



# **NORMA TÉCNICA CELG D**

## **Fios e Cabos de Aço Revestidos de Alumínio Especificação**

**NTC-67**

**CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.**

**SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA**

**NTC-67**

**Fios e Cabos de Aço Revestidos  
de Alumínio  
Especificação**


ELABORAÇÃO: Engº Gerson Tertuliano

SUPERVISÃO:



Engº Fabrício Luis Silva  
DT-SNT


APROV:

  
Engº Luiz Flávio N. Rodrigues  
DT-DPTN

APROV:

  
Engº Luiz Fernando de M. Torres  
DT-SPSE

APROV.:

  
Engº Humberto Eustáquio T. Corrêa  
DT

DATA: MAI/11

## ÍNDICE

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	OBJETIVO	1
2.	NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	2
3.	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES	4
4.	CONDIÇÕES GERAIS	5
4.1	Geral	5
4.2	Emendas	5
4.3	Acabamento	5
4.4	Garantia	5
4.5	Acondicionamento	5
4.6	Identificação	7
4.7	Extensão do Fornecimento	7
4.8	Documentos Técnicos a Serem Apresentados Juntamente com a Proposta	7
4.9	Meio Ambiente	8
5.	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS	9
5.1	Material	9
5.2	Características Físicas do Fio de Aço Revestido de Alumínio	9
6.	INSPEÇÃO E ENSAIOS	10
6.1	Generalidades	10
6.2	Ensaio de Rotina/Recebimento	12
6.3	Ensaio de Tipo	12
6.4	Descrição dos Ensaio	13
7.	PLANOS DE AMOSTRAGEM	16
8.	RELATÓRIO DE ENSAIOS	17
ANEXO A	TABELAS	18
TABELA 1	CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO PARA UTILIZAÇÃO COMO CONDUTOR NEUTRO	18
TABELA 2	CARACTERÍSTICAS DO CABO DE AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO PARA UTILIZAÇÃO COMO CABO MENSAGEIRO	18
TABELA 3	CARACTERÍSTICAS DO CABO DE AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO PARA UTILIZAÇÃO COMO ESTAI	18
TABELA 4	TOLERÂNCIAS NOS DIÂMETROS DOS FIOS	18
TABELA 5	PLANO DE AMOSTRAGEM PARA ENSAIOS DE RECEBIMENTO	19
ANEXO B	QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS	20
ANEXO C	COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO	21
ANEXO D	QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES	22

1. **OBJETIVO**

Esta norma estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis para fabricação e recebimento de fios e cabos de aço revestidos de alumínio, nus, para fins elétricos, a serem usados no sistema de distribuição de energia da CELG D.

## 2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os cabos e fios de aço revestidos de alumínio devem satisfazer às exigências desta norma, bem como, de todas as normas técnicas mencionadas abaixo.

ABNT NBR 5426	Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento.
ABNT NBR 5456	Eletricidade geral - Terminologia.
ABNT NBR 5471	Condutores elétricos - Terminologia.
ABNT NBR 6236	Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos - Especificação.
ABNT NBR 6810	Fios e cabos elétricos - Tração a ruptura em componentes metálicos - Método de ensaio.
ABNT NBR 6814	Fios e cabos elétricos - Ensaio de resistência elétrica - Método de ensaio.
ABNT NBR 6815	Fios e cabos elétricos - Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos.
ABNT NBR 7302	Condutores elétricos de alumínio tensão-deformação em condutores de alumínio.
ABNT NBR 7310	Armazenamento, transporte e utilização de bobinas com fios, cabos ou cordoalhas de aço.
ABNT NBR 7311	Carretéis de madeira para cordoalhas de fios de aço zincado - Características dimensionais e estruturais.
ABNT NBR 7312	Rolos de fios e cabos elétricos - Características dimensionais.
ABNT NBR 10711	Fios de aço revestido de alumínio nu, para fins elétricos - Especificação.
ABNT NBR 10712	Cabos de fios de aço revestido de alumínio, nus para linhas aéreas - Especificação.
ABNT NBR 11137	Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos - Dimensões e estruturas - Padronização.
ABNT NBR 15443	Fios, cabos e condutores elétricos - Verificação dimensional e de massa.

ABNT NBR ISO 209 Alumínio e suas ligas - Composição química.

### Notas:

- 1) *Poderão ser utilizadas normas de outras organizações normalizadoras desde que sejam oficialmente reconhecidas pelos governos dos países de origem, assegurem qualidade igual ou superior às mencionadas neste item, não contrariem esta norma e sejam submetidas a uma avaliação prévia por parte da CELG D.*
- 2) *Caso haja opção por outras normas, que não as anteriormente descritas, essas devem figurar, obrigatoriamente, na documentação de licitação. Neste caso, o proponente deverá citar em sua proposta a norma aplicada, e submeter à CELG D cópias da alternativa proposta, indicando claramente os pontos onde as normas propostas desviam das correspondentes da ABNT.*
- 3) *O fornecedor deve disponibilizar, para o inspetor da CELG D, no local da inspeção, todas as normas acima mencionadas, em suas últimas revisões.*

- 4) *Todos os materiais que não são especificamente citados nesta norma, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente dos condutores, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.*
- 5) *Esta norma foi baseada nos seguintes documentos:*

*ABNT NBR 10711 - Fios de aço revestido de alumínio, nu, para fins elétricos - Especificação.*

*ABNT NBR 10712 - Cabos de fios de aço revestido de alumínio, nus, para linhas aéreas - Especificação.*

### 3. **TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES**

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições das normas ABNT, NBR 5456 e NBR 5471, assim como os apresentados na sequência:

#### **Cordoalha**

Produto constituído de fios de aço encordoados concêntricamente.

#### **Espula**

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

#### **Lance**

Parte do material constituído por uma unidade de expedição de comprimento contínuo.

#### **Quantidade Efetiva**

Quantidade contida numa unidade de expedição, determinada por meio de equipamento adequado que garanta a incerteza máxima especificada.

#### **Relação do Passo do Encordoamento**

Relação entre o comprimento axial de uma volta completa da hélice, formada por um fio individual do condutor encordoado, e o diâmetro externo da hélice.

#### **Sentido de Encordoamento**

Sentido, para a direita (horário) ou para a esquerda (anti-horário), segundo o qual os fios, ao passarem pela parte superior da coroa externa do cabo, se afastam de um observador que olhe na direção do eixo do condutor.

#### **Unidade de Expedição**

Unidade constituída por um rolo, uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada entre fabricante e comprador.

## 4. CONDICÕES GERAIS

### 4.1 **Generalidades**

O fornecimento deve atender às prescrições desta norma e, nos pontos em que esta for omissa, prevalecem as normas ABNT NBR 10711 e ABNT NBR 10712.

Juntamente com a proposta, o fabricante deve fornecer os dados relacionados no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas, conforme Anexo B.

### 4.2 **Emendas**

Não são permitidas emendas nos fios acabados.

São permitidas, durante a fabricação do fio, emendas por solda elétrica de topo, desde que feitas até o antepenúltimo passe de trefilação.

O equipamento de solda e a técnica de soldagem devem ser tais que o limite de resistência à tração do fio acabado, contendo a seção soldada, seja igual ou superior a 90% do valor mínimo especificado para a tensão a 1% do alongamento sob carga.

### 4.3 **Acabamento**

A superfície de aço revestida de alumínio não deverá apresentar fissuras, asperezas, escamas, estrias, rebarbas ou inclusões. Deve ainda, estar isenta de qualquer resíduo de óxido, de material estranho e de produtos químicos residuais oriundos de decapagem.

### 4.4 **Garantia**

O período de garantia dos fios e cabos, obedecido ainda o disposto no CFM, será de dezoito meses a partir da data de instalação ou vinte e quatro, a partir da entrega, prevalecendo o prazo referente ao que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento dos fios e cabos.

A garantia deve cobrir a reposição de qualquer fio ou cabo considerado defeituoso devido a eventuais deficiências em seu projeto, matéria-prima ou fabricação, durante a vigência do período desta.

#### Nota:

*O prazo decorrido entre as datas de fabricação e de entrega deve ser inferior a três meses.*

### 4.5 **Acondicionamento**

#### 4.5.1 **Geral**

Os cabos de aço revestidos de alumínio devem ser acondicionados em carretéis de madeira, não retornáveis, com massa não superior a 2000 kg, adequados ao transporte rodoviário, ferroviário ou marítimo, ao armazenamento ao ar livre e às operações de carga e descarga e ao manuseio, de acordo com as normas da ABNT, NBR 7310 e NBR 7311.

O material em contato com o cabo não deverá:

- a) reter umidade;
- b) aderir a ele;
- c) causar contaminação;
- d) provocar corrosão quando armazenado.

O acondicionamento deverá prever proteção plástica com espessura mínima 0,2 mm, apenas sobre o núcleo e os discos laterais do carretel, não devendo ser utilizada entre qualquer camada ou sobre a última camada do cabo.

#### 4.5.2 Comprimento dos Lances

São permitidos até dois lances por carretel, sem qualquer tipo de emenda ou amarração entre si.

Em cada carretel admite-se uma tolerância de mais ou menos 5% no valor do comprimento nominal do lance do cabo informado pelo fornecedor.

É permitida a entrega de até 10% da massa da encomenda, em lances não inferiores a 750 m, contanto que sejam acondicionados em carretéis separados e identificados.

#### 4.5.3 Requisitos Construtivos dos Carretéis

Os carretéis devem estar de acordo com a ABNT NBR 11137 e atender às seguintes exigências:

- a) a madeira da bobina deverá estar de acordo com a ABNT NBR 6236;
- b) o interior da bobina não deverá ter pontas que possam danificar o cabo;
- c) os pregos usados na manufatura dos discos laterais terão suas cabeças embutidas e suas pontas dobradas e devem ser fixados de dentro para fora;
- d) as bobinas serão cobertas por travessas de madeira, reforçadas por fitas de aço;
- e) as extremidades do cabo serão fixadas à bobina a fim de evitar formação de espaços vazios ou movimento do cabo quando a mesma for fechada;
- f) suportar os esforços resultantes das operações usuais de lançamento dos cabos.

**Nota:**

*A madeira utilizada na confecção dos carretéis não deve conter substâncias ou produtos que possam agredir o meio ambiente quando do descarte ou reaproveitamento dos carretéis.*

#### 4.5.4 Requisitos Quanto ao Acondicionamento do Cabo no Carretel

- a) O cabo deve ser bobinado sob tensão mecânica e ter as pontas presas na parte interna ou externa dos carretéis através de grampos de fixação.
- b) Deve haver um espaçamento mínimo de 50 mm entre a camada externa do cabo e as tábuas de cobertura do carretel.
- c) As bordas devem ser marcadas com uma seta a fim de indicar a direção de desenrolamento do cabo.
- d) O fornecedor deverá numerar todas as bobinas e anexar às faturas uma lista descritiva dos conteúdos individuais de cada uma delas.

- e) O fornecedor estrangeiro deve enviar, simultaneamente ao transportador e à CELG D, cópia da lista mencionada na alínea d.

#### 4.6 Identificação

Cada carretel deve ser identificado, de forma legível e indelével, com placas de alumínio marcadas em alto relevo ou em sulco, admitindo-se como opção etiquetas de material polimérico, resistente às intempéries.

As placas ou etiquetas devem ser fixadas no lado externo, em ambos os discos laterais, com pregos do tipo helicoidal e devem conter as seguintes informações:

- nome ou logotipo da CELG D;
- nome ou marca comercial do fabricante;
- mês e ano de fabricação;
- identificação completa do cabo (categoria, diâmetro, área da seção transversal em mm<sup>2</sup>, número de fios, etc.);
- número e comprimento de lances na bobina, em metros;
- massas total e líquida, em kilogramas;
- número de série da bobina;
- número e quaisquer outras informações especificadas no Contrato de Fornecimento de Material (CFM).

#### 4.7 Extensão do Fornecimento

Os itens listados a seguir deverão estar incluídos no fornecimento:

- a) execução e relatórios dos ensaios de rotina e recebimento;
- b) embalagem para transporte;
- c) comprovante da realização de ensaios de tipo e/ou especiais, com validade retroativa de no máximo cinco anos.

#### 4.8 Documentos Técnicos a Serem Apresentados Juntamente com a Proposta

##### 4.8.1 Geral

A proposta somente será considerada quando o fabricante atender, obrigatoriamente, os seguintes requisitos:

- a) ter protótipo aprovado pela CELG D;
- b) apresentar cotação em separado para os ensaios de tipo, especificados no Anexo C;
- c) apresentar o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas total e corretamente preenchido, conforme apresentado no Anexo B;
- d) apresentar os relatórios dos ensaios.

##### **Nota:**

*Os ensaios de tipo devem ter seus resultados devidamente comprovados através de cópias autenticadas dos certificados de ensaios emitidos por órgão oficial ou instituição internacionalmente reconhecida. Tais cópias devem acompanhar a proposta, reservando-se à CELG D, o direito de desconsiderar propostas que não cumprirem este requisito.*

4.8.2 Documentos Complementares:

- a) plano de inspeção e testes;
- b) cronograma de fabricação;
- c) catálogos e outras informações pertinentes.

**4.9 Meio Ambiente**

Em todas as etapas de fabricação, transporte e recebimento dos fios e cabos de aço revestidos de alumínio, devem ser rigorosamente cumpridas as legislações ambientais federal, estaduais e municipais aplicáveis.

O fornecedor é responsável pelo pagamento de multas e pelas ações judiciais decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, que possam incidir sobre a CELG D, quando derivadas de condutas inadequadas do fornecedor e/ou de seus subfornecedores.

## 5. CONDICÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 **Material**

Os fios componentes dos cabos devem ser de aço revestido de alumínio, conforme ABNT NBR 10711, devendo apresentar valor individual mínimo de condutividade 40% IACS, a 20°C, para os cabos apresentados nas Tabelas 1 e 2 e, 16% IACS, a 20°C, para os da Tabela 3.

O fio de aço revestido de alumínio consiste de um núcleo de aço, ao qual encontra-se perfeitamente ligada uma camada uniforme e contínua de alumínio. Após acabado, o referido fio deve atender às propriedades e características determinadas nesta norma.

O aço utilizado deve possuir teor de carbono maior que 0,10 % em peso.

Os fios e cabos de aço revestidos de alumínio devem ser fabricados com têmpera HS.

O alumínio deve ser da classe EC1350 e sua composição química deve atender a ABNT NBR ISO 209.

Os fios de aço revestidos de alumínio, após o encordoamento, devem apresentar como limite mínimo de resistência à tração, 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 ductibilidade devem ser mantidas. Deverá ser realizado o ensaio de verificação dos requisitos mecânicos dos fios de aço revestidos de alumínio.

### 5.2 **Características Físicas do Fio de Aço Revestido de Alumínio**

Os fios de aço revestidos de alumínio devem apresentar as seguintes características a 20°C:

- massa específica:	4,64 g/cm <sup>3</sup>
- coeficiente de dilatação linear:	15,5 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
- resistividade volumétrica:	0,043088 mm <sup>2</sup> Ω/m
- módulo de elasticidade:	109 GPa

## 6. INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 6.1 **Generalidades**

- a) Os fios e cabos revestidos de alumínio deverão ser submetidos à inspeção e ensaios na fábrica, de acordo com esta norma e as da ABNT e IEC aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela CELG D.
- b) A CELG D reserva-se ao direito de inspecionar e testar os materiais utilizados durante o período de sua fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde o material em questão estiver sendo fabricado, fornecendo-lhe as informações desejadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias-primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da CELG D, o seu Plano de Inspeções e Testes, onde devem ser indicados os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias-primas, fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos condutores de aço revestidos de alumínio. O fabricante deve apresentar ainda o Cronograma de Previsão de Ensaio Dia a Dia.
- d) Antes de serem fornecidos os condutores de aço revestidos de alumínio, um protótipo de cada tipo deve ser aprovado, através da realização dos ensaios previstos nos itens 6.2 e 6.3.
- e) Os ensaios para aprovação do protótipo podem ser dispensados parcial ou totalmente, a critério da CELG D, caso já exista um protótipo idêntico aprovado. Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve submeter um relatório completo dos ensaios indicados no item 6.3, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas. A eventual dispensa destes ensaios pela concessionária somente terá validade por escrito. A decisão final, quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipo existentes, será tomada posteriormente pela CELG D, em função da análise dos respectivos relatórios de ensaios. As cópias dos ensaios de tipo devem ser autenticadas.
- f) O fabricante deve dispor de pessoal e aparelhagem, próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios (em caso de contratação de laboratório de terceiros, deverá haver a aprovação prévia da CELG D).
- g) O fabricante deve assegurar ao inspetor da CELG D o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e os equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio. Todas as normas, especificações e desenhos citados como referência devem estar à disposição do inspetor da CELG D no local da inspeção.
- h) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios, etc, devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO, válidos por um período máximo de um ano. Por ocasião da inspeção, o fornecedor deve apresentar ao inspetor da CELG D, estes certificados que devem estar ainda

dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.

- i) A aceitação do lote e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
- não exime o fabricante da responsabilidade de fornecer o material de acordo com os requisitos desta norma;
  - não invalida qualquer reclamação posterior da CELG D a respeito da qualidade do material e/ou fabricação.

Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, o lote pode ser inspecionado e submetido a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta norma, o lote pode ser rejeitado e sua reposição será por conta do fabricante.

- j) Após a inspeção nos condutores de aço revestidos de alumínio, o fabricante deverá encaminhar à CELG D, por lote ensaiado, um relatório completo dos testes efetuados, em uma via, devidamente assinada por ele e pelo inspetor credenciado pela CELG D. O relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos testes e os resultados obtidos.

- k) Todas as unidades do produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a CELG D.

- l) A rejeição do lote, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fornecedor de cumprir as datas de entrega contratadas. Se, na opinião da CELG D, a rejeição tornar impraticável a entrega do material nas datas previstas, ou tornar evidente a incapacidade do fornecedor de atender as exigências técnicas estabelecidas nesta norma, a CELG D se reserva no direito de rescindir todas as suas obrigações e de obter o material de outro fornecedor de acordo com as condições contratuais.

- m) A CELG D poderá, a seu critério, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os materiais estão mantendo as características de projeto pré-estabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.

- n) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.

- o) A CELG D reserva-se ao direito de exigir a repetição de ensaios em lotes já aprovados. Nesse caso as despesas serão de responsabilidade da CELG D, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário, correrão por conta do fabricante.

- p) Os custos da visita do inspetor da CELG D (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante, se:

- na data indicada na solicitação de inspeção o material não estiver pronto;
- o laboratório de ensaio não atender às exigências dos itens 6.1.f até 6.1.h;

- o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
- o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa;
- os ensaios de recebimento forem efetuados fora do território brasileiro.

## 6.2 Ensaios de Rotina/Recebimento

Os ensaios de rotina/recebimento compreendem uma inspeção geral e a verificação das características físicas, elétricas e mecânicas dos condutores.

### 6.2.1 Inspeção Visual

Antes da execução dos demais ensaios, o inspetor da CELG D deverá realizar uma inspeção visual geral dos carretéis amostrados a fim de verificar:

- a) identificação, conforme item 4.6;
- b) existência e condições das emendas, conforme item 4.2;
- c) comprimento do lance parcial de cada carretel, conforme item 4.5.2;
- d) acabamento, conforme item 4.3;
- e) condições construtivas, conforme item 4.5.3;
- f) sentido do encordoamento, horário ou anti-horário.

#### **Nota:**

*A não conformidade do carretel e/ou dos condutores com qualquer um dos requisitos de inspeção visual determinará sua rejeição.*

### 6.2.2 Ensaios nos Fios de Aço Revestidos de Alumínio:

- a) verificação do diâmetro;
- b) resistência à tração;
- c) alongamento na ruptura;
- d) enrolamento (ductibilidade);
- e) torção;
- f) resistividade elétrica;
- g) espessura da camada de alumínio.

### 6.2.3 Ensaios de Verificação da Construção do Cabo:

- a) visual;
- b) características de encordoamento;
- c) seção transversal.

## 6.3 Ensaios de Tipo

Se exigidos, os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratório de instituição oficial ou do próprio fornecedor desde que, nesse último caso, tenha sido previamente homologado pela CELG D.

Devem ser aplicados, em qualquer hipótese, em amostras escolhidas aleatoriamente e retiradas da linha normal de produção pelo inspetor da CELG D ou seu representante legal.

Serem acompanhados, em qualquer hipótese, pelo inspetor da CELG D ou seu representante legal.

De comum acordo com a CELG D, o fornecedor pode substituir a execução de qualquer ensaio de tipo pelo fornecimento do relatório do mesmo ensaio, desde que executado em material idêntico ao ofertado, sob as mesmas condições de ensaio, e desde que atenda aos requisitos desta norma.

Os ensaios de tipo aplicáveis devem ser realizados após os ensaios de rotina e são os que seguem abaixo:

- a) ruptura do cabo completo;
- b) tensão-deformação.

## **6.4 Descrição dos Ensaios**

### **6.4.1 Verificação do Diâmetro do Fio**

A verificação do diâmetro dos fios deve ser feita de acordo com a ABNT NBR 15443 considerando que:

- o diâmetro deve ser a média dos valores medidos a uma distância de 100 mm de uma extremidade do cabo no carretel e distanciados entre si de 500 mm;
- o diâmetro em cada ponto deve ser a média dos valores medidos em uma mesma seção, segundo duas direções perpendiculares entre si;
- os resultados obtidos devem estar de acordo com as Tabelas 1, 2 e 3 obedecendo às tolerâncias apresentadas na Tabela 4.

### **6.4.2 Ensaio de Resistência à Tração, Tensão a 1% de Alongamento e Alongamento na Ruptura**

Os ensaios das características mecânicas dos fios de aço revestidos de alumínio devem ser realizados conforme a ABNT NBR 10711, devendo atender os valores especificados nas Tabelas 1 e 2. O alongamento na ruptura, medido em 250 mm, deve ser no mínimo 1%.

### **6.4.3 Ensaio de Enrolamento**

O fio de aço revestido de alumínio deve ser enrolado ao redor de seu próprio diâmetro, com ou sem uso de mandril, de modo a formar uma hélice de oito voltas, devendo atender ao especificado em norma. A velocidade de enrolamento não pode ser superior a 15 voltas por minuto. O fio não deve apresentar fratura ou evidência de trinca.

### **6.4.4 Ensaio de Torção**

Deve ser realizado conforme ABNT NBR 10711. Após o ensaio, o exame do fio não deve apresentar separação entre o alumínio e o aço.

#### 6.4.5 Ensaio de Resistividade Elétrica

A resistência elétrica do fio de aço revestido de alumínio deve ser medida conforme a ABNT NBR 10711, a uma temperatura não inferior a 10°C, nem superior a 30°C e corrigida para a temperatura de 20°C, com a utilização da fórmula abaixo indicada:

$$R_{20} = R_t \left( \frac{1}{1 + \alpha(t - 20)} \right)$$

Onde:

$t$  = temperatura na qual foi efetuada a medição, em °C.

$R_t$  = resistência a  $t$ °C.

$R_{20}$  = resistência a 20°C.

$\alpha$  = coeficiente de variação da resistência com a temperatura  $0,0040(°C)^{-1}$ .

O valor da resistividade deve ser determinado com o valor da resistência elétrica referido a 20°C, conforme ABNT NBR 6814, devendo atender ao especificado no item 5.2.

#### 6.4.6 Espessura da Camada de Alumínio

A espessura da camada de alumínio deve ser verificada através de medição direta ou com aparelho elétrico adequado, operando sob o princípio da medição da permeabilidade magnética. O valor encontrado não pode ser menor do que 25% do valor nominal do raio do fio.

#### 6.4.7 Verificação da Construção do Cabo

##### a) Encordoamento

As características do encordoamento devem ser verificadas conforme ABNT NBR 15443.

Para o condutor de 7 fios, a relação de encordoamento deve estar contida entre 10 e 16 vezes o diâmetro nominal do cabo.

O passo do encordoamento deve ser determinado efetuando-se duas marcas no mesmo fio condutor, em duas passagens consecutivas dele por um plano tangente ao condutor.

O perfil do cabo deve ser determinado colocando uma folha de papel sobre o condutor e sobre esta uma folha de papel carbono. Na sequência, passar um lápis sobre o carbono e, dessa forma, imprimir no papel uma série de seguimentos. O passo do encordoamento permitirá calcular a relação de encordoamento.

Uma medição do passo em uma coroa do condutor é o comprimento medido entre iguais posições relativas a  $N + 1$  segmentos consecutivos, sendo  $N$  o número de fios da coroa em questão.

Deve-se desconsiderar o comprimento de 10 m de cabo a partir de sua extremidade no carretel e medir o passo de encordoamento e o diâmetro externo em seis posições, a partir do décimo metro, de 500 em 500 mm. Os valores finais devem corresponder às medidas dos valores medidos. O diâmetro externo de cada seção deve ser a média dos valores medidos segundo duas direções.

b) A seção transversal do cabo deve ser determinada conforme a ABNT NBR 15443 e pela fórmula:

$$S = 0,7854d^2n$$

Sendo:

*S* : seção do condutor, em mm<sup>2</sup>;  
*d* : diâmetro do fio componente, em mm;  
*n* : número de fios componentes.

**Nota:**

*O diâmetro (d) deve ser medido utilizando micrômetro centesimal ou instrumento equivalente, a uma distância mínima de 300 mm da extremidade do cabo e ser a média dos valores segundo duas direções perpendiculares entre si.*

#### 6.4.8 Ruptura do Cabo Completo

O ensaio deve ser realizado em corpo de prova completo conforme a ABNT NBR 7272, considerando:

##### a) Carga de Ruptura

A carga de ruptura não deve ser inferior à RMC, desde que a ruptura se verifique a mais de 25 mm das garras de fixação.

Se a ruptura ocorrer nas garras de fixação ou a uma distância menor ou igual a 25 mm destas, a carga de ruptura não deve ser inferior a 95% da RMC.

##### b) Características Dimensionais

Varição máxima de 2% no diâmetro sob carga de 30% da RMC, em relação ao diâmetro de pré-carga.

Ondulação máxima de 0,6 mm sob carga de 50% da RMC.

#### 6.4.9 Tensão-Deformação

Este ensaio deve ser realizado segundo a ABNT NBR 7302 e os resultados mostrados em um gráfico conforme estabelecido na referida norma.

## 7. PLANOS DE AMOSTRAGEM

- a) O plano de amostragem e os critérios de aceitação para os ensaios de rotina e recebimento devem estar de acordo com a Tabela 5, para o regime de inspeção normal, conforme a ABNT NBR 5426.
- b) A comutação do regime de inspeção ou qualquer outra consideração adicional deve ser feita em conformidade com as recomendações da ABNT NBR 5426.
- c) O procedimento para a amostragem deve atender a condição de que em cada carretel devem ser retirados corpos-de-prova do cabo completo, em quantidade e tamanho adequados para a execução de todos os ensaios previstos.
- d) Se um corpo-de-prova for rejeitado em qualquer ensaio, este deve ser repetido em dois outros corpos-de-prova do mesmo carretel. Ocorrendo nova falha, o carretel deve ser considerado defeituoso.
- e) A quantidade total de carretéis defeituosos deve ser levada à Tabela 5, a qual definirá a aceitação ou a rejeição do lote.

## 8. RELATÓRIOS DE ENSAIOS

Os relatórios de ensaios, a serem fornecidos pelo fabricante, devem conter no mínimo, as seguintes informações:

- a) número e identificação das unidades (carretéis) amostradas e ensaiadas, indicando os pontos falhos de cada uma delas;
- b) tamanho do lote (quantidade de carretéis);
- c) relação sucinta dos ensaios efetuados com a indicação das respectivas normas adotadas, bem como, instrumentos, dispositivos, esquemas e circuitos de medição utilizados;
- d) memória dos cálculos efetuados;
- e) todos os resultados obtidos;
- f) identificação do laboratório de ensaio;
- g) nome e ou marca comercial do fabricante;
- h) nome legível e assinatura do inspetor da CELG D e do responsável pelos ensaios;
- i) número do Contrato de Fornecimento de Material (CFM);
- j) data de emissão.

## ANEXO A - TABELAS

### TABELA 1

#### CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO REVESTIDOS DE ALUMÍNIO (PARA UTILIZAÇÃO COMO CONDUTOR NEUTRO)

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro Nominal (mm)	Massa Nominal (kg/km)	Carga Ruptura (kN)	Resistência Elétrica Máxima a 20°C (Ω/km)	Tensão Mínima a 1,5% de Alongamento (MPa)
21,15	5,19	98	8,68	2,038	552
33,63	6,54	156	11,71	1,282	470

### TABELA 2

#### CARACTERÍSTICAS DO CABO DE AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO (PARA UTILIZAÇÃO COMO CABO MENSAGEIRO)

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro Nominal (mm)		N° de Fios	AWG	Massa Nominal (kg/km)	Carga de Ruptura (kN)	Resistência Elétrica Máxima a 20°C (Ω/km)
	Fio	Cabo					
58,57	3,26	9,79	7	2/0	271	26,90	0,736

### TABELA 3

#### CARACTERÍSTICAS DO CABO DE AÇO REVESTIDO DE ALUMÍNIO (PARA UTILIZAÇÃO COMO ESTAI)

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro Nominal (mm)		N° de Fios	Massa Nominal (kg/km)	Carga de Ruptura (kN)	Resistência Elétrica Máxima a 20°C (Ω/km)
	Fio	Cabo				
22,66	2,03	6,35	7	163	21,6	5,0733
38,32	2,64	7,94		276	36,3	2,9997
51,14	3,05	9,53		368	49,0	2,2474

### TABELA 4

#### TOLERÂNCIAS NOS DIÂMETROS DOS FIOS

Diâmetro Nominal do Fio (mm)		Tolerância	
Acima de	Até	Para menos	Para mais
-	2,50	0,04 mm	0,04 mm
2,50	8,50	1,5 %	1,5 %

TABELA 5

## PLANO DE AMOSTRAGEM PARA ENSAIOS DE RECEBIMENTO

Tamanho do Lote (Carretéis)	Amostra		Ac	Re
	Sequência	Tamanho		
Até 50	-	5	0	1
51 a 150	1 <sup>a</sup>	13	0	2
	2 <sup>a</sup>	13	1	2
151 a 280	1 <sup>a</sup>	20	0	3
	2 <sup>a</sup>	20	3	4
281 a 500	1 <sup>a</sup>	32	1	4
	2 <sup>a</sup>	32	4	5
501 a 1200	1 <sup>a</sup>	50	2	5
	2 <sup>a</sup>	50	6	7

**Notas:**

*Especificação do plano de amostragem conforme ABNT NBR 5426.*

- 1) Regime de inspeção normal.*
- 2) Amostragem dupla, nível de inspeção II e nível de qualidade aceitável (NQA) 2,5%.*
- 3) Ac - Número máximo de carretéis defeituosos que ainda permite aceitar o lote.*
- 4) Re - Número mínimo de carretéis defeituosos que implica na rejeição do lote.*
- 5) Se a amostra requerida for maior ou igual ao número de unidades de produto constituintes do lote, efetuar inspeção em cem por cento.*
- 6) Para amostragem dupla o procedimento é o seguinte: ensaiar um número inicial de unidades igual ao da primeira amostra da tabela; se o número de unidades defeituosas encontradas estiver compreendido entre Ac e Re (excluindo esses valores) deve ser ensaiada a segunda amostra. O total de unidades defeituosas, após ensaiadas as duas amostras, deve ser igual ou inferior ao maior Ac especificado.*

## ANEXO B

### QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS

Nome do Fabricante: \_\_\_\_\_

Número da Licitação: \_\_\_\_\_

Número da Proposta: \_\_\_\_\_

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADES
1	Descrição do condutor	
2	Material	
3	Número de fios do condutor	
4	Diâmetro do fio	mm
5	Seção nominal do fio	mm <sup>2</sup>
6	Diâmetro do condutor	mm
7	Seção do condutor	mm <sup>2</sup>
8	Massa da camada de alumínio	g/m <sup>2</sup>
9	Número de lances x comprimento em m, no carretel	
10	Resistência do fio a 20°C	Ω/m
11	Coefficiente de dilatação linear	°C <sup>-1</sup>
12	Módulo de elasticidade	GPa
13	Condutividade	%IACS
14	Limite de resistência à tração	daN
15	Massa específica a 20°C	g /cm <sup>3</sup>
16	Carga de ruptura do cabo	kN
17	Relação do passo do encordoamento	
18	Proteção adicional contra corrosão	
19	Sentido do encordoamento	

**Notas:**

- 1) O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.
- 2) Se o fabricante submeter propostas alternativas, cada uma delas deve ser submetida com o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas específico e claramente preenchido; sendo que, cada quadro deve ser devidamente marcado para indicar a qual proposta pertence.
- 3) Erro no preenchimento do quadro poderá ser motivo para desclassificação.
- 4) Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.
- 5) O fabricante deve garantir que a performance e as características dos materiais a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.

---

**ANEXO C****COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO**

Nome do Fabricante: \_\_\_\_\_  
Número da Licitação: \_\_\_\_\_  
Número da Proposta: \_\_\_\_\_

<b>ITEM</b>	<b>ENSAIO</b>	<b>PREÇO</b>
1	Ruptura do cabo completo	
2	Tensão-deformação do cabo	

**ANEXO D****QUADRO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES**

Nome do Fabricante: \_\_\_\_\_

Número da Licitação: \_\_\_\_\_

Número da Proposta: \_\_\_\_\_

A documentação técnica de licitação será integralmente aceita, à exceção dos seguintes itens.

REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO SUCINTA DOS DESVIOS E EXCEÇÕES