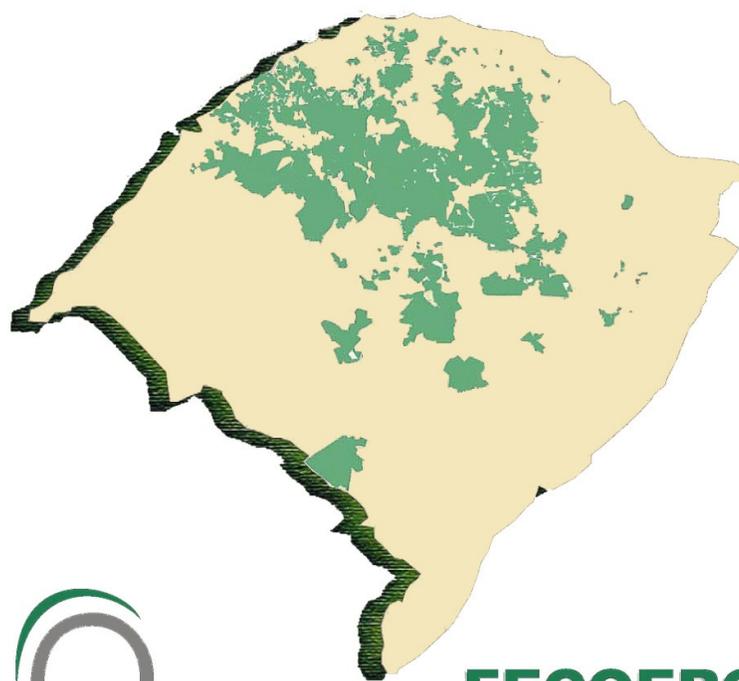


# ETD 007.01.61

## CABOS COBERTOS



**FECOERGS**  
Padronização

Projeto: Setembro de 2010

Palavras Chave: Condutor, Rede de Distribuição, Rede Compacta.

**Cooperativas Filiadas a FECOERGS:**



**CELETRO**  
– Cachoeira do Sul –



**CERFOX**  
– Fontoura Xavier –



**CERILUZ**  
– Ijuí –



**CERMISSÕES**  
– Caibaté –



**CERTAJA**  
– Taquari –



**CERTEL**  
– Teutônia –



**CERTHIL**  
– Três de Maio –



**CERVALE**  
– Santa Maria –



**COOPERLUZ**  
– Santa Rosa –



**COOPERNORTE**  
– Viamão –



**COOPERSUL**  
– Bagé –



**COPREL**  
– Ibirubá –



**COSEL**  
– Encruzilhada do Sul –



**CRELUZ**  
– Pinhal –



**CREAL**  
– Erechim –

Esta Norma tem por objetivo estabelecer as condições mínimas exigíveis para o fornecimento do material em referência a ser utilizado nas Redes Aéreas de Distribuição Urbanas e Rurais das regiões de atuação das Cooperativas filiadas ao Sistema FECOERGS.

Elaboração:

Vilson Luiz Coelho	Engenheiro, CREA-SC 010.932-1	Power Engenharia Ltda.
Mílvio Rodrigues de Lima	Engenheiro, CREA-SC 6727	Power Engenharia Ltda.

Aprovação:

Herton Azzolin	Engenheiro, CREA-RS 124.865	COPREL
Marcos Luiz Eidt	Engenheiro, CREA-RS 050.703	COPREL
Francisco Carlos S. de Oliveira	Engenheiro, CREA-RS 048.270	CERTEL
Ederson P. Madruga	Engenheiro, CREA-RS 096.167	CERTAJA
Eleandro Luis M. da Silva	Técnico, CREA-RS 127.488	CERTAJA
Luis Osorio M. Dornelles	Engenheiro, CREA-RS 128.117	FECOERGS
Leandro André Hoerlle	Economista, CORECON-RS 7.585	FECOERGS
Sérgio Silvello	Engenheiro, CREA-RS 73.802	CERILUZ

## Sumário

<b>1. Objetivo</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Âmbito de Aplicação</b> .....	<b>1</b>
<b>3. Documentos de Referência</b> .....	<b>1</b>
<b>4. Condições Gerais</b> .....	<b>3</b>
4.1. Definições .....	3
4.1.1. Cabo Coberto .....	3
4.1.2. Unidade de Expedição .....	3
4.1.3. Comprimento Nominal .....	3
4.1.4. Quantidade Efetiva .....	3
4.1.5. Lance .....	3
4.1.6. Relação de Encordoamento .....	3
4.1.7. Rede Compacta .....	3
4.2. Inovação Tecnológica .....	3
4.3. Meio Ambiente .....	3
4.4. Condições de Operação .....	4
4.4.1. Condições Ambientais .....	4
4.4.2. Condições em regime permanente .....	4
4.4.3. Condições em regime de sobrecarga .....	4
4.4.4. Condições em regime de curto-circuito .....	4
4.5. Identificação .....	4
4.6. Acabamento .....	5
4.7. Instalação .....	5
<b>5. Condições Específicas</b> .....	<b>5</b>
5.1. Características Construtivas .....	5
5.1.1. Dimensões .....	5
5.1.2. Material .....	5
5.1.3. Características Mecânicas .....	6
5.2. Características Elétricas .....	6
<b>6. Condições de Fornecimento</b> .....	<b>6</b>
6.1. Homologação .....	6
6.2. Acondicionamento .....	7
6.3. Garantia .....	8
<b>7. Inspeção e Ensaios</b> .....	<b>8</b>
7.1. Generalidades .....	8
7.2. Classificação dos ensaios .....	8
7.2.1. Ensaios de Tipo .....	9
7.2.2. Ensaios de Recebimento .....	9
7.2.3. Ensaios Complementares .....	9
7.3. Metodologia dos Ensaios .....	9
7.3.1. Inspeção Geral .....	9
7.3.2. Verificação Dimensional .....	10
7.3.3. Ensaio de Resistência Elétrica .....	10
7.3.4. Ensaio de Tensão Elétrica Aplicada ao Cabo .....	10
7.3.5. Ensaio de Resistência de Isolamento .....	10
7.3.6. Ensaio de Tensão Elétrica Aplicada à Cobertura .....	11
7.3.7. Ensaio de Resistência ao Trilhamento Elétrico .....	12
7.3.8. Ensaio de Resistência à Abrasão .....	14
7.3.9. Ensaio de Tração de Ruptura .....	14

7.3.10. Ensaio de Resistência à Penetração Longitudinal de Água .....	14
7.3.11. Verificação da Temperatura de Fusão e de Oxidação do Material da Cobertura .....	15
7.3.12. Verificação da Aderência da Cobertura .....	15
7.3.13. Ensaio Mecânicos do Material da Cobertura Antes e Após Envelhecimento Artificial em Câmara UV .....	16
7.3.14. Verificação dos Requisitos Físicos do Material da Cobertura .....	16
7.3.15. Determinação da Permissividade Relativa .....	17
7.3.16. Verificação da Compatibilidade do Material de Bloqueio com Conexões Elétricas.....	17
7.3.17. Ensaio para Determinação do Coeficiente por Graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) .....	17
7.4. Relatórios de Ensaio .....	17
7.5. Planos de Amostragem .....	18
7.5.1. Ensaio de Tipo ou Complementares .....	18
7.5.2. Ensaio de Recebimento .....	18
7.5.3. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaio de Tipo e Complementares .....	19
7.5.4. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaio de Recebimento.....	19
<b>8. Desenhos .....</b>	<b>21</b>
8.1. Padrão C-06: Cabos Cobertos .....	21
8.2. Dispositivo para Ensaio de Abrasão .....	23
8.3. Detalhe para o Ensaio de Aderência da Cobertura .....	24

## 1. Objetivo

Esta especificação fixa as exigências mínimas para fabricação, aquisição e recebimento de cabos cobertos a serem utilizados nas redes aéreas compactas de distribuição de energia elétrica de até 24,2kV.

## 2. Âmbito de Aplicação

Aplica-se às cooperativas de eletrificação pertencentes ao Sistema FECOERGS e respectivos fabricantes e fornecedores.

## 3. Documentos de Referência

Para fins de projeto, seleção de matéria-prima, fabricação, controle de qualidade, inspeção, acondicionamento e utilização dos cabos, esta especificação adota as normas abaixo relacionadas:

- NBR 5118 – Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos.
- NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.
- NBR 5456 – Eletricidade geral.
- NBR 5471 – Condutores elétricos.
- NBR 6236 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos.
- NBR 6239 – Fios e cabos elétricos – Deformação a quente.
- NBR 6810 – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos
- NBR 6813 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento.
- NBR 6814 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência elétrica.
- NBR 6881 – Fios e cabos elétricos de potência ou controle – Ensaio de tensão elétrica.
- NBR 7271 – Cabos de alumínio nus para linhas aéreas – Especificação.
- NBR 7292 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação de grau de reticulação.
- NBR 7295 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de capacitância e fator de dissipação – Método de ensaio.
- NBR 7300 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistividade volumétrica.
- NBR 7307 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de fragilização.
- NBR 7310 – Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalha de Aço.
- NBR 7312 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais.
- NBR 9512 – Fios e cabos elétricos - Intemperismo artificial sob condensação de água, temperatura e radiação ultravioleta-B proveniente de lâmpadas fluorescentes.
- NBR 10296 – Material isolante elétrico – Avaliação de sua resistência ao trilhamento elétrico e erosão sob severas condições ambientais.
- NBR 11137 – Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas.
- NBR 11301 – Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (Fator de carga 100 %).
- NBR 11788 – Conectores de alumínio para ligações aéreas de condutores elétricos em sistemas de potência.

NBR 11873 – Cabos cobertos com material polimérico para redes aéreas compactas de distribuição em tensões de 13,8 kV a 34,5 kV.

NBR NM 280 – Condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD).

NBR NM IEC 6081 1-1-1 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas.

NBR NM IEC 6081 1-1-2 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 2: Métodos de envelhecimento térmico.

NBR NM IEC 6081 1-1-3 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos - Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 3: Métodos para determinação da densidade de massa – Ensaio de absorção de água – Ensaio de retração.

NBR NM IEC 6081 1-1-4 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos Parte 1: Métodos para aplicação geral - Capítulo 4: Ensaios a baixas temperaturas.

NBR NM-IEC 6081 1-4-1 – Métodos de ensaios comuns para materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 4: Métodos específicos para os compostos de polietileno e polipropileno – Capítulo 1: Resistência à fissuração por ação de tensões ambientais - Ensaio de enrolamento após envelhecimento térmico no ar – Medição do índice de fluidez – Determinação do teor de negro-de-fumo e/ou de carga mineral em polietileno.

IEC 61597 – *Overhead electrical conductors - Calculation methods for stranded conductors.*

ASTM E2009 – Standard Test Method for Oxidation onset temperature of hydrocarbons by differential scanning calorimetry.

ASTM D3418 – Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Thermal Analysis.

ASTM G155 – Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials.

PTD 035.01.02 – Padrão de Estruturas.

As siglas acima referem-se a:

NBR: Norma Brasileira Registrada da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

IEC – *International Electrotechnical Commission.*

ASTM – *American Society for Testing and Materials.*

PTD: Padrão Técnico – Distribuição, do Sistema FECOERGS.

As normas aqui mencionadas não excluem outras reconhecidas, desde que assegurem qualidade igual ou superior. Em casos de dúvidas ou divergências prevalecerá o que está estabelecido nesta especificação em seguida nas normas recomendadas. Nos casos em que estas normas forem omissas poderão ser aceitas outras apresentadas pelos fabricantes desde que aprovadas pela FECOERGS.

## 4. Condições Gerais

### 4.1. Definições

Os termos técnicos utilizados nesta especificação estão definidos nas normas mencionadas no item 3, complementados pelos seguintes:

#### 4.1.1. Cabo Coberto

Cabo com cobertura protetora extrudada de material polimérico, visando a redução da corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e diminuição do espaçamento entre condutores.

#### 4.1.2. Unidade de Expedição

Unidade constituída por uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada.

#### 4.1.3. Comprimento Nominal

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

#### 4.1.4. Quantidade Efetiva

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

#### 4.1.5. Lance

Constituído por uma unidade de expedição de comprimento contínuo

#### 4.1.6. Relação de Encordoamento

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

#### 4.1.7. Rede Compacta

Rede de distribuição em média tensão que utiliza cabos cobertos em espaçadores poliméricos, sustentados por cabo mensageiro, apresentando uma configuração compacta.

### 4.2. Inovação Tecnológica

As inovações tecnológicas resultantes de desenvolvimentos técnico-científicos devem ser incorporadas ao projeto, matéria prima e mão-de-obra de fabricação deste material, desde que assegurem qualidade igual ou superior às exigidas por esta especificação.

### 4.3. Meio Ambiente

Em todas as etapas de fabricação, transporte e recebimento devem ser cumpridas as legislações ambientais federais, estaduais e municipais, quando aplicáveis. O fabricante deverá apresentar descrição de alternativas para descarte deste material após o final de sua vida útil.

#### 4.4. Condições de Operação

##### 4.4.1. Condições Ambientais

Os cabos abrangidos por esta especificação, quando instalados conforme o padrão de estruturas PTD 035.01.02, devem operar adequadamente nas seguintes condições:

- a. altitude não superior a 1000m;
- b. temperatura máxima do ar ambiente de 40 °C e o valor médio obtido num período de 24 horas, não superior a 35 °C;
- c. temperatura mínima do ar ambiente não inferior a - 10 °C;
- d. umidade do ar de até 100%;
- e. pressão do vento não superior a 700Pa (70daN/m<sup>2</sup>).

##### 4.4.2. Condições em regime permanente

O condutor deverá operar em regime permanente, em sistema elétrico com frequência nominal igual a 60Hz, em uma temperatura não superior a 90 °C.

Durante a operação, os cabos cobertos podem ter contatos eventuais com a arborização. Estes cabos não podem estar em contato permanente com a arborização por nenhum espaço de tempo definido.

##### 4.4.3. Condições em regime de sobrecarga

A temperatura no condutor, em regime de sobrecarga, não pode ultrapassar 100 °C. A operação neste regime não pode superar 100 horas durante 12 meses consecutivos, nem 500 horas durante a vida do cabo.

##### 4.4.4. Condições em regime de curto-circuito

A temperatura no condutor, em regime de curto-circuito, não pode ultrapassar 250 °C. A duração neste regime não pode ultrapassar 5 segundos.

#### 4.5. Identificação

A superfície externa da cobertura do cabo deve ser marcada a intervalos regulares de até 500 mm, de forma legível e indelével, no mínimo as seguintes informações:

- a) nome ou marca/logotipo do fabricante;
- b) seção nominal do condutor (mm<sup>2</sup>);
- c) classe de tensão (kV);
- d) material do condutor (Al);
- e) material da cobertura (XLPE);
- f) "Cabo não isolado – Não tocar";
- g) ano de fabricação;
- h) "Bloqueado";
- i) "NBR 11873".

A marcação sobre a cobertura do cabo deve ser feita de forma que não favoreça o trilhamento elétrico.

#### 4.6. Acabamento

A superfície dos fios componentes do condutor não pode apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias ou inclusões que comprometam seu desempenho. O condutor pronto não pode apresentar falhas de encordoamento.

São permitidas emendas nos fios de alumínio feitas durante o encordoamento, desde que fiquem separadas em mais de 15m de qualquer outra emenda, em qualquer coroa. As emendas devem ser feitas por pressão a frio ou solda elétrica de topo. Não são estabelecidos requisitos mecânicos especiais nos fios com emendas, porém, elas devem atender às normas NBR 5118 e NBR 7271.

Nos fios com emendas feitas por solda elétrica de topo, deve ser efetuado tratamento térmico de recozimento até uma distância mínima de 200mm de cada lado da emenda

A cobertura, ao longo de todo o comprimento do condutor, deve ser contínua, uniforme e homogênea, justaposta e concêntrica em relação ao condutor, porém removível a frio. Não podem existir vazios entre condutor e cobertura.

#### 4.7. Instalação

Os cabos cobertos foram previstos para instalações nas redes denominadas compactas. Estes cabos devem ser considerados como cabos não isolados, não podendo ser instalados em regiões altamente poluídas ou com alto índice de salinidade.

Durante a instalação deve-se preservar a integridade da superfície da cobertura. Danos na cobertura podem comprometer o desempenho do material durante sua vida útil.

### 5. Condições Específicas

#### 5.1. Características Construtivas

##### 5.1.1. Dimensões

Os cabos devem apresentar dimensões em conformidade com o padrão C-06 apresentado no Desenho 8.1 desta especificação.

##### 5.1.2. Material

###### 5.1.2.1. Fios Formadores do Condutor

O condutor deve ser de seção circular compactada, constituído por fios encordoados de alumínio, conforme NBR NM 280.

###### 5.1.2.2. Cobertura

A cobertura deve ser constituída por uma camada de composto extrudado de material polimérico termofixo XLPE (90 °C).

###### 5.1.2.3. Bloqueio do condutor

O condutor deve ser bloqueado com material que preencha os interstícios entre os fios componentes.

O material de bloqueio deve ter cor diferenciada para realçá-lo do condutor e ser compatível química e termicamente com os componentes do cabo. O fabricante deve garantir a compatibilidade e informar a descrição do material utilizado no bloqueio do condutor. O material

de bloqueio também não pode causar prejuízo elétrico, térmico ou mecânico às conexões de compressão ou de aperto normalmente utilizadas em redes aéreas com cabos de alumínio.

Não são aceitos compostos pegajosos de difícil remoção da superfície do condutor.

### 5.1.3. Características Mecânicas

#### 5.1.3.1. Encordoamento

O número total de fios formadores do condutor encordoado deve atender a Tabela 8.2.

A relação de encordoamento deve ser de no máximo 23 vezes o diâmetro externo da respectiva coroa. Os sentidos de encordoamento das coroas sucessivas devem ser alternados e a coroa externa sempre com sentido à direita (sentido horário). 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.

#### 5.1.3.2. Resistência à Tração

A resistência mínima à tração dos fios de alumínio, antes do encordoamento, deve ser adequada a fim atender a resistência mecânica calculada (RMC) do condutor indicada na Tabela 8.2.

### 5.2. Características Elétricas

A capacidade de condução de corrente dos cabos completos deve estar conforme a Tabela 8.1 do desenho padrão C-06.

A resistência elétrica c.c. máxima dos cabos, referida a 20°C deve estar conforme a Tabela 8.2.

Os cabos devem suportar os ensaios elétricos descritos no item 7 desta Especificação.

## 6. Condições de Fornecimento

### 6.1. Homologação

Para a homologação de cabos cobertos junto às cooperativas pertencentes ao Sistema FECOERGS, devem ser apresentados todos os ensaios de tipo previstos nesta especificação. Os ensaios devem ter sido realizados a menos de 4 anos da data da entrega do pedido de homologação. Poderão ser aceitos ensaios realizados até 8 anos desde que acompanhados de uma declaração do responsável técnico de não alteração no produto (matéria-prima, processo de fabricação e projeto) desde a data do ensaio.

Os ensaios devem ser apresentados em português ou inglês. Quando apresentados em outro idioma deverão estar acompanhados de tradução para o português efetuada por tradutor juramentado.

Após a análise dos ensaios e verificação da conformidade do material com esta especificação, a FECOERGS emitirá o certificado técnico dos ensaios.

Os certificados técnicos deverão ser revalidados sempre que:

- o projeto for modificado pelo fabricante;
- o material apresentar problemas durante ou após o fornecimento;
- a FECOERGS proceder revisão nesta especificação e o material passe a não atender as novas exigências.

A homologação do produto pela FECOERGS não eximirá o contratado de sua responsabilidade de fornecê-lo em plena concordância com a ordem de compra ou contrato e esta especificação, assim como, não invalidará ou comprometerá qualquer reclamação que a FECOERGS venha a fazer, baseada na existência de material inadequado ou defeituoso. A homologação também não libera os cabos da necessidade de realização dos ensaios de recebimento.

Os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratórios reconhecidos no setor elétrico, certificados pelo INMETRO ou com equipamentos devidamente calibrados por organismos competentes. A FECOERGS faculta o direito de não aceitar ensaios realizados nos laboratórios dos fabricantes.

Nota:

Para os objetivos desta Especificação, entende-se por modificação do projeto do cabo, qualquer variação construtiva ou de tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico e/ou mecânico do cabo.

## 6.2. Acondicionamento

O acondicionamento dos cabos deve estar de acordo com as normas NBR 7310, NBR 7312 e NBR 11137.

O acondicionamento dos cabos deve ser efetuado de modo a garantir um transporte seguro em quaisquer condições e limitações que possam ser encontradas. O acondicionamento em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 5.000kg e o acondicionamento em rolos limitado a 40 kg.

As extremidades dos cabos acondicionados em carretéis devem ser convenientemente seladas com capuzes de vedação ou com fita auto-aglomerante, resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade.

As embalagens não são devolvidas ao fornecedor e serão consideradas satisfatórias se os cabos forem encontrados em perfeito estado na chegada ao destino. A FECOERGS considera para efeito de garantia da embalagem, o mesmo período do material e quaisquer prejuízos, decorrentes do mau acondicionamento, serão ressarcidos através de desconto na fatura do mesmo.

Os carretéis devem trazer, marcadas de forma legível e indelével nas duas faces laterais, as seguintes informações:

- a. nome e/ou marca comercial do fabricante;
- b. país de origem;
- c. números da nota fiscal e do pedido de compra;
- d. destinatário (FECOERGS/Cooperativa solicitante);
- e. classe de tensão (kV);
- f. seção nominal (mm<sup>2</sup>);
- g. material do condutor (alumínio) e da cobertura (XLPE);
- h. "NBR 11873";
- i. Comprimento do lance (m);
- j. massa bruta do volume (kg);
- k. número de série do carretel;
- l. ano de fabricação;
- m. seta indicando o sentido de rotação para desenrolar.

Os rolos devem conter etiqueta com as indicações acima, com exceção aquelas apresentadas nas alíneas “k” e “m”.

Nota:

Outras formas de acondicionamento do cabo podem eventualmente ser aceitas, desde que previamente aprovadas pela FECOERGS.

### **6.3. Garantia**

Os cabos deverão ser garantidos pelo fornecedor contra falhas ou defeitos de fabricação ou matéria-prima pelo prazo mínimo de 12 (doze) meses da data de entrega dos mesmos no almoxarifado da cooperativa.

Caso necessário, o fornecedor será obrigado a substituir às suas expensas, todo o lote que apresentar defeito, responsabilizando-se por todos os custos decorrentes, sejam de material, mão-de-obra ou transporte. Neste caso o prazo de garantia deverá ser estendido por mais 12 (doze) meses.

## **7. Inspeção e Ensaios**

### **7.1. Generalidades**

A FECOERGS reserva-se o direito de inspecionar e ensaiar os cabos quer no período de fabricação, quer na época de embarque, ou a qualquer momento que julgar necessário.

O fornecedor tomará às suas expensas todas as providências para que a inspeção por parte da FECOERGS se realize em condições adequadas, de acordo com as normas recomendadas e com esta especificação. Assim, o fornecedor deverá propiciar todas as facilidades para o livre acesso aos laboratórios e aos locais de fabricação, embalagem, etc., bem como fornecer pessoal habilitado a prestar informações e executar os ensaios, além de todos os instrumentos (com selo de aferição emitido por órgão devidamente credenciado, com data não superior a 12 meses,) e dispositivos necessários para realizá-los.

As datas em que os materiais estarão prontos para inspeção devem ser avisadas à FECOERGS com antecedência mínima de 15 (quinze) dias para fornecedor nacional e de 30 (trinta) dias para fornecedor estrangeiro.

Os custos dos ensaios de recebimento devem ser por conta do fornecedor.

Os custos da visita do inspetor da FECOERGS (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativo) correrão por conta do fornecedor nos seguintes casos:

- a. se o material estiver incompleto na data indicada na solicitação de inspeção;
- b. se o laboratório de ensaio não atender às exigências desta especificação;
- c. se o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em sub-fornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sede do fornecedor;
- d. devido à re-inspeção do material por motivo de recusa nos ensaios.

### **7.2. Classificação dos ensaios**

Os ensaios previstos nesta especificação são classificados em ensaios de tipo, ensaios de recebimento e ensaios complementares.

### 7.2.1. Ensaios de Tipo

São todos os ensaios relacionados na Tabela 7.1, que são realizados em amostras do produto com o objetivo de verificar a conformidade do projeto com os requisitos da norma correspondente.

### 7.2.2. Ensaios de Recebimento

Conforme indicado em 7.1, referem-se a uma parcela dos ensaios de tipo, que são realizados em amostras do produto por ocasião do recebimento de cada lote, com o objetivo de verificar a conformidade com o projeto aprovado e homologado. Estes ensaios devem ser realizados nas instalações do fornecedor ou em laboratórios credenciados e reconhecidos pelo setor elétrico, na presença de inspetor da FECOERGS.

### 7.2.3. Ensaios Complementares

Com o objetivo de dirimir dúvidas e/ou melhor avaliar o produto, a FECOERGS reserva-se o direito de solicitar, sempre que julgar necessário, a realização de qualquer ensaio de tipo por ocasião do recebimento de cada lote.

**Tabela 7.1 – Relação dos Ensaios**

Item	Descrição	Tipo	Recebimento	Complementar
7.3.1	Inspeção Geral	X	X	
7.3.2	Verificação Dimensional	X	X	
7.3.3	Ensaio de Resistência Elétrica	X	X	
7.3.4	Ensaio de Tensão Elétrica no Cabo	X	X	
7.3.5	Ensaio de Resistência de Isolamento	X	X	
7.3.6	Ensaio de Tensão Elétrica na Cobertura	X	X	
7.3.7	Ensaio de Resistência ao Trilhamento	X	X	
7.3.8	Ensaio de Resistência à Abrasão	X		X
7.3.9	Ensaio de Tração de Ruptura	X		X
7.3.10	Ensaio de Resistência à Penetração Longitudinal de Água	X		X
7.3.11	Verificação da Temperatura de Fusão e de Oxidação do Material da Cobertura	X	X	
7.3.12	Verificação da Aderência da Cobertura	X		X
7.3.13	Ensaios Mecânicos do Material da Cobertura Antes e Após Envelhecimento Artificial em Câmara UV	X		X
7.3.14	Verificação dos Requisitos Físicos do Material da Cobertura	X		X
7.3.15	Determinação da Permissividade Relativa	X		X
7.3.16	Verificação da Compatibilidade do Material de Bloqueio com Conexões Elétricas	X		X
7.3.17	Ensaio para Determinação do Coeficiente por Graus Celsius	X		X

### 7.3. Metodologia dos Ensaios

Os métodos de ensaio dos cabos devem obedecer ao descrito a seguir e estar de acordo com as normas e/ou documentos complementares citados no item 3 desta especificação.

#### 7.3.1. Inspeção Geral

Antes dos ensaios, o inspetor deve fazer uma inspeção geral, comprovando se os cabos estão de acordo com o projeto aprovado e em conformidade com as exigências desta especificação. Constitui falha a detecção de qualquer não conformidade, conforme orientações apresentadas em 7.3.1.1 a 7.3.1.5.

#### 7.3.1.1. Identificação

Deve atender aos requisitos mencionados no item 4.5.

#### 7.3.1.2. Acabamento

Deve atender os requisitos mencionados no item 4.6.

#### 7.3.1.3. Acondicionamento

Deve atender os requisitos mencionados no item 6.2.

#### 7.3.1.4. Material

Deve atender os requisitos mencionados no item 5.1.2.

#### 7.3.2. Verificação Dimensional

A verificação dimensional deve ser feita de acordo com a NBR NM IEC 60811-1-1, em corpos-de-prova retirados dos cabos prontos de cada bobina amostrada.

Constitui falha o não atendimento ao especificado em 5.1.1.

#### 7.3.3. Ensaio de Resistência Elétrica

A resistência elétrica dos condutores, referida a 20°C e a um comprimento de 1km, não deve ser superior aos valores indicados na Tabela 8.2 desta Especificação.

O ensaio de resistência elétrica deve ser realizado em amostra de comprimento suficiente, retirada da bobina ou rolo de acordo com a NBR 6814.

#### 7.3.4. Ensaio de Tensão Elétrica Aplicada ao Cabo

Os cabos, quando submetidos à tensão elétrica alternada de valor eficaz 6kV/mm de cobertura, frequência 48 Hz a 62 Hz, não podem apresentar perfuração.

Em alternativa, o ensaio de tensão elétrica pode ser efetuado com tensão elétrica contínua de valor igual a 14,4kV/mm de cobertura. Neste caso o tempo de aplicação da tensão deve ser de 5 min.

O ensaio deve ser realizado em todas as bobinas do lote, conforme NBR 6881.

#### 7.3.5. Ensaio de Resistência de Isolamento

A resistência de isolamento do cabo, referida a 20°C e a um comprimento de 1km, não deve ser inferior ao valor calculado com a seguinte equação:

$$R_i = k_i \log_{10} \frac{D}{d}$$

onde:

$R_i$  é a resistência de isolamento em MΩ.km;

$k_i$  é a constante de isolamento igual a 3.700MΩ.km;

$D$  é o diâmetro nominal sobre a cobertura (mm);

$d$  é o diâmetro nominal sob a cobertura (mm).

A medida deve ser feita com tensão elétrica contínua de valor 300 a 500V aplicada por um período de no mínimo 1min e máximo de 5min.

As conexões do cabo ao instrumento de medição devem ser realizadas de acordo com o indicado para ensaio de tensão elétrica (7.3.4).

Quando a medição da resistência de isolamento for realizada em temperatura do meio diferente de 20°C, o valor obtido deve ser referido a esta temperatura, utilizando-se os fatores de correção dados na Tabela 7.2. O fabricante deve fornecer previamente o coeficiente por °C a ser utilizado.

Este ensaio deve ser realizado de acordo com a NBR 6813, após o ensaio de tensão elétrica aplicada, com o corpo-de-prova de comprimento mínimo de 5m ainda imerso em água.

**Tabela 7.2 - Fatores para Correção da Resistência de Isolamento em Função da Temperatura (T)**

T (°C)	Coeficiente /°C																		
	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	
5	0,42	0,36	0,32	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	
6	0,44	0,39	0,34	0,3	0,26	0,23	0,2	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	
7	0,47	0,41	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,1	0,09	0,08	0,08	0,07	
8	0,5	0,44	0,4	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	
9	0,53	0,48	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24	0,21	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	
10	0,56	0,51	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	
11	0,59	0,54	0,5	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	
12	0,63	0,58	0,54	0,5	0,47	0,43	0,4	0,38	0,35	0,33	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,2	0,19	
13	0,67	0,62	0,58	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,4	0,38	0,35	0,33	0,31	0,3	0,28	0,26	0,25	0,23	
14	0,7	0,67	0,63	0,6	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,3	0,29	
15	0,75	0,71	0,68	0,65	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52	0,5	0,48	0,46	0,44	0,42	0,4	0,39	0,37	0,36	
16	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53	0,52	0,5	0,48	0,47	0,45	0,44	
17	0,84	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54	
18	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,81	0,8	0,78	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	
19	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,9	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
21	1,06	1,07	1,08	1,09	1,1	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,2	1,21	1,22	1,23	
22	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,28	1,3	1,32	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51	
23	1,19	1,23	1,26	1,3	1,33	1,37	1,4	1,44	1,48	1,52	1,56	1,6	1,64	1,69	1,73	1,77	1,82	1,86	
24	1,26	1,31	1,36	1,41	1,46	1,52	1,57	1,63	1,69	1,75	1,81	1,87	1,94	2,01	2,07	2,14	2,22	2,29	
25	1,34	1,4	1,47	1,54	1,61	1,69	1,76	1,84	1,93	2,01	2,1	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,7	2,82	
26	1,42	1,5	1,59	1,68	1,77	1,87	1,97	2,08	2,19	2,31	2,44	2,57	2,7	2,84	2,99	3,14	3,3	3,46	
27	1,5	1,61	1,71	1,83	1,95	2,08	2,21	2,35	2,5	2,66	2,83	3	3,19	3,38	3,58	3,8	4,02	4,26	
28	1,59	1,72	1,85	1,99	2,14	2,3	2,48	2,66	2,85	3,06	3,28	3,51	3,76	4,02	4,3	4,59	4,91	5,24	
29	1,69	1,84	2	2,17	2,36	2,56	2,77	3	3,25	3,52	3,8	4,11	4,44	4,79	5,16	5,56	5,99	6,44	
30	1,79	1,97	2,16	2,37	2,59	2,84	3,11	3,39	3,71	4,05	4,41	4,81	5,23	5,69	6,19	6,73	7,3	7,93	
31	1,9	2,1	2,33	2,58	2,85	3,15	3,48	3,84	4,23	4,65	5,12	5,62	6,18	6,78	7,43	8,14	8,91	9,75	
32	2,01	2,25	2,52	2,81	3,14	3,5	3,9	4,33	4,82	5,35	5,94	6,58	7,29	8,06	8,92	9,85	10,87	11,99	
33	2,13	2,41	2,72	3,07	3,45	3,88	4,36	4,9	5,49	6,15	6,89	7,7	8,6	9,6	10,7	11,92	13,26	14,75	
34	2,26	2,58	2,94	3,34	3,8	4,31	4,89	5,53	6,26	7,08	7,99	9,01	10,15	11,42	12,84	14,42	16,18	18,14	
35	2,4	2,76	3,17	3,64	4,18	4,78	5,47	6,25	7,14	8,14	9,27	10,54	11,97	13,59	15,41	17,45	19,74	22,31	
36	2,54	2,95	3,43	3,97	4,59	5,31	6,13	7,07	8,14	9,36	10,75	12,33	14,13	16,17	18,49	21,11	24,09	27,45	
37	2,69	3,16	3,7	4,33	5,05	5,9	6,87	7,99	9,28	10,76	12,47	14,43	16,67	19,24	22,19	25,55	29,38	33,76	
38	2,85	3,38	4	4,72	5,56	6,54	7,69	9,02	10,58	12,38	14,46	16,88	19,67	22,9	26,62	30,91	35,85	41,52	
39	3,03	3,62	4,32	5,14	6,12	7,26	8,61	10,2	12,06	14,23	16,78	19,75	23,21	27,25	31,95	37,4	43,74	51,07	
40	3,21	3,87	4,66	5,6	6,73	8,06	9,65	11,52	13,74	16,37	19,46	23,11	27,39	32,43	38,34	45,26	53,36	62,82	

**7.3.6. Ensaio de Tensão Elétrica Aplicada à Cobertura**

A resistividade da superfície da cobertura deve ser tal que suporte uma tensão de valor eficaz 15kV, com frequência entre 48 Hz e 62 Hz, durante 1 minuto, sem resultar em arco elétrico, nem queima do material da cobertura ou emissão de fumaça.

Os corpos-de-prova devem ter comprimento de pelo menos 300mm e devem ser imersos em água à temperatura ambiente durante pelo menos 30 minutos, sendo preparado um corpo-de-prova de cada bobina amostrada.

A seguir, os corpos-de-prova devem ser retirados da água e enxugados, sendo então enrolados fios de cobre de diâmetro aproximado de 1mm em torno dos corpos-de-prova, em dois pontos equidistantes das extremidades e separados entre si por uma distância de 150 mm, que devem ser usados como eletrodos para aplicação da tensão especificada.

### 7.3.7. Ensaio de Resistência ao Trilhamento Elétrico

O cabo deve suportar a tensão de trilhamento de 2,75kV quando novo e de 2,50kV, após envelhecimento por 2.000 horas em câmara de intemperismo artificial.

O ensaio deve ser realizado em cinco corpos-de-prova, retirados de amostra de cabo completo. Preferencialmente, deve-se retirar um corpo-de-prova de cada uma de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido. O trecho escolhido deve ter sua superfície inspecionada visualmente para garantir que se trata de material sem caroços, raspado ou sem outros defeitos que possam invalidar o ensaio.

Quando se tratar de ensaio de tipo, devem ser ensaiados cinco corpos-de-prova no estado de novo e outros cinco após serem submetidos a 2.000 horas de envelhecimento em câmara de intemperismo artificial. Como ensaio de recebimento, todos os corpos-de-prova são ensaiados no estado de novo.

O degrau inicial de tensão deve ser de 2,5kV, para corpos-de-prova não envelhecidos, e de 2,25kV para corpos-de-prova envelhecidos. Os incrementos devem ser de 0,25kV e o tempo de cada patamar deve ser de 1h.

A preparação dos corpos-de-prova deve ser realizada conforme especificado na NBR 10296, complementada pelas instruções a seguir:

- a. deve-se cortar a amostra de cabo em cinco corpos-de-prova de comprimento  $180\text{mm} \pm 5\text{mm}$  cada. Para o corte, o cabo deve ser fixado em uma morsa tendo a superfície protegida.
- b. deve-se proceder ao lixamento de cada corpo-de-prova novo nas seguintes condições:
  - selecionar o lado sem gravação, se esta existir no corpo-de-prova;
  - utilizando um borrifador cheio de água destilada ou deionizada, borrifar água sobre a superfície e iniciar o lixamento com lixa de carbetto de silício ou de óxido de alumínio, granulação 400, para retirar a oleosidade, brilho e repelência à água. Solventes e detergentes químicos devem ser evitados, pois podem modificar a condição da superfície do dielétrico que constitui os corpos-de-prova;
  - lixar levemente apenas no sentido longitudinal do corpo-de-prova, sendo importante que seja removido todo o brilho da superfície do corpo-de-prova, bem como eventuais resíduos metálicos. Uma mesma lixa não deve ser usada em mais do que três corpos-de-prova;
  - secar com papel toalha ou lenço de papel após o lixamento;
  - limpar com gaze (ou outro material que não deixe resíduos) umedecida em álcool isopropílico, para retirar gordura após o lixamento;
  - isolar as extremidades do corpo-de-prova, nas quais a superfície do condutor é visível, com fita auto-aglomerante ou isolante.

A preparação da solução contaminante deve ser realizada conforme especificado na NBR 10296, complementada pelas instruções a seguir:

- a. após a sua preparação e equilíbrio térmico em ambiente a  $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , deve-se medir a sua resistividade. Para os fins deste método, o equilíbrio térmico consiste em no mínimo 2 horas no ambiente com a temperatura especificada;
- b. havendo necessidade de ajuste no valor encontrado para atender a NBR 10296, deve ser realizada nova medição da resistividade, sempre respeitando a temperatura especificada.

O ensaio deve ser executado conforme a NBR 10296, método 2, critério A, complementado pelas instruções a seguir:

- a. a(s) fonte(s) de alimentação do(s) circuito(s) de ensaio deve(m) ter potência suficiente, ou ter regulagem de resposta rápida, para manter constante a tensão aplicada quando ocorrerem cintilações ou centelhamentos nos corpos-de-prova;
- b. o fluxo do líquido contaminante deve ser de 0,11ml/min, para degraus de tensão iguais ou inferiores a 2,75kV, e de 0,22ml/min, para degraus de tensão de 3,0kV a 3,75kV;
- c. nos corpos-de-prova envelhecidos, que não sofrerem lixamento, o fluxo do líquido contaminante deve ocorrer principalmente na superfície que sofreu a incidência direta de radiação na câmara de intemperismo;
- d. a calibração do fluxo deve ser feita antes de cada ensaio e para cada um dos cinco corpos-de-prova, conforme os passos abaixo:
  - dispor de cinco béqueres pequenos com tara conhecida e bem identificada;
  - ajustar a bomba peristáltica e coletar solução por um tempo mínimo de 10 min, em todos os cinco canais simultaneamente;
  - pesar cada um dos béqueres com solução;
  - calcular o fluxo, para cada canal, com a fórmula abaixo (que pressupõe densidade da solução igual a  $1\text{g}/\text{cm}^3$ );
  - reajustar, repetindo os passos de e.2) a e.4), até que todos os canais apresentem uma diferença menor que 5 % em relação ao valor prescrito para o fluxo;

$$F = (m1 - m2) / t$$

onde

F é o fluxo, expresso em mililitros por minuto (ml/min);

m1 é a massa do béquer com solução coletada, expressa em gramas (g);

m2 é a tara do béquer, expressa em gramas (g);

t é o tempo de coleta da solução, expresso em minutos (min).

- e. o umedecimento das folhas de papel de filtro (usar oito folhas), antes do início do ensaio, deve ser realizado usando-se a própria solução contaminante e não água;
- f. as trocas de resistências nos degraus especificados devem ser feitas em no máximo 5 minutos após o término do degrau anterior.

Constitui falha no ensaio a ocorrência de qualquer das seguintes situações:

- a. interrupção do circuito de ensaio de algum dos corpos-de-prova, por atuação automática de seu disjuntor;
- b. erosão do material de algum dos corpos-de-prova que descaracterize o circuito de ensaio;
- c. acendimento de chama no material de algum dos corpos-de-prova.

### 7.3.8. Ensaio de Resistência à Abrasão

Os cabos devem suportar no mínimo 1.000 ciclos de abrasão sem que a lâmina de abrasão chegue a desbastar mais de 0,25mm da espessura da cobertura.

Os corpos-de-prova, retirados de amostra do cabo completo, devem ter comprimento suficiente para serem montados no dispositivo de ensaio, que deve ser conforme o Desenho 8.2. A distância entre os pontos de fixação do corpo-de-prova deve ser de 100mm±5mm, centro a centro.

O dispositivo de ensaio deve ter um gume de atrito, cujo comprimento deve corresponder, pelo menos, ao diâmetro externo do cabo a ser ensaiado. Os pesos a serem usados nos ensaios devem ser conforme a Tabela 7.3, onde a massa indicada é a total, incluindo-se o dispositivo de sustentação do peso de ensaio.

A cobertura do cabo deve ser friccionada lateralmente pelo gume de atrito, promovendo-se um movimento horizontal de ida e volta do mandril ou da própria unidade de ensaio. A amplitude do movimento de oscilação deve ser de no mínimo 20mm.

Em cada corpo-de-prova devem ser executados dois ensaios. Para cada ensaio, o corpo-de-prova deve ser girado em 90 graus em torno do seu eixo, mas sem movê-lo para frente ou para trás. Cada ensaio deve ter a duração de 1.000 ciclos, sendo que devem ser realizados 20 a 30 ciclos por minuto (cada ciclo corresponde a uma oscilação de ida e volta).

Após a realização de cada ensaio, o corpo-de-prova deve ser medido, por meio de um instrumento adequado, para determinar a profundidade raspada pelo gume de atrito na cobertura.

**Tabela 7.3 – Pesos para o Ensaio de Abrasão**

Diâmetro Nominal (mm)		Massa Total do Peso de Ensaio ± 5% (g)
Superior a	até	
-	13	400
13	16	500
16	19	600
19	22	700
22	-	800

### 7.3.9. Ensaio de Tração de Ruptura

Devem ser ensaiados três corpos-de-prova de comprimento adequado, retirados de amostras do cabo completo.

As coberturas dos corpos-de-prova devem ser removidas e a superfície do condutor deve ser limpa, de modo a permitir sua avaliação durante o ensaio.

O ensaio deve ser executado conforme NBR 6810, porém, no condutor completo.

A carga de tração à ruptura dos cabos deve atender os valores mínimos de RMC especificados na Tabela 8.2.

### 7.3.10. Ensaio de Resistência à Penetração Longitudinal de Água

Um corpo-de-prova de 3 m de comprimento, obtido do cabo completo, deve ser submetido a este ensaio.

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e condições descritas no Anexo C da NBR 11873

Durante a execução do ensaio, não pode ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo-de-prova através dos interstícios do condutor.

### 7.3.11. Verificação da Temperatura de Fusão e de Oxidação do Material da Cobertura

Este requisito aplica-se apenas à camada de cobertura isolante do cabo pronto.

Os corpos-de-prova devem ser preparados a partir da cobertura retirada de amostra de cabo completo.

Devem ser obtidos três corpos-de-prova, preferencialmente a partir de três diferentes bobinas componentes do lote produzido. Os corpos-de-prova devem ser retirados com vazador de 4mm de diâmetro, a partir da superfície externa da cobertura, e devem possuir cerca de 0,5mm de espessura e massa de cerca de 3mg.

O ensaio deve ser realizado por calorimetria diferencial de varredura (DSC), cobrindo-se a faixa de temperaturas desde a ambiente (em torno de 20°C) até +300°C, com taxa de aquecimento de 10 C/min em atmosfera de O<sub>2</sub>. A análise deve ser realizada conforme ASTM D3418, para a temperatura de fusão, e conforme ASTM E2009, para a temperatura de oxidação.

Como ensaio de tipo, a aprovação dos corpos-de-prova será condicionada ao seguinte:

- a temperatura de fusão do material da cobertura deve ser de no mínimo 105°C, não podendo haver pontos de transição em temperaturas abaixo desta (na faixa de temperaturas do ensaio).
- a temperatura de início de degradação do material da cobertura não pode ser inferior a 245°C.
- a variação entre os valores extremos obtidos não deve ser superior a 2°C.

Como ensaio de recebimento, constitui falha a ocorrência de qualquer das seguintes condições:

- média dos valores obtidos para a temperatura de fusão dos corpos-de-prova fora da faixa compreendida pela média dos respectivos valores obtidos no ensaio de tipo  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- variação superior a 2°C entre os valores extremos obtidos para a temperatura de fusão dos corpos-de-prova;
- ocorrência de picos de transição abaixo da temperatura de fusão, na faixa de temperaturas do ensaio, com qualquer dos corpos-de-prova, inferiores a 105 °C;
- ocorrência de oxidação ou degradação do material em temperatura inferior a 245°C.

### 7.3.12. Verificação da Aderência da Cobertura

Este ensaio deve ser realizado em ambiente à temperatura de 22°C  $\pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa 60%  $\pm 10\%$ , utilizando-se uma máquina de tração universal adaptada com um conector na parte fixa e um engate para a retirada da proteção no travessão, conforme Desenho 8.3. O conector deve estar adequado ao diâmetro do condutor.

Cinco corpos-de-prova devem ser preparados da seguinte maneira:

- o comprimento de cada corpo-de-prova deve ser de 15cm, retirado do cabo a ser ensaiado, desprezando-se 30cm da ponta;
- devem ser retirados 5cm de cobertura, a partir da extremidade do corpo-de-prova, para que a amostra seja fixada ao conector e este ao equipamento de ensaio, conforme Desenho 8.3. Os 10cm restantes do condutor permanecem protegidos. O corte deve ser reto nas duas extremidades e no ponto onde vai ser desencapado o condutor.

O procedimento deve ser o seguinte:

- a. calibrar a máquina, zerando-a;
- b. iniciar o deslocamento com velocidade de 50mm/min observar a variação de carga durante 60s e anotar o valor de carga máxima obtida;
- c. repetir o mesmo procedimento para os outros quatro corpos-de-prova;
- d. anotar o maior valor obtido para cada ensaio.

A força necessária para a retirada da cobertura do condutor deve ser determinada e não pode ser inferior a:

- 20daN, para os cabos de seção até 50mm<sup>2</sup>;
- 30daN, para cabos de seção de 70mm<sup>2</sup> até 120mm<sup>2</sup>;
- 50daN, para cabos de seção maior ou igual a 150mm<sup>2</sup>.

### **7.3.13. Ensaio Mecânicos do Material da Cobertura Antes e Após Envelhecimento Artificial em Câmara UV**

Ensaio mecânicos, antes e após envelhecimento artificial em câmara de UV:

- a. resistência à tração;
- b. alongamento à ruptura.

Os corpos-de-prova devem ser preparados conforme NBR NM IEC 60811-1-1.

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM G155 (Método A) ou na NBR 9512, com exceção das amostras, que devem ser constituídas de cinco segmentos de cabo completo. Os corpos-de-prova para os ensaios mecânicos devem ser retirados, após o envelhecimento, da face exposta à radiação, o mais próximo possível da superfície externa.

Os corpos-de-prova devem ser submetidos às condições de ensaio por 2.000 horas, após as quais, não podem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração de ruptura superior a 25%, em relação aos seus respectivos valores originais.

### **7.3.14. Verificação dos Requisitos Físicos do Material da Cobertura**

Devem ser verificados todos os requisitos físicos na cobertura antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar:

- a. Ensaio mecânicos:
  - resistência à tração;
  - alongamento à ruptura.
- b. Ensaio físicos:
  - alongamento a quente;
  - retração ao calor;
  - absorção de água.

Os ensaios devem ser executados conforme os parâmetros e normas indicados na Tabela 8.3.

Os corpos-de-prova devem ser retirados de amostra de cabo completo e preparados conforme indicado na norma de cada ensaio.

Devem ser preparados cinco corpos-de-prova para cada ensaio, preferencialmente a partir de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido.

No ensaio de envelhecimento em estufa a ar, devem ser determinadas as variações dos valores de resistência à tração e alongamento à ruptura, calculadas conforme indicado na Tabela 8.2.

Constitui falha neste ensaio o não atendimento, por qualquer dos corpos-de-prova, aos requisitos indicados na Tabela 8.3.

#### 7.3.15. Determinação da Permissividade Relativa

Este ensaio deve ser realizado conforme NBR 7295, em corpo-de-prova de 3m de comprimento obtido de cabo completo e à temperatura ambiente.

O corpo-de-prova deve ser imerso em água pelo menos 1 hora antes do ensaio. Após este período, é medida a capacitância em  $\mu\text{F}$ , e convertida para  $\mu\text{F}/\text{km}$ , não havendo a necessidade de se utilizar o eletrodo de guarda.

Consiste falha neste ensaio, o não atendimento ao valor estipulado na Tabela 8.3.

#### 7.3.16. Verificação da Compatibilidade do Material de Bloqueio com Conexões Elétricas

Essa verificação deve ser feita por meio de pelo menos quatro conexões, com tipo de conector definido de comum acordo entre FECOERGS e fabricante.

Os conectores utilizados nos ensaios, bem como a preparação dos corpos-de-prova, devem atender as prescrições da NBR 11788 e ser adequados ao cabo sob ensaio. A cobertura do cabo deve ser totalmente removida.

Em todos os tipos de conexão sob ensaio devem ser aplicados os seguintes ensaios:

- resistência elétrica, conforme NBR 11788;
- ciclos térmicos, conforme NBR 11788. Mediante acordo entre FECOERGS e fabricante, em função dos conectores escolhidos, pode ser dispensada a aplicação de curtos-circuitos neste ensaio.

Constitui falha a ocorrência de qualquer uma das seguintes condições:

- acendimento de chama no material de bloqueio;
- gotejamento ou vazamento de material de bloqueio pelas bordas das conexões ou por entre os fios formadores do condutor;
- o não atendimento às condições impostas pela NBR 11788.

A critério do fabricante pode ser realizado o mesmo ensaio utilizando condutor nu de mesma seção, para fins de comparação de resultados.

#### 7.3.17. Ensaio para Determinação do Coeficiente por Graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

O corpo-de-prova deve ser preparado e ensaiado conforme NBR 6813 e o coeficiente por graus Celsius obtido deve ser aproximadamente igual ao previamente fornecido pelo fabricante.

Certos compostos apresentam elevada constante de isolamento, o que pode dificultar a determinação deste coeficiente. Nestes casos, deve ser aceito o menor valor dado na Tabela 7.2.

### 7.4. Relatórios de Ensaio

Os relatórios dos ensaios devem ser em formulários com as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação conforme indicado a seguir:

- nome do ensaio;

- nome FECOERGS/nome da cooperativa do sistema;
- nome ou marca do fabricante;
- número e item da ordem de compra da cooperativa (se existente) e número da ordem de fabricação do fornecedor;
- identificação, modelo e quantidade de cabos submetidos a ensaio;
- descrição sumária do processo de ensaio indicando as constantes, métodos e instrumentos empregados;
- valores obtidos no ensaio;
- resumo das características (garantidas x medidas);
- atestado com informação clara dos resultados do ensaio;
- nome do inspetor e do responsável pelos ensaios;
- data e local dos ensaios.

Os cabos somente serão liberados pelo inspetor após a entrega de três vias do relatório dos ensaios e da verificação da embalagem e sua respectiva marcação.

## **7.5. Planos de Amostragem**

### **7.5.1. Ensaio de Tipo ou Complementares**

Os corpos-de-prova utilizados nos ensaios de tipo devem ser constituídos por comprimentos suficientes obtidos a partir de cabos completos. A seção recomendada do condutor é 120 mm<sup>2</sup>, ou outra seção em comum acordo entre fabricante e FECOERGS, devendo os ensaios ser efetuados para cada tipo de projeto.

Os ensaios elétricos devem ser realizados conforme a seqüência apresentada em 7.3, no mesmo corpo de prova. Os corpos-de-prova para os ensaios não elétricos devem ser retirados dos mesmos cabos selecionados para os ensaios elétricos.

As amostras para os ensaios de tipo e complementares, devem ser formadas por 3 unidades, as quais devem ser selecionadas aleatoriamente do lote sob inspeção, quando se tratar de ensaio complementar.

Eventualmente o número de unidades das amostras para os ensaios de tipo ou complementares poderão ser definidas através de acordo entre fornecedor e FECOERGS.

### **7.5.2. Ensaio de Recebimento**

Para a formação das amostras para os ensaios de recebimento devem ser retirados dos cabos, corpos de prova em número e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos, desprezando-se sempre o primeiro metro de cabo.

A quantidade de amostras deve estar de acordo com a Tabela 7.4.

A aceitação pela FECOERGS, seja pela comprovação dos valores, seja por eventual dispensa de inspeção, não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade em entregar os cabos em plena concordância com esta especificação, nem invalidará qualquer reclamação que a FECOERGS venha a fazer baseada na existência de materiais inadequados ou defeituosos.

Por outro lado, a rejeição de cabos em virtude de falhas constatadas nos ensaios ou discordância com esta especificação/ordem de compra, não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade de cumprir o prazo de entrega. Se no entender da FECOERGS, a rejeição tornar impraticável a entrega na data previamente acertada, ou se tudo indicar que o fornecedor será incapaz de satisfazer os requisitos exigidos, a FECOERGS reserva-se o direito de rescindir todas as suas obrigações e adquirir os materiais em outra fonte, sendo o

fornecedor considerado como infrator da ordem de compra, estando sujeito às penalidades aplicáveis ao caso.

As unidades defeituosas constantes de amostras aprovadas nos ensaios devem ser substituídas por novas, o mesmo ocorrendo com o total das amostras aprovadas em ensaios destrutivos.

**Tabela 7.4 – Amostragem para Ensaios de Recebimento**

Ensaios	7.3.1 a 7.3.6				7.3.7 e 7.3.10	
	Amostragem:					
	Amostra		Ac	Re		Quantidade de Conjuntos de Corpos-de-Prova
Seqüência	Tamanho					
até 30	-	3	0	1	-	
31 a 50	-	5	0	1	1	
51 a 150	1ª	13	0	2	2	
	2ª	13	1	2		
151 a 200	1ª	20	0	3	3	
	2ª	20	3	4		
201 a 500	1ª	32	1	4	4	
	2ª	32	4	5		
501 a 1200	1ª	50	2	5	5	
	2ª	50	6	7		

Notas:

1. “Ac” é o número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote e “Re” é o número de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote.
2. Procedimento para amostragem dupla: ensaiar inicialmente um número de unidades igual ao da primeira amostra de acordo com a tabela. Se o número de unidades defeituosas resultante estiver compreendido entre “Ac” e “Re”, excluídos estes valores, deve ser então ensaiada a segunda amostra. Para permitir a aceitação do lote, o total de unidades defeituosas, depois de ensaiadas as duas amostras, deve ser igual ou menor do que “Ac” especificado.
3. Entende-se por conjuntos os grupos formados por cinco ou três corpos-de-prova, conforme 7.3.7 e 7.3.11.

### 7.5.3. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Tipo e Complementares

O projeto deve ser aceito se todos os cabos ensaiados apresentarem comportamento satisfatório. Se ocorrer alguma falha em qualquer ensaio, este pode ser repetido em uma nova amostra com o dobro de unidades da primeira. Nesse caso, se houver um novo resultado insatisfatório, o projeto será rejeitado.

Se duas ou mais unidades (bobinas) falharem em qualquer dos ensaios, o projeto será rejeitado.

### 7.5.4. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Recebimento

Para os ensaios de trilhamento elétrico e temperatura de fusão e oxidação do material da cobertura, caso apenas um corpo-de-prova seja reprovado em qualquer ensaio, este ensaio pode ser repetido em dois outros corpos-de-prova retirados da mesma amostra (bobina). Ocorrendo nova falha, o lote é considerado defeituoso. O fabricante pode recompor um novo lote, por uma única vez, submetendo-o a uma nova inspeção, após terem sido eliminadas as unidades de expedição defeituosas.

Para os demais ensaios de recebimento a aceitação ou rejeição dos cabos deve ser efetuada de acordo com a Tabela 7.4.

## 8. Desenhos

### 8.1. Padrão C-06: Cabos Cobertos

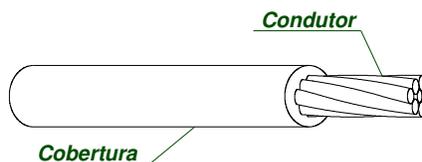


Tabela 8.1 – Características do Cabo Completo

Código FECOERGS	Classe de Tensão (kV)	Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Espessura da Cobertura (mm)	Diâmetro (mm)		Massa (kg/km)	Capacidade de Condução de Corrente (A)
				Mínimo	Máximo		
C-06.1/1	15	35	3	12,8	15,3	190	187
C-06.1/2		50		14,0	16,5	235	225
C-06.1/3		70		15,5	18,0	315	282
C-06.1/4		95		17,2	19,7	400	345
C-06.1/5		120		18,8	21,3	500	401
C-06.1/6		150		20,0	22,5	580	456
C-06.1/7		185		21,8	24,3	695	525
C-06.2/1	25	35	4	14,8	17,4	235	186
C-06.2/2		50		16,0	18,6	385	224
C-06.2/3		70		17,5	20,1	370	280
C-06.2/4		95		19,2	21,8	460	342
C-06.2/5		120		20,8	23,4	560	397
C-06.2/6		150		22,0	24,6	650	450
C-06.2/7		185		23,8	26,4	770	519

Tabela 8.2 – Características Físicas dos Condutores

Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	N.º Fios	Diâmetro Externo (mm)		RMC (daN)	Resistência Ω/km
		Mínimo	Máximo		
35	6	6,8	7,3	455	0,868
50	6	8,0	8,5	650	0,641
70	12	9,5	10,0	910	0,443
95	15	11,2	11,7	1.235	0,320
120	15	12,8	13,3	1.560	0,253
150	15	14,0	14,5	1.950	0,206
185	30	15,8	16,3	2.405	0,164

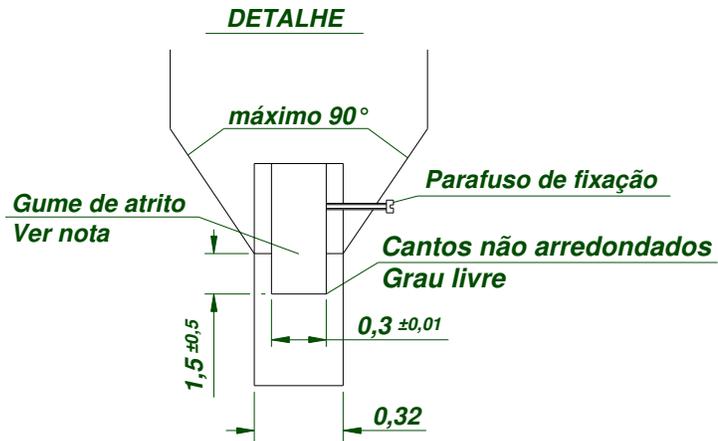
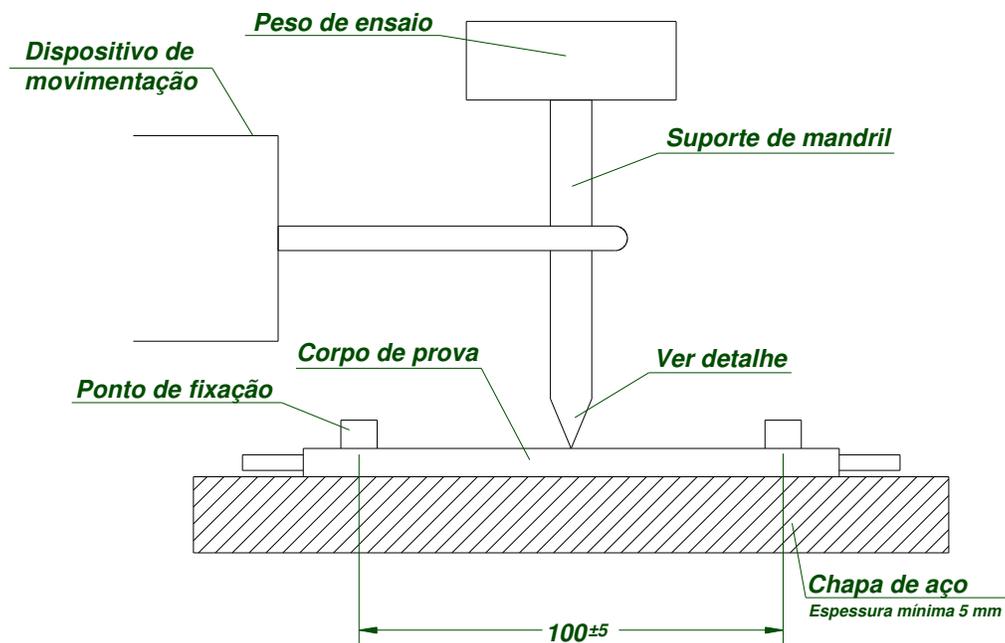
**Tabela 8.3 – Características Físicas do Composto da Cobertura (XLPE)**

Item	Método de Ensaio	Descrição/Característica	Unidade	Requisito
<b>1</b>		<b>Ensaio de Tração</b>		
1.1	NBR NM IEC 60811-1-1	Sem envelhecimento:		
		resistência à tração, mínima	MPa	12,5
		alongamento à ruptura, mínimo	%	200
1.2	NBR NM IEC 60811-1-2	Após envelhecimento em estufa a ar:		
		temperatura	°C	135±3
		duração	horas	168
		variação máxima da resistência à tração e do alongamento à ruptura	%	±25
2	NBR 7292	<b>Alongamento à quente</b>		
		temperatura	°C	200±3
		tempo sob carga	min	15
		solicitação mecânica	MPa	0,2
		máximo alongamento sob carga	%	175
		máximo alongamento após resfriamento	%	15
3	NBR NM IEC 60811-1-3	<b>Retração ao Calor:</b>		
		temperatura	°C	130±3
		duração	horas	1
		retração máxima permissível	%	4
		L (constante para cálculo do comprimento da amostra)		200
4	NBR NM IEC 60811-1-3	<b>Absorção de água (método gravimétrico):</b>		
		duração da imersão	dias	14
		temperatura	°C	850±3
		variação máxima da massa	%	0,75
5	NBR 7295	<b>Permissividade relativa, máxima</b>		3

Notas:

- Os códigos apresentados na Tabela 8.1 foram obtidos a partir das referências ABNT, particularizadas para o sistema FECOERGS.
- Os valores de capacidade de condução de corrente indicados na Tabela 8.1, são para as condições de temperatura ambiente de 40°C e temperatura no condutor em regime permanente de 90°C.
- A resistência elétrica refere-se à máxima do condutor em corrente contínua à temperatura ambiente de 20°C.
- O termo variação máxima, no item 1.2 da Tabela 8.3, significa: diferença entre o valor mediano de resistência à tração e alongamento à ruptura, obtido após envelhecimento, e o valor mediano obtido sem envelhecimento, expressa como porcentagem deste último.

## 8.2. Dispositivo para Ensaio de Abrasão



Notas:

1. Gume de tira de aço material L2002 (cromo), dureza Rockwell  $61 \pm 1$ .
2. Dimensões em milímetros.

### 8.3. Detalhe para o Ensaio de Aderência da Cobertura

