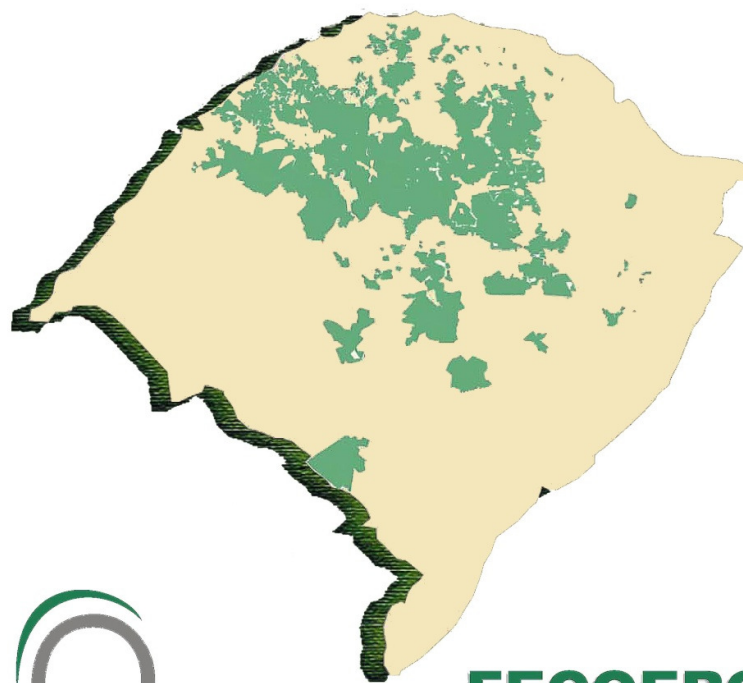


ETD 007.01.58

CABOS MULTIPLEXADOS DE ALUMÍNIO



FECOERGS
Padronização

Projeto: Setembro de 2010

Palavras Chave: Condutor, Baixa Tensão, Rede de Distribuição.

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

1. Objetivo	1
2. Âmbito de Aplicação.....	1
3. Documentos de Referência	1
4. Condições Gerais	2
4.1. Definições.....	2
4.2. Inovação Tecnológica	2
4.3. Meio Ambiente	3
4.4. Condições de Operação.....	3
4.5. Condições Ambientais.....	3
4.5.1. Condições em regime permanente	3
4.5.2. Condições em regime de sobrecarga	3
4.5.3. Condições em regime de curto-circuito.....	3
4.6. Identificação	3
4.6.1. Identificação dos condutores	3
4.6.2. Marcação do cabo:.....	4
4.7. Acabamento	4
5. Condições Específicas	4
5.1. Características Construtivas	4
5.1.1. Dimensões	4
5.1.2. Material.....	5
5.1.3. Características Mecânicas	5
5.2. Características Elétricas.....	6
6. Condições de Fornecimento	6
6.1. Homologação	6
6.2. Acondicionamento	6
6.3. Garantia.....	7
7. Inspeção e Ensaios	7
7.1. Generalidades	7
7.2. Classificação dos ensaios	8
7.2.1. Ensaios de Tipo.....	8
7.2.2. Ensaios de Recebimento	8
7.2.3. Ensaios Complementares	8
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	10
7.3.5. Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Ambiente.....	10
7.3.6. Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura de Máxima.....	11
7.3.7. Ensaio de Tensão Elétrica de Longa Duração	11
7.3.8. Ensaios Físicos do Composto da Isolação	12
7.3.9. Ensaio para Determinação do Coeficiente por Graus Celsius (°C)	12
7.3.10. Ensaios Físicos da Isolação Após Envelhecimento Artificial em Câmara UV.....	13
7.3.11. Ensaio de Tração de Ruptura no Cabo Neutro.....	13
7.4. Relatórios de Ensaio	13
7.5. Planos de Amostragem.....	14
7.5.1. Ensaios de Tipo ou Complementares	14
7.5.2. Ensaios de Recebimento	14

7.6. Critérios de Aceitação e Rejeição	14
7.6.1. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Tipo e Complementares	15
7.6.2. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Recebimento.....	15
8. Desenhos	16
8.1. Padrão C-05: Cabos Multiplexados de Alumínio	16

1. Objetivo

Esta especificação fixa as exigências mínimas para fabricação, aquisição e recebimento de cabos de potência multiplexados de alumínio com isolamento em polietileno termofixo, XLPE, a serem utilizados em circuitos de até 0,6/1kV, das redes aéreas de distribuição de energia elétrica.

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 5111 – Fios de cobre nus, de seção circular, para fins elétricos.

NBR 5118 – Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos.

NBR 5285 – Fios de liga alumínio-magnésio-silício, têmpera T81, nus, de seção circular, para fins elétricos – Especificação.

NBR 5368 – Fios de cobre mole estanhados para fins elétricos – Especificação.

NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.

NBR 5456 – Eletricidade geral.

NBR 5471 – Condutores elétricos.

NBR 6810 – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos.

NBR 6236 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos.

NBR 6251 – Cabos de potência com isolamento extrudada para tensões de 1kV a 35 kV – Requisitos construtivos.

NBR 6524 – Fios e cabos de cobre duro e meio duro com ou sem cobertura protetora para instalações aéreas – Especificação

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 7285 – Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno termofixo (XLPE) para tensão de 0,6/1 kV – Sem cobertura – Especificação.

NBR 7312 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais.

NBR 8182 – Cabos de potência multiplexados auto-sustentados com isolamento sólida extrudada de polietileno termoplástico (PE) ou termofixo (XLPE) para tensões até 0,6/ 1 kV – Especificação.

NBR 9511 – Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento.

NBR 9512 – Fios e cabos elétricos - Intemperismo artificial sob condensação de água, temperatura e radiação ultravioleta-B proveniente de lâmpadas fluorescentes.

NBR 10298 – Cabos de alumínio-liga para linhas aéreas.

NBR 11137 – Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas.

NBR 15126 – Carretel para acondicionamento de fios e cabos elétricos — Requisitos de desempenho.

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

NBR NM 244 – Condutores e cabos isolados – Ensaio de centelhamento.

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

NBR NM IEC 60811-1-1 – 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 – Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas.

NBR NM-IEC 60811-4-1 – 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.

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.

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

4.5. 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:

- altitude não superior a 1000m;
- temperatura máxima do ar ambiente de 40 °C e o valor médio obtido num período de 24 horas, não superior a 35 °C;
- temperatura mínima do ar ambiente não inferior a -10 °C;
- umidade do ar de até 100%;
- pressão do vento não superior a 700Pa (70daN/m²);

4.5.1. 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.

4.5.2. Condições em regime de sobrecarga

A temperatura no condutor, em regime de sobrecarga, não pode ultrapassar 130°C. A operação neste regime não pode superar 100 horas durante 12 meses consecutivos, nem 500 horas durante a vida do cabo.

4.5.3. 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.

4.6. Identificação

4.6.1. Identificação dos condutores

Os condutores devem ter as fases identificadas de forma permanente, em intervalos regulares de até 50cm, conforme método indicado na Tabela 4.1.

Os condutores quadruplex devem ser identificados unicamente através das cores.

Tabela 4.1 – Método para Identificação dos Condutores Fase

Condutor	Cores ou Listas Coloridas	Números	Letras
Fase 1	Preta	1	A
Fase 2	Cinza	2	B
Fase 3	Vermelha	3	C

4.6.2. Marcação do cabo:

A superfície externa, de pelo menos um dos condutores fase, deve ser marcada em intervalos regulares de até 50 cm, com as seguintes indicações mínimas:

- a. nome do fabricante;
- b. número de condutores e seção nominal (mm²);
- c. material do condutor (Al);
- d. material da isolamento (XLPE);
- e. Tipo do cabo neutro de sustentação (CA ou CAL);
- f. tensão de isolamento (0,6/1kV);
- g. ano de fabricação;
- h. "NBR 8182".

Notas:

1. No que se refere ao número de condutores e seção nominal, os cabos multiplexados auto-sustentados devem ser designados da seguinte forma:

$$N \times 1 \times S + S'$$

onde:

N é o número de condutores fase;

S é a seção nominal dos condutores fase (mm²);

S' é a seção nominal do condutor neutro (mm²).

2. É facultativa a inclusão do nome comercial do produto, preferencialmente após o nome do fabricante.
3. Recomenda-se que a marcação do cabo não interfira na identificação das fases.

4.7. Acabamento

Os fios de alumínio componentes do condutor fase e cabo neutro de sustentação devem apresentar superfície lisa, isenta de farpas, escamas, fissuras, mossas e outras imperfeições, possuir diâmetro uniforme e seção reta circular.

O condutor fase e o cabo neutro de sustentação devem ser lisos, regularmente cilíndricos e isentos de emendas, torceduras, farpas, talhos, fissuras, escamas, incrustações, arranhões ou outros defeitos.

A camada de material isolante aplicada sobre o condutor fase deve ser contínua, uniforme e homogênea ao longo de todo o comprimento do condutor, ser de fácil remoção e não aderente ao condutor.

5. Condições Específicas

5.1. Características Construtivas

5.1.1. Dimensões

Os cabos devem apresentar dimensões em conformidade com o padrão C-05 apresentado no Desenho 8.1 desta especificação.

5.1.2. Material

5.1.2.1. Fios Formadores do Condutor Fase

Os fios formadores do condutor fase devem ser de alumínio nu (Al) com condutividade mínima de 61% IACS a 20°C.

5.1.2.2. Fios Formadores do Condutor Neutro de Sustentação

Os fios componentes do cabo neutro de sustentação podem ser de alumínio nu, 1350, têmpera dura (CA), ou de liga de alumínio, magnésio e silício (CAL) conforme Tabela 8.3 desta Especificação.

5.1.2.3. Isolação do Condutor Fase

A isolação deve ser constituída por composto extrudado à base de polietileno reticulado (XLPE), com características físicas conforme a NBR 6251 e NBR 8182.

Quando a isolação for na cor preta, deve conter negro-de-fumo disperso, com teor mínimo de 2 %, quando determinado conforme a NBRNM-IEC 60811-4-1.

Quando a isolação possuir cor diferente da preta, ela deve conter aditivos que a protejam contra radiação ultravioleta.

A isolação pode ser em dupla camada desde que a camada externa não ultrapasse 30% da espessura total da isolação. As camadas interna e externa devem ser aplicadas simultaneamente de forma a garantir a não formação de vazios entre elas. A camada interna deve ser na cor preta e deve conter negro-de-fumo disperso, com teor mínimo de 2 %, quando determinado conforme a NBR NM-IEC 60811-4-1. A camada externa deve conter aditivos que a protejam contra radiação ultravioleta.

5.1.3. Características Mecânicas

5.1.3.1. Encordoamento

Os condutores fase deverão ter classe de encordoamento 2, conforme NBR NM280.

O cabo neutro de sustentação deve ter formação conforme Tabela 8.3 e o encordoamento deve satisfazer aos requisitos das normas NBR 5118, NBR NM 280 e NBR 10298, de acordo com a bitola e material de constituição.

5.1.3.2. Passo de reunião dos condutores

O passo de reunião dos condutores deve ser no máximo 60 vezes o diâmetro do condutor fase. A verificação do passo deve ser conforme NBR 15443. Não podem ser considerados os comprimentos iniciais da bobina ou rolo que possam apresentar alterações no passo de reunião.

5.1.3.3. Resistência à Tração

A resistência mínima a tração dos fios componentes dos condutores fase, antes do encordoamento, deve ser de 105MPa.

O cabo neutro de sustentação deve apresentar carga mínima de ruptura conforme Tabela 8.3.

5.2. Características Elétricas

A capacidade de condução de corrente dos cabos completos deve estar conforme a Tabela 8.1 do desenho padrão C-05.

A resistência elétrica máxima dos cabos isolados, referida a 20°C deve estar conforme a Tabela 8.2, e do cabo nu de sustentação conforme Tabela 8.3.

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 multiplexados 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:

- a. o projeto for modificado pelo fabricante;
- b. o material apresentar problemas durante ou após o fornecimento;
- c. 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.

6.2. Acondicionamento

O acondicionamento dos cabos deve estar de acordo com as normas NBR 7312, NBR 8182 e NBR 11137. O núcleo do carretel deve ter diâmetro mínimo conforme a NBR 9511.

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. tensão de isolamento (0,6/1kV);
- f. número de condutores fase e secção nominal do(s) condutor(es) fase e condutor neutro (mm²);
- g. material do condutor fase e do condutor neutro (CA ou CAL) e da isolamento (XLPE);
- h. "NBR 8182";
- i. Comprimento do lance (m);
- j. massa bruta do volume (kg);
- k. número de série do carretel;
- l. seta indicando o sentido de rotação para desenrolar.

Os rolos devem conter etiqueta com as indicações acima, com exceção àquelas apresentadas nas alíneas "k" e "l".

Nota: No que se refere à alínea "f", recomenda-se que os cabos multiplexados auto-sustentados sejam designados da maneira sugerida em 4.6.2.

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	X	X	
7.3.5	Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Ambiente	X	X	
7.3.6	Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Máxima	X	X	
7.3.7	Ensaio de Tensão Elétrica de Longa Duração	X		X
7.3.8	Ensaios Físicos do Composto da Isolação	X		X
7.3.9	Ensaio para Determinação do Coeficiente por Graus Celsius	X		X
7.3.10	Ensaios Físicos na Isolação Após Envelhecimento Artificial em Camara UV	X		X
7.3.11	Ensaio de Tração de Ruptura no Cabo Neutro	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 4.5.1.

7.3.1.2. Acabamento

Deve atender os requisitos mencionados no item 4.7.

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

Os cabos devem ser submetidos a exame dimensional e devem ser considerados reprovados neste ensaio, caso seja detectada qualquer divergência em relação ao item 5.1.1 desta especificação.

7.3.3. Ensaio de Resistência Elétrica

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

A resistência elétrica do condutor neutro, referida a 20 °C e a um comprimento de 1 km, não pode ser superior aos valores indicados na Tabela 8.3.

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

Os cabos, quando submetidos à tensão elétrica alternada de 4kV, frequência 48 Hz a 62 Hz, não podem apresentar perfuração.

O tempo de aplicação da tensão elétrica deve ser de 5 min.

Os cabos devem ser ensaiados a seco e a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor fase e todos os outros condutores curto-circuitados e aterrados.

Em alternativa, o ensaio de tensão elétrica pode ser efetuado com tensão elétrica contínua de valor igual a 9,6kV.

O ensaio deve ser realizado conforme NBR 6881.

7.3.5. Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Ambiente

A resistência de isolamento do cabo isolado, 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 isolação (mm);

d é o diâmetro nominal sob a isolação (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 após o ensaio de tensão elétrica aplicada conforme NBR 6813. No caso do ensaio do item 7.3.4 ter sido realizado com tensão contínua, a medida

da resistência de isolamento deve ser feita 24 horas após os condutores terem sido curto-circuitados e aterrados.

No caso de ensaio de tipo, a medição da resistência de isolamento deve ser feita com o corpo-de-prova constituído de comprimento mínimo de 5m imerso em água, pelo menos 1h antes do ensaio.

7.3.6. Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura de Máxima

A resistência de isolamento dos cabos isolados, a temperatura de 90°C e referida a um comprimento de 1km, não deve ser inferior ao valor calculado pela equação apresentada no item 7.3.5 tomando o $k_f = 3,70M\Omega.km$.

A temperatura do condutor deve ser obtida pela imersão da amostra em água por um tempo não inferior a 2 horas, com temperatura de 90±2°C.

A medição da resistência de isolamento deve ser efetuada com tensão elétrica contínua de valor 300 a 500V aplicada por um período mínimo de 1 minuto e máximo de 5 minutos e o corpo de prova deve ter um comprimento mínimo de 10m.

Este ensaio deve ser realizado conforme NBR 6813.

7.3.7. Ensaio de Tensão Elétrica de Longa Duração

O cabo, de comprimento mínimo de 5 m, não deve apresentar perfuração quando submetido à tensão elétrica alternada de 10 kV, na frequência 48 a 62 Hz.

A tensão elétrica alternada deve ser aplicada por 30 minutos continuamente.

A amostra deve ficar imersa em água por um tempo não inferior a 24 horas, antes do ensaio, e a tensão elétrica alternada deve ser aplicada entre cada condutor isolado e a água.

Este ensaio deve ser realizado conforme NBR 6881.

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

7.3.8. Ensaios Físicos do Composto da Isolação

Os ensaios físicos na isolação devem estar de acordo com a NBR 6251, com os respectivos métodos de ensaio e requisitos.

A verificação do teor de negro-de-fumo, que não deve ser inferior ao valor indicado em 5.1.2.3, deve ser realizada conforme NBR NM IEC 60811-4-1.

7.3.9. Ensaio para Determinação do Coeficiente por Graus Celsius (°C)

O corpo-de-prova deve ser preparado e ensaiado conforme NBR 6813 e o coeficiente por graus Celcius 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.

7.3.10. Ensaios Físicos da Isolação Após Envelhecimento Artificial em Câmara UV

Este requisito é aplicável à isolamento de cabos de camada única com coloração diferente de preto e à isolamento de cabos de dupla camada.

Os corpos-de-prova devem ser submetidos às condições de ensaio por 2 000 h.

Após o tempo de exposição especificado, os corpos-de-prova não devem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura superior a 25 %, em relação aos seus respectivos valores originais.

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e condições descritas na ASTM G 155 (Método A) ou na NBR 9512. 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 preparados conforme NBR NM-IEC 60811-1-1.

Nota:

Quando não for possível preparar o corpo-de-prova preservando a camada colorida, de comum acordo entre fabricante e FECOERGS, pode ser definido outro método para elaboração dos ensaios.

7.3.11. Ensaio de Tração de Ruptura no Cabo Neutro

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

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 carga de ruptura especificados na Tabela 8.3.

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. Ensaios de Tipo ou Complementares

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.

As amostras para ensaios executados em corpos de prova devem estar de acordo com o prescrito na metodologia específica de cada ensaio.

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. Ensaios 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 7.3.

Tabela 7.3 – Amostragem para Ensaios de Recebimento

Número de Bobinas	Amostra		Ac	Re
	Sequência	Tamanho		
Até 25	-	3	0	1
26 a 90	1a	8	0	2
	2a	8	1	2
91 a 150	1a	13	0	3
	2a	13	3	4
151 a 280	1a	20	1	4
	2a	20	4	5

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.

7.6. Critérios de Aceitação e Rejeição

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.

7.6.1. 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 falharem em qualquer dos ensaios, o projeto será rejeitado.

7.6.2. Critérios para Aceitação ou Rejeição nos Ensaios de Recebimento

A aceitação ou rejeição dos cabos deve ser efetuada de acordo com a Tabela 7.3.

Se um corpo de prova for reprovado em determinado ensaio, este deverá ser repetido em outros corpos de prova da mesma amostra (bobina).

8. Desenhos

8.1. Padrão C-05: Cabos Multiplexados de Alumínio

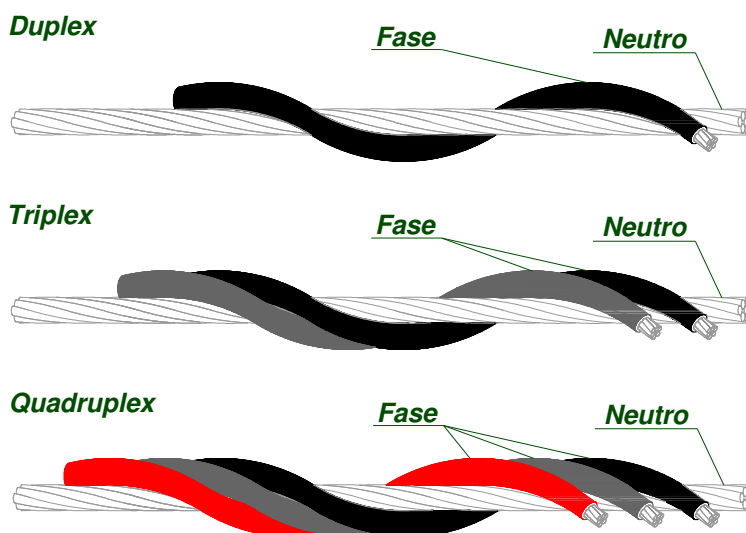


Tabela 8.1 – Características Gerais

Código FECOERGS	Tipo	Secção Nominal (mm ²)		Massa Aproximada do Cabo (kg/km)	Capacidade de condução de corrente (A)	
		Fase	Neutro		Temperatura Ambiente 30°C	Temperatura Ambiente 40°C
1	2	3	4	5	6	7
C-05.2/1	Duplex	10	10	79	74	65
C-05.2/2		16	16	112	98	86
C-05.3/1	Triplex	10	10	131	63	55
C-05.3/2		16	16	181	83	73
C-05.3/3		25	25	280	111	97
C-05.3/4		35	35	440	136	119
C-05.4/1	Quadruplex	10	10	183	51	44
C-05.4/2		16	16	259	68	59
C-05.4/3		25	25	380	93	80
C-05.4/4		35	35	515	116	100
C-05.4/5		50	50	669	141	122
C-05.4/6		70	70	931	181	157
C-05.4/7		120	70	1449	265	229

Tabela 8.2 – Características dos Condutores Fase

Seção Nominal (mm ²)	Número de Fios		Diâmetros (mm)		Espessura da Isolação (mm)	Resistência Elétrica Máxima (20°C)
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo		
1	2	3	4	5	6	7
10	6	7	3,6	4,1	1,2	3,08
16	6	7	4,6	5,2	1,2	1,91
25	6	7	5,6	6,5	1,4	1,2
35	6	7	6,6	7,5	1,6	0,868
50	6	19	7,7	8,6	1,6	0,641
70	12	19	9,3	10,2	1,8	0,443
120	15	37	12,5	13,5	2	0,253

Tabela 8.3 – Características do Condutor Neutro de Sustentação

Seção Nominal (mm ²)	Formação		Tipo de Cabo	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Resistência Elétrica Máxima (20°C) (Ω/km)
	N.º Fios	Diâmetro Nominal (mm)			
1	2	3	4	5	6
10	7	1,36	CA	195	3,08
16	7	1,70		300	1,91
25	7	2,11		446	1,20
35	7	2,50	CAL	1.092	0,97
50	7	3,00		1.572	0,67
70	7	3,45		1.991	0,51

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, foram calculados de acordo com a NBR 1130, nas seguintes condições: carga equilibrada; intensidade da radiação solar igual a 1.000W/m²; sem vento; temperatura máxima do condutor igual a 90°C; coeficiente de absorção do material da cobertura igual a 0,4.