de aço

Diâmetro Nominal		Tensão mínima a 1% de alongamento	Limite mínimo de resistência à tração	Alongamento mínimo na ruptura, em 250 mm
(mm)		(MPa)	(MPa)	(%)
acima	até	Classe 1 ou A	Classe 1 ou A	Classe 1 ou A
1,24	2,28	1310	1450	3,0
2,28	3,05	1280	1410	3,5
3,05	3,56	1240	1410	4,0
3,56	5,50	1170	1380	4,0

Tabela 7: Tolerâncias para a dimensão dos diâmetros dos fios de aço

Diâmetro Nominal		Tolerância	
( mm )		( mm )	
acima	até	Para menos	Para mais
1,24	2,28	0,03	0,04
2,28	3,05	0,05	0,05
3,05	3,56	0,05	0,08
3,56	5,50	0,08	0,10

#### 5.2.6. Fios de Aço Após o Encordoamento

Os fios de aço, após o encordoamento, devem apresentar o limite de resistência à tração e à 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.

Os fios devem manter a ductilidade e as características da camada de zinco ou de alumínio exigidas antes do encordoamento.

#### 5.3. Acabamento

O cabo deve apresentar diâmetro uniforme e ter acabamento sem fissuras, rebarbas, asperezas, estrias, inclusões, falhas de encordoamento e outros defeitos que possam afetar seu





desempenho.

#### 5.4. Emendas

Nos cabos com 7 fios, não é permitida qualquer emenda nos fios componentes.

Nos cabos com mais de 7 fios, somente são permitidas emendas nos fios de alumínio rompidos devido a ocorrências acidentais durante o processo de encordoamento.

As emendas devem conservar a forma geométrica do fio original.

As emendas nos fios de alumínio feitas durante o encordoamento devem ser separadas com mais de 15 m de qualquer outra emenda, em qualquer coroa, e são permitidas no máximo 4 por lance do condutor. As emendas devem ser feitas por pressão a frio, solda elétrica de topo ou outro método adequado e que mantenha a qualidade do produto.

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.

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

Nos fios de aço, não são permitidas emendas.

#### 5.5. Resistência Mecânica Calculada – RMC

A resistência mecânica calculada do cabo completo deve ser tomada como a soma das contribuições de todos os fios componentes.

A contribuição de resistência oferecida pelos fios de alumínio deve ser tomada como um percentual da soma das cargas de ruptura dos fios de alumínio, calculadas a partir de seus diâmetros nominais e do limite da resistência à tração, indicados no inciso 5.2.3.

A contribuição de resistência oferecida pelos fios da alma de aço deve ser tomada como um percentual da soma das cargas dos fios de aço, calculadas a partir de seus diâmetros nominais e das tensões mínimas a 1% de alongamento sob carga, conforme indicado no inciso 5.2.5.

O fator para a obtenção da RMC do cabo completo pode ser encontrado na Tabela 8.



Tabela 8: Fatores para a obtenção da RMC do cabo completo

TIPO DO CABO	ENCORDAMENTO		FATOR DE CORREÇÃO	
	NÚMERO DE FIOS		(% )	
	ALUMÍNIO	AÇO	ALUMÍNIO	AÇO
CAA	6	1	96	96
	26	7	93	96
CA	7	-	96	-
	19	-	93	-
	37	-	91	-
	61	-	90	-

#### 5.6. Módulo de Elasticidade Final

Conforme segue:

- a) cabo CA com 7 fios: 60.000 MPa;
- b) cabo CA com 19 e 37 fios: 57.000 MPa;
- c) cabo CA com 61 fios: 55.000 MPa;
- d) cabo CAA com 6/1 fios: 79.000 MPa;
- e) cabo CAA com 26/7 fios: 74.000 MPa;
- f) a tolerância para o módulo de elasticidade é de  $\pm 3.000$  MPa.

#### 5.7. Coefficiente de Dilatação Linear

Conforme segue:

- a) cabo CA (todos):  $23 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ;
- b) cabo CAA com 6/1 fios:  $19,1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ;



- c) cabo CAA com 26/7 fios:  $18,9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

### 5.8. Encordoamento

O cabo deve ser encordoado uniformemente em toda a sua extensão e o sentido do encordoamento nas coroas sucessivas deve ser alternado, sendo o da coroa externa para a direita.

### 5.9. Relação de Encordoamento

A relação de encordoamento dos cabos CA deve ser conforme a Tabela 9 e dos cabos CAA conforme a Tabela 10.

Tabela 9: Relação de encordoamento para cabos CA

Número de Fios do Cabo	Coroa de 6 fios		Coroa de 12 fios		Coroa de 18 fios		Coroa de 24 fios	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
7	10	14						
19	10	16	10	14				
37	10	16	10	16	10	14		
61	10	16	10	16	10	15	10	14

Tabela 10: Relação de encordoamento para cabos CAA

Número de Fios do Cabo	Fios de Alumínio				Fios de Aço	
	Última Coroa		Penúltima Coroa		Coroa de 6 Fios	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
6/1	10	14				
26/7	10	13	10	16	18	28

### 5.10. Seção Transversal

A área calculada da seção transversal de um cabo, em função dos diâmetros medidos dos fios componentes, não pode ser inferior a 98% do valor nominal.



### 5.11. Dimensões e Formação

A formação, as dimensões, a massa nominal, a Resistência Mecânica Calculada – RMC, o raio médio geométrico, a resistência elétrica a 20°C e a capacidade de condução de corrente se encontram no Anexo 7.1.

### 5.12. Acondicionamento e Fornecimento

Os cabos devem ser acondicionados em rolos ou em carretéis conforme a E-141.0001.

Os carretéis de madeira devem atender aos requisitos da ABNT NBR 11137 e a madeira utilizada para a confecção dos carretéis deve atender a ABNT NBR 6236, com durabilidade mínima de 24 meses.

Deve-se proceder à proteção adequada quando a madeira para os carretéis possuir tratamento preservativo a base de cobre.

Para os cabos com seção até 336,4 MCM, inclusive, utilizar os carretéis ou rolos especificados no Anexo 7.2. Para cabos com seção superiores a 336.4 MCM, o fornecimento deve ser realizado com lances médios de entre 2500 e 3500 metros com massa total da bobina não superior a 3500 Kg.

O acondicionamento em rolos deve ser limitado à massa líquida de 40 kg, para movimentação manual.

É permitida uma variação de menos 5% no lance nominal de cabos com seção superior a 2 AWG (35 mm<sup>2</sup>) e menos 10% para o cabo com seção igual ou inferior a 2 AWG (35 mm<sup>2</sup>).

É permitida a entrega de até 10% da massa da encomenda em lances não inferiores a 50% do comprimento nominal.

A quantidade em massa da encomenda indicada no pedido de compra pode sofrer uma tolerância de entrega de menos 2%.

Os carretéis devem ser marcados nas duas faces laterais externas, diretamente sobre o disco ou em plaqueta metálica ou de poliéster branca impressa em preto resistente a radiação ultravioleta e intempéries, com caracteres legíveis e indelévels, com as seguintes indicações:

- a) nome do fabricante e CNPJ;



- b) endereço da fábrica;
- c) indústria brasileira;
- d) tipo de condutor e formação do condutor;
- e) seção do condutor em mm<sup>2</sup> e seção em AWG, diâmetro médio do condutor;
- f) número de lances e comprimento em metros;
- g) massa líquida e bruta em quilogramas;
- h) número de série da bobina para fins de rastreabilidade;
- i) número do documento de compra;
- j) destino (cidade, estado, almoxarifado);
- l) seta indicadora do sentido de desenrolar o cabo;
- m) código do carretel.

As alíneas “d”, “f” e “h” devem, obrigatoriamente, estar gravadas no próprio carretel, independente de constarem na etiqueta de identificação.

Os rolos devem conter uma etiqueta com as indicações acima, exceto as alíneas “h”, “l” e “m”.

Na extremidade da última camada do cabo, deve ser amarrada uma etiqueta indelével com as indicações acima, exceto a alínea “l” para as bobinas e alíneas “h”, “l” e “m” para os rolos.

No caso de bobinas, contendo mais de um lance de fabricação, o ponto correspondente ao fim de um lance e início de outro deve ser indicado com fita, de modo a ficar visível durante a retirada do cabo.



### 5.13. Encomenda do Cabo

No edital de concorrência devem ser especificados:

- a) tipo de cabo;
- b) massa total do fornecimento em quilograma;
- c) comprimento das unidades de expedição em metros;
- d) área do condutor em mm<sup>2</sup> ou seção em AWG;
- e) classe do condutor;
- f) formação (n<sup>o</sup> de fios/diâmetro em milímetro);
- g) tipo de acondicionamento (rolo ou carretel);
- h) classe de zincagem dos fios de aço.

### 5.14. Inspeção

#### 5.14.1. Condições Gerais de Inspeção

O fornecedor tomará todas as providências para que a inspeção dos materiais se realize em condições adequadas, de acordo com as normas recomendadas e com esta Especificação.

Assim, deverá proporcionar todas as facilidades para o livre acesso aos laboratórios, às dependências onde estão sendo fabricados os materiais, ao local de embalagem etc., bem como fornecer pessoal habilitado a prestar informações e executar os ensaios, além de fornecer todos os instrumentos e dispositivos para realizá-los.

A solicitação de inspeção deve ser comunicada com antecedência mínima de 10 dias úteis.

Todos os ensaios previstos nesta Especificação devem ser realizados à custa do fabricante.



A aceitação do material pela Celesc D seja pela comprovação dos valores ou por eventual dispensa da inspeção não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade em fornecer o material em plena concordância com o Pedido de Compra e com esta Especificação, nem invalidará ou comprometerá qualquer reclamação que a Celesc D venha a fazer baseada na existência de material inadequado ou defeituoso.

Por outro lado a rejeição do material em virtude de falhas constatadas através da inspeção, durante os ensaios, ou em virtude da discordância com o Pedido de Compra ou com esta Especificação, não eximirá o fornecedor em fornecê-lo na data de entrega prometida. Se na opinião da Celesc D, a rejeição tornar impraticável a entrega na data prometida ou se tudo indicar que o fornecedor será incapaz de satisfazer os requisitos exigidos, a Celesc D se reserva o direito de rescindir todas as suas obrigações e adquirir o material de outra fonte, sendo o fornecedor considerado como infrator e estando sujeito às penalidades aplicáveis ao caso.

Na inspeção de recebimento no almoxarifado da Celesc D, o material estará sujeito à repetição dos ensaios de recebimento previstos e o custo, neste caso, será por conta da Celesc D.

#### 5.15. Ensaios

Os ensaios previstos nesta Especificação são classificados em:

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

Os ensaios relacionados não invalidam a realização daqueles que o fornecedor julgar necessário para controlar a qualidade do seu produto.

##### 5.15.1. Ensaios de Tipo

Estes ensaios devem ser realizados com a finalidade de demonstrar o satisfatório comportamento do projeto do cabo. Por isso, não precisam ser repetidos, a menos que haja modificação de materiais ou de construção do cabo que possa impactar no seu desempenho.

Após a realização dos ensaios de tipo, deve ser emitido um certificado pelo fabricante ou por entidade reconhecida pelo fabricante e pela Celesc D. Este certificado só é válido se for



aprovado pela Celesc D. A aprovação só pode ser utilizada pelo fabricante, para outros compradores, se a Celesc D autorizar.

Quando os ensaios de tipo, já certificados pelo fabricante, forem solicitados pela Celesc D para um pedido de compra, o seu custo deve ser objeto de acordo comercial.

Os ensaios de tipo previstos nesta Especificação são:

- a) ensaio de tensão-deformação do cabo;
- b) ensaio para determinar o coeficiente de dilatação linear;
- c) ensaio de ruptura do cabo completo.

#### 5.15.2. Ensaio de Recebimento

Os ensaios de recebimento previstos nesta Especificação são:

- a) inspeção visual – verificação dimensional e verificações gerais como: acabamento do cabo e dos fios componentes, verificação da composição, determinação do diâmetro do cabo e dos fios componentes e verificação das características de encordoamento, da massa do cabo e procedência dos lingotes ou vergalhão;
- b) verificação da embalagem e do acondicionamento do cabo;
- c) resistividade e condutividade dos fios de alumínio e fios de aço alumínio;
- d) limite de resistência à tração nos fios componentes;
- e) tensão a 1% de alongamento sob carga dos fios de aço;
- f) ductilidade dos fios de alumínio e aço;
- g) revestimento de zinco dos fios de aço (uniformidade, massa e aderência da camada);
- h) revestimento de alumínio dos fios de aço (uniformidade e aderência da camada).





### 5.15.3. Ensaios Complementares de Recebimento

São ensaios realizados às custas da Celesc D, nas instalações do fornecedor ou em laboratório capacitado, por ocasião do recebimento de cada lote.

O ensaio complementar previsto é o ensaio de tensão-deformação do cabo.

A execução do ensaio fica a critério da Celesc D e deve ser solicitada através do Pedido de Compra.

O pagamento do ensaio por parte da Celesc D estará condicionado à aceitação do lote.

A amostra para a execução do ensaio constitui-se de 3 corpos de prova de comprimento suficiente para a realização do ensaio, retiradas de qualquer unidade do lote e ao inteiro critério do inspetor da Celesc D.

### 5.15.4. Plano de Amostragem

Os ensaios previstos para os fios componentes podem ser efetuados antes ou após o encordoamento.

O tamanho da amostra e os critérios de aceitação e rejeição do lote completo para inspeção geral e ensaios elétricos e mecânicos devem ser de acordo com os subincisos a seguir.

#### 5.15.4.1. Ensaios dos Fios Antes do Encordoamento

No caso de os ensaios serem efetuados antes do encordoamento, deve ser aplicado o plano de amostragem estabelecido na Tabela 11.



Tabela 11: Plano de amostragem dupla normal

TAMANHO DO LOTE	NÍVEL DE INSPEÇÃO II; NQA = 2,5%					
	PRIMEIRA AMOSTRA			SEGUNDA AMOSTRA		
	UNIDADES A ENSAIAR	AC1	RE1	UNIDADES A ENSAIAR	AC2	RE2
02 a 08	2	0	1	-	-	-
09 a 15	3	0	1	-	-	-
16 a 25	5	0	1	-	-	-
26 a 50	8	0	1	-	-	-
51 a 90	8	0	2	1	1	2
91 a 150	13	0	2	1	1	2
151 a 280	20	0	3	3	3	4
281 a 500	32	1	4	4	4	5

AC1 – Número de unidades defeituosas encontradas na primeira amostra que permite aceitar o lote.

RE1 – Número de unidades defeituosas encontradas na primeira amostra que permite rejeitar o lote.

Quando o número de unidades defeituosas estiver entre AC1 e RE1, deve ser ensaiada a segunda amostra de tamanho igual a primeira.

AC2 – Número de unidades defeituosas encontradas na segunda amostra que permite aceitar o lote.

RE2 – Número de unidades defeituosas encontradas na segunda amostra que permite rejeitar o lote.

Os corpos de prova devem ter comprimentos suficientes para a realização do ensaio e deve-se desprezar o primeiro metro da extremidade das amostras.

#### 5.15.4.2. Ensaio Efetuado Após o Encordoamento

No caso de os ensaios serem efetuados após o encordoamento, deve ser aplicado o plano de amostragem definido no subinciso 5.15.4.1. desta Especificação.

A quantidade de fios de cada cabo que deve ser ensaiado é determinada conforme a seguinte Tabela 12:



Tabela 12: Quantidade de fios a retirar para ensaios do cabo CA

Nº de fios	Coroas				
	Central	Coroa de 6 fios	Coroa de 12 fios	Coroa de 18 fios	Coroa de 24 fios
7	1	2			
19	1	2	2		
37	1	1	2	2	
61	1	1	2	2	3

Tabela 13: Quantidade de fios a retirar para ensaios do cabo CAA

Nº de fios	Coroas			
	Aço		Alumínio	
	Central	1ª Coroa	Primeira coroa (externa)	Segunda Coroa
6/1	1-	-	2	-
26/7	1	2	2	2

## 5.16. Descrição dos Ensaios

### 5.16.1. Carga de Ruptura

A carga de ruptura do cabo completo, quando ensaiado conforme a NBR 7272, não pode ser menor que a Resistência Mecânica Calculada – 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 destes, a carga da ruptura não pode ser menor que 95% da resistência mecânica calculada.

Observação:

O cabo é considerado rompido quando qualquer de seus fios se romper.

O condutor completo, quando ensaiado conforme a NBR 7272, deve apresentar variação máxima de 2% no diâmetro, sob carga de 30% da resistência mecânica calculada em relação ao diâmetro de pré-carga e ondulação máxima de 0,6 mm sob carga de 50% da resistência mecânica calculada.



#### 5.16.2. Ensaio de Tensão-Deformação

O ensaio deve ser executado conforme a NBR 7302.

#### 5.16.3. Características Dimensionais

Devem ser observadas as características previstas nos subitens 5.2., 5.8., 5.9. e Anexo 7.1., quando verificadas conforme a NBR 6242.

#### 5.16.4. Características Mecânicas e Elétricas

As características mecânicas e elétricas dos fios de alumínio componentes dos cabos, previstas nos incisos 5.2.3. e 5.2.4., devem ser verificadas conforme indicado na NBR 5118.

Os requisitos mecânicos e as características da camada de zinco dos fios de aço, previstas nos incisos 5.2.5. e 5.2.6., devem ser verificadas conforme a NBR 6756.

#### 5.17. Corpos de Prova

A retirada dos corpos de prova para ensaios de fios antes do encordoamento deve ser feita conforme a NBR 5118.

Para os ensaios de tipo previstos no inciso 5.15.1., devem ser retirados corpos de prova conforme a NBR 7273.

Para os ensaios de recebimento previstos no inciso 5.15.2., deve ser retirado corpo de prova de 3 m em cada bobina ou rolo da amostra, desprezando o primeiro metro inicial.

#### 5.18. Aceitação e Rejeição

É considerado defeituoso o material que não atender a qualquer dos requisitos citados nesta Especificação.

A aceitação e a rejeição do lote devem obedecer ao critério estabelecido no plano de amostragem, com relação ao número de amostras que não satisfizerem os requisitos especificados.

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



O fabricante pode recompor um novo lote e submetê-lo a nova inspeção, após ter eliminado as unidades defeituosas. Em caso de nova rejeição, são aplicadas as cláusulas contratuais pertinentes.

## 6. DISPOSIÇÕES FINAIS

### 6.1. Normas Recomendadas

Na aplicação desta Especificação, poderão ser consultadas as seguintes Normas:

- a) E-141-0001 – Padrão de Embalagens;
- b) E-313.0045 – Certificação de Homologação de Produtos;
- c) NBR 5118 – Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos;
- d) NBR 5456 – Eletricidade geral – Terminologia;
- e) NBR 5471 – Condutores elétricos – Terminologia;
- f) NBR 6236 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos;
- g) NBR 6238 – Ensaio de envelhecimento acelerado para fios e cabos elétricos – Método de Ensaio;
- h) NBR 6242 – Verificação dimensional para fios e cabos elétricos – Método de Ensaio;
- i) NBR 6243 – Choque térmico para fios e cabos elétricos – Método de Ensaio;
- j) NBR 6756 – Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio-liga – Especificação;
- k) NBR 7270 – Cabos de Alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas – Especificação;
- l) NBR 7271 – Cabos de Alumínio nus para linhas aéreas – Especificação;



- m) NBR 7272 – Condutores elétricos de alumínio – Ruptura e característica dimensional – Método de Ensaio;
- n) NBR 7273 – Condutores elétricos de alumínio – Retirada e preparação de corpo de prova para ensaio de tipo – Procedimento;
- o) NBR 7302 – Condutores elétricos de alumínio – Tensão-deformação em condutores de alumínio – Método de Ensaio;
- p) NBR 7310 – Transporte, armazenamento e utilização de bobinas de condutores elétricos em madeira – Padronização;
- q) NBR 7312 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais – Padronização;
- r) NBR 11137 – Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Padronização;
- s) NBR 15583 – Cordoalhas de fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio-liga – Requisitos e métodos de ensaio;
- t) NBR 15957 – Fios de aço revestido de alumínio, para alma e reforço de cabos de alumínio — Especificação.



7. ANEXOS

7.1. Características dos Cabos CA e CAA

7.2. Padrão de Acondicionamento – Rolo e Carretel – Para Distribuição

7.3. Informações a Serem Prestadas com a Proposta

7.4. Cálculo de Queda de Tensão

7.5. Controle de Revisões e Alterações

7.6. Histórico de Revisões



7.1. Características dos Cabos CA e CAA

Seção	Tipo de Cabo	Código Comercial	Reatância	Resistência Elétrica Máxima		Capacidade de Condução de Corrente <sup>(1)</sup> (A)				Código SAP CELESC D
				(ohm/km)		Temp. Ambiente (°C)				
(AWG ou MCM)			(ohm/km)	20 °C	75 °C	25	30	35	40	
4	CA	ROSE	0,3740	1,3606	1,6667	154	146	137	128	5274
	CAA	SWAN	0,4495	1,3545	1,7159	157	148	139	130	5283
2	CA	IRIS	0,3576	0,8567	1,0466	206	195	183	170	5275
	CAA	SPARROW	0,4167	0,8541	1,1089	208	197	185	172	5284
1/0	CA	POPPY	0,3379	0,5369	0,6594	275	261	245	228	5276
	CAA	RAVEN	0,3871	0,5360	0,8891	278	263	247	230	5285
2/0	CA	ASTER	0,3314	0,4267	0,5217	318	301	283	263	5277
	CAA	QUAIL	0,3740	0,4261	0,5807	319	302	284	264	5286
4/0	CA	OXLIP	0,3130	0,2675	0,3281	425	402	378	351	5279
	CAA	PENGUIN	0,3445	0,2676	0,3839	424	401	376	350	5288
336,4	CA	TULIP	0,2913	0,1686	0,2073	570	538	505	469	5280
	CAA	LINNET	0,2802	0,1699	0,2034	577	545	516	479	5292
477	CA	COSMOS	0,2782	0,1192	0,1467	702	663	622	577	5282
	CAA	HAWK	0,2671	0,1199	0,1437	719	679	637	591	5295
636	CA	ORCHID	0,2661	0,0892	0,1102	842	795	746	691	25445
	CAA	GROSBEAK	0,2559	0,0900	0,1079	862	814	763	707	5296
1113	CA	MARIGOLD	0,2444	0,0510	0,0643	1190	1122	1051	974	29511

Notas:

(1) – Valores médios obtidos de cálculos de fabricantes, para as seguintes condições de cálculo:

Emissividade (e): 0,23

Frequência: 60 Hz

Velocidade do Vento: 1 m/s

Temperatura do condutor: 75°C

Radiação Solar: 1000 W/m<sup>2</sup>

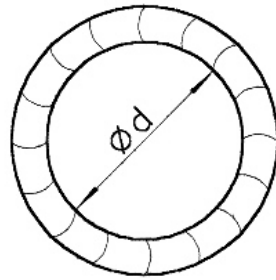




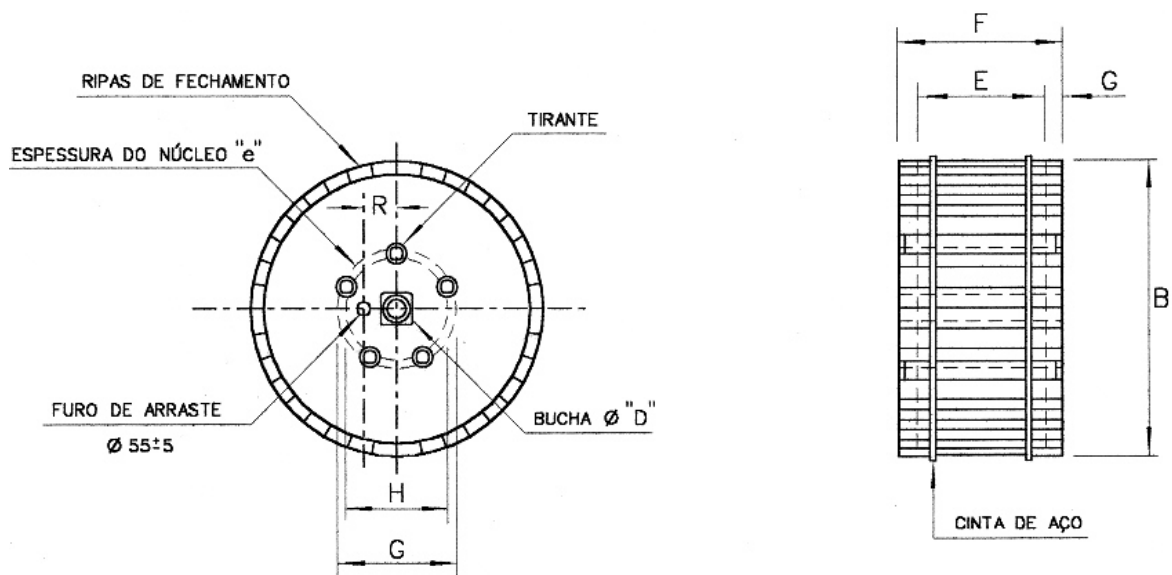
Seção	Tipo de Cabo	Número de Fios		Diâmetro dos Fios		Diâmetros		Seção Nominal	Massa Nominal	RMC	Raio Médio Geométrico a 60Hz
				(mm)		(mm)					
(AWG ou MCM)		Al	Aço	Al	Aço	Cabo Completo	Alma Aço	(mm <sup>2</sup> )	(kg/km)	(kN)	(mm)
4	CA	7	-	1,96	-	5,88	-	21,12	58,2	3,91	2,13
	CAA	6	1	2,12	2,12	6,36	2,12	24,71	85,6	8,30	2,44
2	CA	7	-	2,47	-	7,41	-	33,54	92,5	5,99	2,69
	CAA	6	1	2,67	2,67	8,01	2,67	39,19	135,8	12,65	3,08
1/0	CA	7	-	3,12	-	9,36	-	53,52	147,6	8,84	3,39
	CAA	6	1	3,37	3,37	10,11	3,37	62,44	216,2	19,46	3,88
2/0	CA	7	-	3,50	-	10,50	-	67,35	185,7	11,12	3,81
	CAA	6	1	3,78	3,78	11,34	3,78	78,55	272,0	23,53	4,36
4/0	CA	7	-	4,42	-	13,26	-	107,41	296,1	17,01	4,81
	CAA	6	1	4,77	4,77	14,31	4,77	125,09	433,2	37,06	5,50
336,4	CA	19	-	3,38	-	16,90	-	170,48	470,0	27,27	6,40
	CAA	26	7	2,89	2,25	18,29	6,75	198,38	689,9	62,91	7,42
477	CA	19	-	4,02	-	20,10	-	241,15	664,9	37,01	7,62
	CAA	26	7	3,44	2,68	21,80	8,03	281,14	978,0	87,18	8,84
636	CA	37	-	3,33	-	23,31	-	322,24	888,4	50,44	8,95
	CAA	26	7	3,97	3,09	25,15	9,27	374,33	1301,7	111,90	10,21
1113	CA	61	-	3,43	-	30,87	-	563,65	1554,0	87,25	11,93



7.2. Padrão de Acondicionamento – Rolo e Carretel – Para Distribuição



DIÂMETRO "d" (mm)	155	180	225	300	350	400	500
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



CÓDIGO DO CARRETEL	DIMENSÕES - mm								
	B	C	D	E	F	G	H	R	e
65/25	650	350	83	250	350	50	308	120	20
65/25	650	350	83	450	550	50	308	120	20
80/45	800	350	83	450	550	50	308	120	20
100/60	1000	500	89	600	726	63	430	180	34
125/70	1250	600	89	700	826	63	530	180	34
125/100	1250	600	89	1000	1126	63	530	180	34

Nota: estes carretéis são para os cabos com seção 4 AWG até o 336,4 MCM CA e CAA escolhidos conforme os critérios indicados no subitem 5.12.



7.3. Informações a Serem Prestadas com a Proposta

- a) relação das experiências anteriores no fornecimento de cabos nessa seção;
- b) relação de equipamentos utilizados para os ensaios;
- c) local de realização dos ensaios;
- d) cronograma de fabricação;
- e) curva tensa-deformação;
- f) curva do *Creep*;
- g) o proponente deverá apresentar o formulário do abaixo, devidamente preenchido, juntamente com a proposta.

VALORES GARANTIDOS PELO FABRICANTE

FABRICANTE:

Denominação do Cabo:

1	CARACTERÍSTICA DO CABO		
1.1	Formação (Al/aço)		fios
1.2	Diâmetro		mm
1.3	Seção Transversal		mm <sup>2</sup>
1.4	Carga de Ruptura		daN
1.5	Massa		Kg/km
1.6	Coeficiente de dilatação linear		°C <sup>-1</sup>
1.7	Módulo de elasticidade:		
1.7.1	- inicial		MPa
1.7.2	- final		MPa
1.8	Ensaio de rotina e tipo realizados pelo Fabricante - <b>Listar</b>		

2	CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE ALUMÍNIO		
2.1	Diâmetro		mm
2.2	Seção Transversal		mm <sup>2</sup>
2.3	Massa		Kg/km
2.4	Coeficiente de dilatação linear		°C <sup>-1</sup>
2.5	Massa específica		g/m <sup>3</sup>
2.6	Resistência mecânica:		
2.6.1	- Valor médio		MPa
2.6.2	- Valor mínimo		Mpa
	Resistividade a 20°C		Ohm.mm <sup>2</sup> /m



	Porcentagem mínima de pureza		%
2.7	Ensaio de rotina e tipo realizados pelo Fabricante – Listar		

3	CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO – CAA		
3.1	Tipo de revestimento dos fios:		
3.2	Diâmetro		mm
3.3	Seção Transversal		mm <sup>2</sup>
3.4	Massa		Kg/km
3.5	Coeficiente de dilatação linear		°C <sup>-1</sup>
3.6	Massa específica		g/m <sup>3</sup>
3.7	Resistência mecânica:		
3.7.1	- Valor mínimo		Mpa
3.7.2	- A 1% de alongamento		Mpa
3.8	Alongamento mínimo a ruptura em 250mm		%
3.9	Condutividade		%IACS
3.10	Ensaio de rotina e tipo realizados pelo Fabricante – Listar		

4	CARACTERÍSTICAS DA ZINCAGEM		
4.1	Massa de zinco no revestimento		g/m <sup>2</sup>
4.2	Impurezas no zinco		
4.2.1	- Chumbo		%
4.2.2	- Ferro		%
4.2.3	- Cádmio		%
4.2.4	- Alumínio		%
4.2.5	- Outros especificar		%
4.2.6	- Total		%
4.3	Método utilizado:		

5	GERAL		
5.1	Método utilizado para		
5.1.1	Têmpera:		
5.1.2	Emendas:		
5.2	Comprimento do cabo por bobina		m
5.3	Massa da bobina pronta para transporte		kg
5.4	Normas aplicáveis – Listar		
5.5	Prazo de entrega		dias

Declaramos que garantimos os valores acima informados.

Local e Data

Assinatura responsável

Nota: visar todas as páginas do formulário e demais referentes ao Anexo 7.3.



#### 7.4. Cálculo de Queda de Tensão

$$\Delta U = \frac{k \cdot I \cdot L(R \cdot \cos \varphi + X \cdot \operatorname{sen} \varphi) \cdot 100}{U}$$

Onde:

$\Delta U$  = Queda de Tensão em (%)

$k = 2$  para sistemas Monofásicos

$k = \sqrt{3}$  para sistemas Tifásicos

$I$  = Corrente em (A)

$L$  = Comprimento da linha em (km)

$R$  = Resistência do condutor à temperatura de operação (75°C) em (ohm/km)

$X$  = Reatância Indutiva em (ohm/km)

$\operatorname{Cos} \varphi$  = Fator de potência de carga

$U$  = Tensão nominal da Linha em (V)



## 7.5 Controle de Revisões e Alterações

Tabela A.6 – Histórico das revisões

REVISÃO	RESOLUÇÃO – DATA	ELABORAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
0	DD 50/1989 – 3/4/1989	-	-	-
1	DD 33/1993 – 8/3/1993	-	-	-
2	DD 166/2002 – 26/6/2002	-	-	-
3	DTE 225/2010 – 18/10/2010	APD	GMTK	PNA
4	DDI 84/2015 – 9/9/2015	APD	GMTK	SLC
5	DDI 209/2019 – 30/9/2019	APD	GMTK	ALK



7.6 Histórico de Revisões

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES	RESPONSÁVEL
5ª	Setembro/2019	Geral – revisão de texto e de tópicos para atender o padrão atual de especificação. Subitem 5.2. – introdução do aço alumínio como material para alma Subitem 5.12. – requisitos de acondicionamento para cabos acima de 336,4 MCM.	APD / GMTK / ALK