



Título do Documento:

Rede Compacta de Distribuição de Energia
Elétrica: Cabos de Potência e Cabos
Mensageiros

Tipo: FECO-D-13

Norma Técnica e Padronização

As sugestões deverão ser enviadas à Federação das Cooperativas de Energia do Estado de Santa Catarina – FECOERUSC:

Departamento Técnico FECOERUSC;

Grupo Revisor – edição fevereiro/ 2010;

Endereço – Rodovia SC 444, km 04 Rua Linha Três Ribeirões;

Bairro: Liri;

Cidade – Içara – SC;

Cep: 88820-000;

Fone Fax: (0xx48) 3443 – 7796;

Coordenação do Programa de Padronização do Sistema FECOERUSC;

Contato - e-mail - fecoerusc@fecoerusc.coop.br.

Entidades e participantes na elaboração das normas técnicas do programa de padronização do sistema FECOERUSC

<p>FECOERUSC - FEDERAÇÃO DAS COOPERATIVAS DE ENERGIA DE SANTA CATARINA Presidente : José Grasso Comelli Gerente Administrativo : Adermo Francisco Crispim Coordenador Programa Padronização: Eng. João Belmiro Freitas Assessor Técnico: Valdemar Venturi Assistente Técnico: Evandro Reis</p>	
<p>CEESAM – COOPERATIVA DE ENERGIA ELÉTRICA SANTA MARIA Rua Frei Ernesto, 131 CEP: 89125-000 Benedito Novo Fone: (47) 3385-3101 Email: ceesam@terra.com.br Presidente: Marcos Persuhn</p>	
<p>CEGERO – COOPERATIVA DE ELETRICIDADE SÃO LUDGERO Rua Padre Auling, 254 – Centro CEP: 88730-000 São Ludgero Fone: (48) 3657-1110 Email: cegero@cegero.coop.br Presidente:</p>	
<p>CEJAMA – COOPERATIVA DE ELETRICIDADE JACINTO MACHADO Av. Padre Herval Fontanella, 1.380 CEP:88950-000 Jacinto Machado Fone: (48) 3535-1199 Email: contabil.cejama@contato.net Presidente:</p>	
<p>CEPRAG – COOPERATIVA DE ELETRICIDADE PRAIA GRANDE Rua Dona Maria José, 318 – Centro CEP: 88900-000 Praia Grande Fone: (48) 3532-6400 Email: ceprag@ceprag.com.br Presidente:</p>	
<p>CERAÇÁ - Cooperativa de Infra-Estrutura e Desenvolvimento Vale do Araçá Rua Miguel Couto, 254 CEP: 89868-000 Saudades Fone: (49) 3334-3300 Email: ceraca@ceraca.com.br Presidente:</p>	
<p>CERAL – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DE ANITÁPOLIS Rua Paulico Coelho, 11 – Centro CEP: 88475-000 Anitápolis Fone: (48) 3256-0153 Email: coopceral@yahoo.com.br Presidente:</p>	
<p>CERBRANORTE – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DE BRAÇO DO NORTE Rua Jorge Lacerda, 1761 CEP: 88750-000 Braço do Norte Fone: (48) 3658- 2499 Email: cerbranorte@cerbranorte.com.br Presidente:</p>	
<p>CEREJ – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO DO</p>	

<p>NÚCLEO COLONIAL SENADOR ESTEVES JÚNIOR Rua João Coan, 300 - Jardim São Nicolau / Br 101 - Km 195 CEP: 88160-000 Biguaçu Fone: (48) 3243-3000 Email: renato@cerej.com.br Presidente:</p>	
<p>CERGal – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL ANITA GARIBALDI Estrada Geral da Madre, 4.680 CEP 88706-100 Tubarão Fone: (48) 3301-5284 Email: cergal@cergal.com Presidente:</p>	
<p>CERGAPA – COOPERATIVA DE ELETRICIDADE DE GRÃO PARÁ Rua Jorge Lacerda, 45 CEP: 88890-000 Grão Pará Fone: (48) 3652-1150 Email: cooperativagp@bon.matrix.com.br Presidente:</p>	
<p>CERGRAL – COOPERATIVA DE ELETRICIDADE DE GRAVATAL Rua Engº Annes Gualberto, 288 – Centro CEP: 88735-000 Gravatal Fone: (48) 3642-2158 Email: cergral@bon.matrix.com.br Presidente:</p>	
<p>CERMOFUL – COOPERATIVA FUMACENSE DE ELETRICIDADE Rua Prefeito Paulino Bif, 151 – Centro CEP: 88830-000 Morro da Fumaça Fone: (48) 3434-8100 Email: cermoful@cermoful.coop.br Presidente:</p>	
<p>CERPALO – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DE PAULO LOPES Rua João de Souza, 355 – Centro CEP: 88490-000 Paulo Lopes Fone: (48) 3253-0141 Email: cerpalo@terra.com.br Presidente:</p>	
<p>CERSAD – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DE SALTO DONNER Rua da Glória, 130 CEP: 89126-000 Salto Donner Fone: (47) 3388-0166 Email: cersad@terra.com.br Presidente:</p>	
<p>CERSUL – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL SUL CATARINENSE Rua Antônio Bez Batti, 525 CEP: 88930-000 Turvo Fone: (48) 3525-8400 Email: cersul@cersul.com.br Presidente:</p>	
<p>CERTREL – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DE TREVISÓ Rua Prof. José Abati, 588 CEP: 88862-000 Trevisó Fone: (48) 3469-0029 Email: certrel@cyber.com.br Presidente:</p>	
<p>COOPERA – COOPERATIVA PIONEIRA DE ELETRIFICAÇÃO Av. 25 de Julho, 2.736 CEP: 88850-000 Forquilha Fone: (48) 2102-1212 Email: coopera@coopera.com.br Presidente:</p>	

<p>COOPERALIANÇA – COOPERATIVA ALIANÇA Rua Ipiranga, 333 – Centro CEP: 88820-000 Içara Fone: (48)3461-3200 Email: cooperalianca@cooperalianca.com.br Presidente:</p>	
<p>COOPERCOCAL – COOPERATIVA DE ENERGIA COCAL DO SUL Av. Polidoro Santiago, 555 CEP: 88845-000 Cocal do Sul Fone: (48) 3447-7000 Email: coopercocal@engeplus.com.br Presidente:</p>	
<p>COOPERMILA – COOPERATIVA MISTA LAURO MULLER Rua 20 de Janeiro,418 CEP: 88880-000 Lauro Muller Fone: (48) 3464-3060 Email: coopermila@coopermila.com.br Presidente:</p>	
<p>COOPERZEM – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DE ARMAZÉM Rua Emiliano Sá, 184 CEP: 88740-000 Armazém Fone: (48) 3645-4000 Email: cooperzem@cooperzem.com.br Presidente:</p>	
<p>COORSEL – COOPERATIVA REGIONAL SUL DE ELETRIFICAÇÃO RURAL Av. 7 de Setembro, 288 – Centro CEP: 88710-000 Treze de Maio Fone: (48) 3625-0141 Email: coorsel@coorsel.com.br Presidente:</p>	
<p>SATC EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA Rua Pascoal Meller, 75 – Universitário CEP: 88805-380 Criciúma - SC Fone: (48) 3431-7654 Email: extensao@satc.edu.br Diretora:</p>	

A coordenação do Programa de Padronização do Sistema FECOERUSC agradece as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na elaboração desta Norma Técnica.

**REDE COMPACTA DE DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA: CABOS DE
POTÊNCIA E CABOS MENSAGEIROS**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO.....	12
2 CAMPO DE APLICAÇÃO	13
3 RESPONSABILIDADES	14
3.1 LEGISLAÇÃO.....	14
3.2 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS	18
4 TERMOS E DEFINIÇÕES	19
4.1 CABO COBERTO	19
4.2 CONDUTOR BLOQUEADO	19
4.3 FIO DE AÇO-ALUMÍNIO	19
4.4 FIO DE AÇO-ZINCADO	20
4.5 FIO DE ALUMÍNIO-LIGA.....	20
4.6 CABOS COMPOSTOS.....	20
4.7 TRILHAMENTO ELÉTRICO	20
4.8 EROSÃO	21
4.9 RACHADURA.....	21
4.10 FISSURA.....	21
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS – CABOS DE POTÊNCIA	22
5.1 GENERALIDADES.....	22
5.2 GENERALIDADES DO CABO COBERTO	22
5.3 CONDIÇÕES GERAIS DO CABO COBERTO	23
5.4 ACONDICIONAMENTO DO CABO COBERTO	23
5.5 CONDIÇÕES DE SERVIÇO DO CABO COBERTO	25
5.5.1 Condições de serviço	25
5.5.2 Condições de operação em regime permanente	25
5.5.3 Condições de operação em regime de sobrecarga	26
5.5.4 Condições de operação em regime de curto-circuito	26



5.6 ASPECTOS CONSTRUTIVOS GERAIS DO CABO COBERTO.....	26
5.6.1 Condutor	26
5.6.2 Blindagem semicondutora	27
5.6.3 Cobertura	27
6 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DO CABO COBERTO	29
6.1 MATERIAL DO CONDUTOR – BLINDAGEM SEMICONDUCTORA E COBERTURA.....	29
6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CONDUTOR DE ALUMÍNIO ENCORDADO	
6.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO COMPLETO	30
6.4 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE	30
6.5 MASSA TOTAL DO CABO COMPLETO.....	31
6.6 TEOR E DISPERSÃO DE NEGRO DE FUMO.....	31
6.7 RAIOS MÉDIO GEOMÉTRICO DO CABO	32
7 INSPEÇÃO – ENSAIOS E REQUISITOS DO CABO COBERTO	33
7.1 GENERALIDADES.....	33
7.2 INSPEÇÃO GERAL.....	33
7.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS.....	34
7.4 ENSAIOS DE TIPO E DE RECEBIMENTO.....	35
7.4.1 Verificação dimensional	35
7.4.2 Ensaio físico para a blindagem semicondutora	36
7.4.3 Ensaio mecânico antes e após envelhecimento artificial, em câmara UV, do material da cobertura.....	36
7.4.4 Ensaio físico para os materiais da cobertura	37
7.4.5 Temperatura de fusão e de oxidação dos materiais da cobertura.....	37
7.4.6 Tensão elétrica aplicada na cobertura	38
7.4.7 Verificação da aderência da cobertura.....	39
7.4.8 Tração e alongamento à ruptura do condutor	40
7.4.9 Medição da resistência elétrica do condutor.....	41
7.4.10 Tensão elétrica aplicada no cabo	41
7.4.11 Resistência ao trilhamento elétrico	41
7.4.11.1 Preparação dos corpos de prova	42
7.4.11.2 Preparação da solução contaminante	43

7.4.11.3 Execução do ensaio	44
7.4.11.4 Avaliação dos resultados – requisitos	45
7.4.12 Resistência a abrasão.....	45
7.4.13 Resistência a penetração longitudinal de água.....	47
7.4.14 Verificação da compatibilidade do material de bloqueio com conexões elétricas.....	47
7.4.15 Resistência de isolamento à temperatura ambiente	48
7.4.16 Permissividade relativa.....	49
7.4.17 Relatório de ensaios	49
8 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO CABO COBERTO.....	51
8.1 GENERALIDADES	51
8.2 AMOSTRAGEM	51
8.2.1 Ensaio para aprovação do tipo	51
8.2.2 Ensaio de recebimento	52
8.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO.....	53
8.3.1 Ensaio de recebimento	53
9 GARANTIA	54
10 CONSIDERAÇÕES GERAIS – CABOS MENSAGEIROS	55
10.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	55
10.2 ACONDICIONAMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS	55
10.3 ACABAMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS	56
11 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DOS CABOS MENSAGEIROS	57
11.1 MATERIAIS E DIMENSÕES DOS CABOS MENSAGEIROS	57
11.1.1 Fios de aço zincado	57
11.1.2 Fios de aço alumínio.....	58
11.1.3 Fios de alumínio-liga.....	58
11.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO CABO COMPLETO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	58
11.2.1 Encordoamento dos cabos messageiros	59

11.2.2 Emendas dos cabos messageiros.....	59
11.2.3 Diâmetro e área da seção transversal dos cabos messageiros	60
11.2.4 Massa dos cabos messageiros.....	60
11.2.5 Designação dos cabos messageiros.....	60
11.3 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	61
11.3.1 Ductilidade dos fios componentes	61
11.3.2 Alongamento e ruptura dos fios componentes	61
11.3.3 Carga de ruptura dos cabos completos	62
11.4 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS CABOS MENSAGEIROS	62
11.4.1 Resistência elétrica dos fios componentes	62
11.4.2 Resistência elétrica dos cabos completos	63
12 INSPEÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS	64
12.1 GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS	64
12.2 INSPEÇÃO GERAL DOS CABOS MENSAGEIROS.....	64
12.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	65
12.4 ENSAIOS DE TIPO E DE RECEBIMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS....	65
12.5 DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	66
12.5.1 Verificação da ductilidade do fio (resistência de cisalhamento).....	66
12.5.2 Medição do alongamento e carga de ruptura do fio.....	66
12.5.3 Medição da resistência elétrica do fio	66
12.5.4 Verificação da espessura da camada de alumínio do fio	67
12.5.5 Verificação do revestimento de zinco do fio.....	67
12.5.6 Verificação dimensional	67
12.5.7 Verificação da massa do cabo	68
12.5.8 Medição da carga de ruptura do cabo.....	68
13 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS	69
13.1 GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS	69
13.2 AMOSTRAGEM DOS CABOS MENSAGEIROS.....	69
13.2.1 Ensaio para aprovação do tipo	69
13.2.2 Ensaio e recebimentos	70
13.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	70

13.4 RELATÓRIOS DE ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	71
---	----

ANEXOS	72
ANEXO A - Características físicas da blindagem semicondutora	73
ANEXO B - Características físicas dos compostos da cobertura.....	74
ANEXO C - Características físicas do cabo de potência e cabo mensageiro...75	
ANEXO D - Ensaio de tipo e recebimento	76
ANEXO E - Pesos a serem usados no ensaio de abrasão.....	78
ANEXO F - Fatores para correção da resistência de isolamento em função da temperatura (XLPE / HDPE).....	79
ANEXO G - Plano de amostragem para os ensaios de recebimento	81
ANEXO H - Características dos fios formadores do cabo	82
ANEXO I - Corpo de prova e dispositivo para ensaio de aderência da cobertura	83
ANEXO J - Dispositivo para ensaio de abrasão	84

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 11 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

1 INTRODUÇÃO

As exigências aqui apresentadas estão em consonância com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, recomendações do Comitê de Distribuição - CODI, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADEE e Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

Esta Norma poderá, em qualquer tempo, sofrer alterações no todo ou em parte, por razões de ordem técnica, para melhor atendimento às necessidades do sistema, motivos pelos quais os interessados deverão, periodicamente, consultar a FLUMINENSE quanto a eventuais alterações.



As prescrições desta Norma se destinam à orientação dos consumidores e não implicam em quaisquer responsabilidades da FLUMINENSE, com relação à qualidade e segurança dos materiais fornecidos por terceiros e sobre riscos e danos à propriedade, sendo que esses materiais fornecidos devem atender às exigências contidas no "Código de Defesa do Consumidor".

Esta Norma é aplicada às condições normais de fornecimento de energia elétrica. Os casos não previstos, ou aqueles que pelas características excepcionais exijam tratamento à parte, deverão ser encaminhados previamente à FLUMINENSE para apreciação.

A presente Norma não invalida qualquer outra da ABNT ou de outros órgãos competentes, a partir da data em que a mesma estiver em vigor. Todavia, em qualquer ponto em que, porventura, surgirem divergências entre esta Norma técnica e as normas dos órgãos citados, prevalecerá às exigências mínimas aqui estabelecidas.

Quaisquer críticas e/ ou sugestões para o aprimoramento desta Norma serão analisadas e, caso sejam válidas, incluídas ou excluídas deste texto.



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 12 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

1.1 OBJETIVO

Esta Norma fixa os critérios e as exigências técnicas mínimas relativas à fabricação e recebimento de cabos de potência, de aço-alumínio, aço-zincado e alumínio-liga, cobertura com material polimérico, resistente ao trilhamento elétrico e às intempéries. Esta Norma define ainda os requisitos mínimos de qualificação e a aceitação de cabos mensageiros para circuitos aéreos compactos de distribuição de energia elétrica, com classes de tensões elétricas de 15 kV, 25 kV e 35 kV.



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 13 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

A presente Norma Técnica de Padronização – Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros - FECO-D-13 aplica-se às cooperativas conveniadas ao sistema FECOERUSC e aos seus fornecedores de materiais.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 14 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	



3 RESPONSABILIDADES

3.1 LEGISLAÇÃO

O projeto está embasado nos seguintes ordenamentos legais e normas concernentes:



- Norma Regulamentadora NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NBR 5118 - Fios de Alumínio Nus de Seção Circular para fins Elétricos;
- NBR 5285 - Fios de liga de alumínio-magnésio-silício, têmpera T81, nus, de seção circular, para fins elétricos – Especificação;
- NBR 5426 - Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos - Procedimentos;
- NBR 5456 - Eletricidade Geral - Terminologia;
- NBR 5471 - Condutores Elétricos - Terminologia;
- NBR 5909 - Cordoalhas de fios de aço zincados, para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares – Especificação;
- NBR 6236 - Madeiras para Carretéis para Fios, Cordoalhas e Cabos - Especificações;
- NBR 6238 - Ensaios de Envelhecimento Acelerado para Fios e Cabos Elétricos;
- NBR 6239 - Ensaios de Deformação a Quente para Fios e Cabos Elétricos;
- NBR 6241 - Tração à Ruptura em Materiais Isolantes e Coberturas Protetoras Extrudadas para Fios e Cabos Elétricos;
- NBR 6242 - Verificação Dimensional para Fios e Cabos Elétricos;
- NBR 6246 - Ensaios de Dobramento a Frio para Fios e Cabos Elétricos;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 15 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	



- NBR 6252 - Condutores de Alumínio para Cabos Isolados - Características Dimensionais, Elétricas e Mecânicas;
- NBR 6653 - Fitas de Aço para Embalagem - Especificações;
- NBR 6756 - Fios de aço zincados para alma de cabos de alumínio e alumínio liga;
- NBR 6810 - Ensaio de Tração à Ruptura em Componentes Metálicos – Método de Ensaio;
- NBR 6813 - Fios e Cabos de Potência ou Controle - Ensaio de Tensão Elétrica - Resistência de Isolamento - Método de Ensaio;
- NBR 6814 - Fios e Cabos Elétricos - Ensaio de Resistência Elétrica;
- NBR 7040 - Fios e Cabos Elétricos - Absorção de Água - Método de Ensaio;
- NBR 7042 - Fios e Cabos Elétricos - Ensaio de Retração ao Calor - Método de Ensaio;
- NBR 7104 - Fios e Cabos Elétricos - Determinação do Teor de Negro de Fumo e Conteúdo Componente Mineral em Polietileno - Método de Ensaio;
- NBR 7271- Cabos de Alumínio Nu para Linhas Aéreas;
- NBR 7272 - Cabos Elétricos de Alumínio - Ruptura e Característica Dimensional - Método de Ensaio;
- NBR 7292 - Fios e Cabos Elétricos - Determinação de Grau de Reticulação - Método de Ensaio;
- NBR 7295 - Fios e Cabos Elétricos - Ensaio de Capacitância e Fator de Dissipação;
- NBR 7300 - Fios e Cabos Elétricos - Ensaio de Resistividade Volumétrica - Método de Ensaio;
- NBR 7309 - Armazenamento, Transporte e Movimentação dos Elementos Componentes dos Carretéis de Madeira para Condutores Elétricos - Procedimento;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 16 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	



- NBR 7310 - Transporte, Armazenamento e Utilização de Bobinas de Condutores Elétricos em Madeira - Procedimento;
- NBR 9511 - Cabos Elétricos - Raio Mínimo de Curvatura para Instalação e Diâmetro Mínimos de Núcleos de Carretéis para Acondicionamento - Procedimento;
- NBR 9512 - Fios e Cabos Elétricos - Intemperismo Artificial sob Condensação de Água, Temperatura e Radiação Ultravioleta - B Proveniente de Lâmpadas Fluorescentes - Método de Ensaio;
- NBR 10296 - Material Isolante Elétrico - Avaliação da Resistência ao Trilhamento Elétrico e Erosão sob Severas Condições Ambientais - Método de Ensaio;
- NBR 10711 - Fios de Aço-Alumínio Nus, Encruados, de Seção Circular para Fins Elétricos;
- NBR 11137 - Carretéis de Madeira para Acondicionamento de Fios e Cabos Elétricos Dimensões e Estruturas - Padronização;
- 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 Sistema de Potência - Especificação;
- NBR 11788 - Conectores de Alumínio para Ligação Aérea de Condutores Elétricos em Sistemas de Potência - Especificação;
- NBR 11873 - Cabos Aéreos Cobertos com XLPE para Uso em Regiões Arborizadas com Tensões de 15 kV e 25 kV - Especificações;
- ASTM-D-150 - Test Methods A-C Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulating Materials;
- NBR NM-IEC 60811-1-1/2 - Métodos de Ensaio Comuns para os Materiais de Isolação e de Cobertura de Cabos Elétricos;
- ASMT - D - 3418 - Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Thermal Analysis;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 17 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

- ASTM - G - 155 - Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials;
- BS - 2782 - Part 8 - Methods for the Assessment of Carbon Black Dispersion in Polyethylene Using a Microscope;
- IEC - 61597 - Overhead Electrical Conductors - Calculation Methods for Strand Conductor;
- NE - 104 E – Especificação de Cabos Cobertos para Redes de Distribuição Aérea Primária Compacta em Espaçadores – CELESC;
- NE - 109 E – Especificação de Cabo Mensageiro Para Rede de Distribuição Aérea Primária Compacta com Cabo Coberto em Espaçadores – CELESC.



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 18 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

3.2 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

Compete aos órgãos de planejamento, engenharia, patrimônio, suprimentos, elaboração de projetos, construção, ligação, manutenção e operação do sistema elétrico cumprir e fazer cumprir este instrumento normativo.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 19 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

4 TERMOS E DEFINIÇÕES

4.1 CABO COBERTO

Cabo dotado de cobertura protetora extrudada de material polimérico, que visa reduzir a corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e diminuir o espaçamento entre condutores.



4.2 CONDUTOR BLOQUEADO

Condutor cujos interstícios (intervalo que separa dois órgãos ou dois corpos contíguos, mas não unidos; neste caso os espaços internos entre os tentos que formam o cabo) são preenchidos ao longo do seu comprimento com a finalidade de conter a entrada de água pelo interior ao longo do condutor.

4.3 FIO DE AÇO-ALUMÍNIO

Fio metálico composto por um núcleo de aço de alta resistência mecânica, coberto com uma camada de alumínio.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 20 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

4.4 FIO DE AÇO-ZINCADO

Fio metálico composto por um núcleo de aço de alta resistência mecânica, coberto com uma camada de zinco.

4.5 FIO DE ALUMÍNIO-LIGA

Fio metálico constituído de alumínio, contendo magnésio e silício como elementos de liga.



4.6 CABOS COMPOSTOS

Cabo composto por fios de aço-alumínio, intercalados com fios de alumínio-liga.

4.7 TRILHAMENTO ELÉTRICO

Degradação irreversível do material isolante provocada pela formação de caminhos que se iniciam e se desenvolvem na superfície de um material isolante, sendo condutivos mesmo quando seco.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 21 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

4.8 EROSÃO

Degradação irreversível e não condutiva da superfície do isolador, que ocorre por perda de material. Pode ser uniforme, localizada ou ramificada.



4.9 RACHADURA

Fatura superficial de profundidade superior a 0,1 mm.

4.10 FISSURA

Microfratura superficial de profundidade entre 0,01 a 0,1 mm.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 22 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS – CABOS DE POTÊNCIA

5.1 GENERALIDADES

Os fornecedores de qualquer equipamento e acessório objeto desta especificação devem ser condicionados à aprovação dos ensaios de tipo definidos entre o fabricante e a FLUMINENSE. O mesmo pode ser substituído por um certificado de ensaio, emitido por um laboratório oficial ou credenciado, em comum acordo com a FLUMINENSE.

Os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratórios designados pela FLUMINENSE. Os ensaios de recebimento devem ser executados nas instalações do fabricante, salvo acordo contrário entre o fabricante e a FLUMINENSE. Por ocasião do recebimento, para fins de aprovação do lote, devem ser executados todos os ensaios de recebimento e os demais de tipo, quando exigidos pela FLUMINENSE.



O fornecedor não está isento de fornecer os materiais de acordo com esta especificação, independentemente se o mesmo foi inspecionado ou dispensado da inspeção.

5.2 GENERALIDADES DO CABO COBERTO

Os padrões apresentados nesta Norma são resultados de experiências já vivenciadas em cooperativas do sistema FECOERUSC – Federação das Cooperativas de Energia do Estado de Santa Catarina.

Esta Norma poderá sofrer modificações em função do desenvolvimento tecnológico dos materiais constantes nesta ou no caso de soluções práticas, conseguidas em campo, de forma a melhorar os citados padrões. Dessa forma os

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 23 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

interessados deverão, periodicamente, consultar a FLUMINENSE quanto às eventuais alterações.

5.3 CONDIÇÕES GERAIS DO CABO COBERTO

A superfície externa da cobertura do cabo deve ser marcada a intervalos regulares de até ± 500 mm, com caracteres permanentes, que não favoreçam o trilhamento elétrico na cobertura, contendo no mínimo as seguintes informações:

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) material e seção nominal em mm² do condutor;
- c) classe de tensão em kV;
- d) cabo não isolado – “não tocar”;
- e) material da cobertura;
- f) ano de fabricação;
- g) bloqueado (quando for o caso).



5.4 ACONDICIONAMENTO DO CABO COBERTO

Os cabos devem ser acondicionados em carretéis de madeira de forma a ficarem protegidos durante às operações usuais de manuseio, transporte e armazenagem, para tanto as bobinas devem ser fechadas com ripas transversais.

Os carretéis de madeira devem ser isentos de defeitos que possam vir a danificar os cabos e ter resistência adequada quando expostos às intempéries.

Os cabos devem ser fornecidos em lances que devem ter comprimento entre os limites nominais de 400 m (mínimo) e 1000 m (máximo), especificados na ordem de compra, autorização de fornecimento ou documento equivalente emitido

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 24 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

pela FLUMINENSE. Somente 5% do total do fornecimento poderá ser feito com lances irregulares, desde que os comprimentos não sejam inferiores a 50% do lance nominal.

O carretel deve possuir dimensões de acordo com a NBR-11137, com diâmetro de tambor respeitando o diâmetro mínimo calculado conforme NBR-9511. Cada carretel deve conter apenas um lance de cabo.



As extremidades dos cabos devem ser convenientemente seladas com capuzes de vedação, resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade durante o manuseio, transporte e armazenamento.

A madeira e os processos preservativos utilizados na confecção dos carretéis devem ser conforme a NBR-6236 e, externamente, os mesmos devem ser providos de tratamento adequado, de tal forma que não ataque o cabo.

As cintas de aço para embalagem e envolvimento final das bobinas devem ser conforme a NBR-6653. As bobinas devem ser identificadas com as seguintes informações:

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) material do condutor;
- c) seção nominal e a palavra “bloqueado”;
- d) material da cobertura;
- e) classe de tensão em kV;
- f) comprimento do lance em metros;
- g) massa bruta em kg;
- h) massa líquida em kg;
- i) nome do solicitante;
- j) número de série da bobina;
- k) número da autorização de fornecimento (AF);
- l) ano de fabricação;
- m) seta no sentido de rotação para desenrolar e a frase “desenrole neste sentido”.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 25 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

Para as condições de acondicionamento, transporte, armazenamento e movimentação de bobinas consultar a norma NBR-7310.

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

5.5 CONDIÇÕES DE SERVIÇO DO CABO COBERTO

5.5.1 Condições de serviço



Os cabos cobertos devem ser adequados para operar a uma altitude de até 1500 metros, em clima tropical com temperatura ambiente de -5 °C até 45 °C, média diária não superior a 35 °C, umidade relativa do ar de até 100%, precipitação pluviométrica média anual de 150 mm a 300 mm, sendo que ficarão expostos ao sol, à chuva, à poeira e intensa arborização.

O fornecedor deve garantir que o material utilizado na cobertura do cabo não favoreça a proliferação de fungos.

5.5.2 Condições de operação em regime permanente

A temperatura no condutor em regime permanente não deve ultrapassar 90 °C, para cobertura de material polimérico termofixo (XLPE) e 70 °C para cobertura de material polimérico termoplástico (LDPE/HDPE).

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 26 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

5.5.3 Condições de operação em regime de sobrecarga

A temperatura no condutor em regime de sobrecarga não deve ultrapassar 130 °C, para cobertura de material polimérico termofixo (XLPE) e 100 °C para cobertura de material polimérico termoplástico (LDPE/HDPE).

As sobrecargas não devem ultrapassar 100 horas em qualquer período de 12 meses consecutivos, nem 500 horas ao longo de toda a vida do cabo.

5.5.4 Condições de operação em regime de curto-circuito

A temperatura no condutor em regime de curto-circuito não deve ultrapassar 250 °C, para cobertura de material polimérico termofixo (XLPE) e 160 °C para cobertura de material polimérico termoplástico (LDPE/HDPE).

5.6 ASPECTOS CONSTRUTIVOS GERAIS DO CABO COBERTO



5.6.1 Condutor

O condutor deve ser de seção circular compactada, constituído por fios encordoados de alumínio.

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

São permitidas emendas nos fios de alumínio feitas durante o encordoamento, desde que fiquem separadas em mais de 15 m de qualquer outra

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 27 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

emenda, em qualquer coroa. As emendas devem ser feitas por pressão a frio ou solda elétrica de topo. Não são estabelecidos requisitos especiais mecânicos nos fios com emendas, porém, as mesmas devem atender às 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 200 mm de cada lado da emenda.

O bloqueio do condutor deve preencher totalmente os interstícios entre os fios componentes, com material compatível química e termicamente com os componentes do cabo. O material empregado como bloqueio deve ser facilmente visível em relação ao condutor e deve ser de classe térmica superior às condições de serviço do cabo. Não serão aceitos compostos pegajosos de difícil remoção da superfície do condutor.



5.6.2 Blindagem semicondutora

A blindagem do condutor deve ser constituída por camada semicondutora extrudada de material polimérico, compatível com o material da cobertura isolante termofixo ou termoplástico. A blindagem deve ser justaposta e aderente sobre o condutor, porém removível a frio. Ela é opcional para classe de tensão de 15 kV e obrigatória nas classes de tensões de 25 KV e 35 KV.

5.6.3 Cobertura

A cobertura poderá ser constituída por uma ou mais camadas de composto extrudado de material polimérico termofixo ou termoplástico. Sua espessura deve garantir o nível de suportabilidade dielétrica do cabo e a superfície

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------



	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 28 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

externa de cobertura deve prover o cabo de resistência às intempéries, trilhamento elétrico, radiação ultravioleta e abrasão mecânica.

A cobertura deve ser contínua e uniforme ao longo de todo o seu comprimento, tanto as camadas da cobertura quanto a blindagem semicondutora, de modo a não permitir a existência de vazios entre ambas ao longo de sua extensão.

Caso permaneçam resíduos, após a remoção da semicondutora sobre o condutor, os mesmos devem ser facilmente removíveis a frio.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 29 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

6 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DO CABO COBERTO

6.1 MATERIAL DO CONDUTOR – BLINDAGEM SEMICONDUTORA E COBERTURA

Os fios formadores do condutor devem ser de alumínio têmpera H19, condutividade mínima de 61%, IACS (International Annealed Copper Standard) a 20 °C, conforme a NBR-5118 e o condutor do cabo pronto tem de ser conforme a NBR-6252.

A blindagem semicondutora do condutor deve ser de composto polimérico, com requisitos físicos conforme anexo A.

As camadas de cobertura devem ser construídas por algum dos compostos poliméricos, com requisitos físicos conforme anexo B.



O fabricante deve garantir a compatibilidade e informar a descrição do material utilizado no bloqueio do condutor. O material de bloqueio também não deve causar prejuízo elétrico, térmico ou mecânico às conexões de compressão ou de aperto, normalmente utilizadas em redes aéreas com cabos de alumínio.

6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CONDUTOR DE ALUMÍNIO ENCORDADO

O número total de fios formadores e o diâmetro externo final do condutor encordado devem atender o contido no anexo C.

A relação de encordoamento para a coroa externa e para a coroa interna (se existir) deve estar compreendida entre 10 e 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). A relação de encordoamento da coroa externa deve ser menos ou igual ao da coroa interna (se esta existir).

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 30 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

6.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO COMPLETO

O diâmetro externo do cabo pronto deve ter os limites indicados nos anexo C.

A espessura máxima da camada de blindagem semicondutora do condutor deve ser igual ou inferior a 0,60 mm e a espessura mínima, em qualquer ponto de uma seção transversal, deve ser igual ou superior a 0,30 mm.

A espessura nominal da cobertura isolante deve ser igual ou superior aos valores indicados no anexo C. A espessura média da cobertura isolante, em qualquer seção transversal, não deve ser inferior ao valor nominal declarado pelo fabricante. A espessura mínima da cobertura isolante, em um ponto qualquer de uma seção transversal, não pode diferir do valor nominal declarado pelo fabricante em mais do que 0,1 mm + 10% do valor nominal.



Se o cabo possuir camada dupla, a camada externa deve ter espessura mínima igual à metade da espessura nominal da cobertura declarada pelo fabricante.

6.4 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

As correntes dos cabos abrangidos por esta especificação são mostradas no anexo C. O cálculo está baseado na norma NBR-11873, adotando-se as seguintes condições:

- material da cobertura: LDPE / HDPE ; XLPE;
- temperatura ambiente: 30 °C a 40 °C;
- velocidade do vento: 2,2 km/h;
- intensidade de radiação solar: 1000 W/m²;
- temperatura máxima do condutor: 70 °C a 90 °C;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 31 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

- resistividade da cobertura: $3,4 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$;
- coeficiente de absorção do material da cobertura: 0,4;
- emissividade térmica do material da cobertura: 0,8.

6.5 MASSA TOTAL DO CABO COMPLETO



As massas totais dos cabos cobertos estão indicadas em valores aproximados no anexo C. O fabricante deve fornecer a massa total real de seus cabos cobertos com erro máximo de 5%.

6.6 TEOR E DISPERSÃO DE NEGRO DE FUMO

Este requisito de informação aplica-se apenas às camadas de cobertura isolante que contenham negro de fumo em sua composição. O fabricante deve informar o teor de negro de fumo do material da cobertura, obtido conforme a NBR-7104, bem como o padrão de dispersão adotado, conforme norma BS-2782 Part 8, método B.

É recomendável que o padrão de dispersão se apresente conforme as figuras 1, 3 ou 4 da norma BS-2782 Part 8.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 32 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

6.7 RAI0 MÉDIO GEOMÉTRICO DO CABO

O raio médio geométrico do cabo pode ser calculado pela seguinte fórmula:



$$RMG = 0,7788 \times r$$

Onde:

- RMG = raio médio geométrico do cabo, em milímetro (mm);
- r = raio da envoltória do condutor, em milímetro (mm).

O fabricante deve fornecer o raio médio geométrico do condutor, caso seja diferente do valor calculado pela fórmula acima (expresso em milímetros com precisão de duas casas decimais).

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 33 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

7 INSPEÇÃO – ENSAIOS E REQUISITOS DO CABO COBERTO

7.1 GENERALIDADES

O cabo a ser fornecido conforme esta especificação estará sujeito à inspeção e ensaios pela FLUMINENSE. Antes do primeiro fornecimento, o fabricante deve comprovar por meio da realização dos ensaios de tipo, com laudo técnico (certificado), que o cabo satisfaz as exigências desta especificação.

Quando os ensaios de tipo já tiverem sido realizados em cabos de mesmo projeto, a FLUMINENSE a seu critério poderá, mediante análise dos relatórios de ensaios apresentados pelo fabricante, dispensar nova realização de algum ou de todos os ensaios de tipo. Estes relatórios deverão ser de ensaios realizados em laboratório reconhecido pela FLUMINENSE.



7.2 INSPEÇÃO GERAL

Antes de serem efetuados os ensaios, deve ser comprovado se o material contém todos os componentes e características, verificando:

- a) identificação, conforme item 5.3 desta Norma;
- b) acondicionamento, conforme item 5.4 desta Norma;
- c) aspectos construtivos, conforme item 5.6 desta Norma.

Observação: constitui falha o não atendimento a qualquer dos requisitos acima.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 34 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

7.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS

Para o material da blindagem semicondutora:

- alongamento à ruptura antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar;
- ensaios físicos:
 - temperatura de fragilização;
 - resistividade volumétrica.



Para o material de cobertura:

- ensaios mecânicos antes e após envelhecimento artificial em câmara de UV:
 - a tração a ruptura;
 - alongamento à ruptura;
- temperatura de fusão e de oxidação dos materiais da cobertura;
- ensaios mecânicos antes e após o envelhecimento artificial em estufa de ar;
 - tração a ruptura;
 - alongamento à ruptura;
- ensaios físicos:
 - deformação por calor;
 - alongamento a quente;
 - retração ao calor;
 - dobramento a frio;
 - absorção da água;
 - permissividade relativa.

Para o cabo coberto completo:

- inspeção geral;
- verificação dimensional;
- tensão elétrica aplicada na superfície da cobertura;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 35 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

- verificação da aderência da cobertura;
- tração e alongamento à ruptura do condutor;
- medição da resistência elétrica do condutor;
- tensão elétrica aplicada no cabo;
- resistência ao trilhamento elétrico;
- resistência abrasão;
- resistência a penetração longitudinal de água;
- verificação da compatibilidade do material de bloqueio com conexões elétricas;
- resistência de isolamento à temperatura ambiente;
- permissividade relativa.

7.4 ENSAIOS DE TIPO E DE RECEBIMENTO

A aplicação dos ensaios de tipo e de recebimento encontra-se no anexo D.



7.4.1 Verificação dimensional

A verificação dimensional deve ser feita em amostras de cabo pronto, retirando-se um corpo de prova de cada bobina amostrada.

O diâmetro do condutor encordado, a espessura da camada semicondutora, a espessura da cobertura isolante e o diâmetro externo do cabo completo devem ser determinados conforme a NBR-6242.

Constitui falho o não atendimento aos valores estabelecidos no anexo C.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 36 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

7.4.2 Ensaios físicos para a blindagem semicondutora

Os ensaios devem ser executados conforme os parâmetros e normas citados no anexo A. Os corpos de prova devem ser preparados conforme indicado na forma de cada ensaio, a partir da blindagem semicondutora. Devem ser preparados 5 (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, constitui falha a ocorrência de variação de resistência ao alongamento à ruptura maior que 25%.

Requisito: atender ao estabelecido no anexo A.



7.4.3 Ensaios mecânicos antes e após envelhecimento artificial, em câmara UV, do material da cobertura

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na norma ASTM-G-155 (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 preparados conforme a NBR NM-IEC 60811-1-1. Os corpos de prova devem ser submetidos às condições de ensaio por 2000 horas.

Requisito: após o tempo de exposição acima, os corpos de prova não devem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura, em relação aos valores originais, superior a 25%.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 37 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

7.4.4 Ensaios físicos para os materiais da cobertura

Os ensaios devem ser executados conforme os parâmetros e normas citados no anexo B.

Os corpos de prova devem ser preparados conforme indicado na norma de cada ensaio, a partir da cobertura retirada de amostra de cabo completo. Devem ser preparados 5 (cinco) corpos de prova para cada ensaio, preferencialmente a partir de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido.

No ensaio de envelhecimento em estufa de ar, devem ser determinadas as variações dos valores de resistência à tração e alongamento à ruptura, calculadas conforme o anexo B. No ensaio de envelhecimento em estufa a ar, constitui falha a ocorrência de variação de resistência à tração ou de alongamento à ruptura maior que 25%.

Requisito: nos demais ensaios, constituem falho o não atendimento por algum dos corpos de prova aos requisitos indicados no anexo B.



7.4.5 Temperatura de fusão e de oxidação dos materiais da cobertura

Para a temperatura de fusão deverá ser obedecida a norma ASTM-D-3418 e para a temperatura de oxidação a norma ASTM-E-2009.

O ensaio deve ser realizado por calorimetria diferencial de varredura (DSC), cobrindo-se a faixa de temperaturas desde 20 °C (ambiente) até + 30 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/minuto, em amostra de O₂.

Os corpos de prova devem ser preparados a partir da cobertura retirada de amostra de cabo completo. Devem ser obtidos 3 (três) corpos de prova, preferencialmente a partir de três diferentes bobinas componentes do lote produzido.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 38 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

Os corpos de prova devem possuir 0,5 mm de espessura e massa em torno de 3 mg, retirados da superfície externa da cobertura.

Como ensaio de tipo, constitui falho o não atendimento da temperatura de fusão de algum dos corpos de prova, de no mínimo 105 °C, não devendo haver pontos de transição em temperaturas abaixo desta (na faixa de temperaturas do ensaio), bem como variação superior a 2 °C entre os valores extremos obtidos.

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



- a) média dos valores obtidos para a temperatura de fusão dos corpos de prova fora da faixa compreendida pela média dos respectivos valores do ensaio tipo +/- 2 °C;
- b) variação superior a 2 °C entre os valores extremos obtidos para a temperatura de fusão dos corpos de prova;
- c) ocorrência de pontos de transição abaixo da temperatura de fusão, na faixa de temperaturas do ensaio, com qualquer dos corpos de prova, inferiores a 105 °C;
- d) ocorrência de oxidação ou degradação do material em temperatura inferior a 245 °C.

7.4.6 Tensão elétrica aplicada na cobertura

Os corpos de prova devem ter comprimento de pelo menos 300 mm e devem ser imersos em água, a temperatura ambiente, durante pelo menos 30 minutos, sendo 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 1 mm em torno dos corpos de prova, em dois pontos equidistantes das extremidades e separados entre

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 39 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

si por uma distância de 150 mm, que serão usados como eletrodos para aplicação da tensão especificada na sequência.

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

7.4.7 Verificação da aderência da cobertura



Os ensaios devem ser realizados em ambiente à temperatura de $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa $60\% \pm 10\%$. Deverão ser preparados 5 (cinco) corpos de prova da seguinte maneira:

- a) o comprimento de cada corpo de prova deve ser de 150 mm, a serem retirados desprezando-se 300 mm da(s) ponta(s) do cabo a ser ensaiado;
- b) devem ser retirados 50 mm da cobertura do cabo a partir da extremidade do corpo de prova, para que a amostra seja fixada ao conector e este ao equipamento de ensaio, conforme Anexo I. Os 10 cm restantes do condutor permanecem protegidos. O corte deve ser reto nas duas extremidades e no ponto em que vai ser desencapado o condutor.

Para a realização desse ensaio deverá ser utilizada uma máquina de tração universal adaptada com um conector na parte fixa e um engate para a retirada da proteção no travessão, conforme Anexo I. O conector deve estar adequado ao diâmetro do condutor. O procedimento deve ser o seguinte:

- a) calibrar a máquina, zerando-a;
- b) iniciar o deslocamento com velocidade de 50 mm/min, observar a variação de carga durante 60 s e anotar o valor da carga máxima obtida;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 40 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

- c) repetir o mesmo procedimento para os outros 4 (quatro) corpos de prova;
- d) anotar o maior valor obtido para cada ensaio.

Requisito: a aderência da cobertura deve ser tal que, segurando-se firmemente a parte coberta de um corpo de prova igual ao mostrado no Anexo I, não se consiga deslizar o condutor ao longo da cobertura pressionando-o com os dedos ou batendo-o contra uma superfície plana e rígida.

A força necessária para a retirada da cobertura do condutor não deve ser inferior a 20 daN para os cabos de seção até 50 mm², 30 daN para cabos de seção de 70 mm² até 120 mm² e 50 daN para cabos de seção maior ou igual a 150 mm².

Constitui falha se a média aritmética dos 5 (cinco) resultados obtidos no ensaio for inferior aos valores acima.



7.4.8 Tração e alongamento à ruptura do condutor

Devem ser ensaiados 3 (três) corpos de prova de comprimento adequado, retirados de amostra de 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 a NBR-7272, considerando-se como a RMC (ruptura mínima) o valor da carga mínima de ruptura indicado no anexo C.

Requisito: a carga de tração à ruptura dos condutores dos cabos cobertos deve atender aos valores mínimos especificados no anexo C.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 41 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

7.4.9 Medição da resistência elétrica do condutor

A resistência elétrica do condutor de cada bobina do lote sob inspeção deve ser medida conforme a NBR-6814, sendo a temperatura de referência 20 °C e o resultado convertido em Ω/km com base no comprimento registrado na bobina.

Requisito: a resistência elétrica medida em corrente contínua a 20 °C, por unidade de comprimento, não deve ser superior aos valores máximos especificados no anexo C.

7.4.10 Tensão elétrica aplicada no cabo

O ensaio deve ser realizado em todas as bobinas do lote, conforme a metodologia e as condições descritas na NBR-6881.



Requisito: o cabo, quando submetido a tensão alternada com frequência entre 48 Hz e 62 Hz, de valor eficaz equivalente a 6 kV por milímetro de cobertura (calculada com a espessura nominal declarada pelo fornecedor) durante 5 minutos, não deve apresentar perfuração.

Este requisito pode ser verificado com tensão elétrica contínua constante, durante 5 minutos, com valor equivalente a 14,4 kV/mm de cobertura (espessura nominal declarada pelo fornecedor).

7.4.11 Resistência ao trilhamento elétrico

O ensaio deve ser realizado em 5 (cinco) corpos de prova, retirados de uma amostra de cabo completo. Preferencialmente, deve-se retirar um corpo de

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 42 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

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, raspados ou outros defeitos que possam invalidar o ensaio.

Como ensaio de tipo, devem ser ensaiados 5 (cinco) corpos de prova no estado de novo e outros 5 (cinco) após 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 2,5 kV para corpos de prova não envelhecidos e de 2,25 kV para corpos de prova envelhecidos. Os incrementos devem ser de 0,25 kV e o tempo de cada patamar deve ser de 1 hora.

7.4.11.1 Preparação dos corpos de prova

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 5 (cinco) corpos de prova de comprimento 180 ± 5 mm cada. Para o corte, o cabo deve ser fixado em um torno de bancada tendo a superfície protegida. Após o corte dos corpos de prova deve-se lavar as mãos cuidadosamente, principalmente em caso de contato com o tamponante do condutor;
- b) deve-se proceder o lixamento de cada corpo de prova;
 - b.1) selecionar o lado sem gravação, se esta existir no corpo de prova;
 - b.2) utilizando um borrifador cheio de água destilada ou deionizada, borrifar água sobre a superfície e iniciar o lixamento (lixa de carbetto de silício ou de óxido de alumínio, granulação 400), para retirar a oleosidade, brilho e repelência à água. Solventes e detergentes

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 43 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

químicos deverão ser evitados, pois podem modificar a condição superficial do dielétrico que constitui os corpos de prova;



- b.3) lixar levemente apenas no sentido longitudinal do corpo de prova, sendo importante que seja removido todo o brilho da superfície do mesmo, bem como eventuais resíduos metálicos. Uma mesma lixa não deve ser usada em mais do que três corpos de prova;
- b.4) secar com papel toalha ou lenço de papel após o lixamento;
- b.5) limpar com gaze (ou outro material que não deixe resíduos) umedecida em álcool isopropílico para retirar gordura após o lixamento;
- b.6) isolar as extremidades do corpo de prova, nas quais a superfície do condutor é visível, com fita auto-aglomerante ou isolante.

7.4.11.2 Preparação da solução contaminante

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

- a) após a sua preparação e equilíbrio térmico em ambiente a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, 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, isso deve ser feito e deve ser realizada uma nova medição da resistividade, sempre respeitando a temperatura especificada.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 44 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	



7.4.11.3 Execução do ensaio

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

- a) os eletrodos devem atender os desenhos da NBR-10296, bem como a preparação e montagem do circuito de ensaio;
- b) 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 no corpos de prova;
- c) o fluxo do líquido contaminante deve ser de 0,11 ml/min para degraus de tensão igual ou inferiores a 2,75 kV, e 0,22 ml/min para degraus de tensão de 3,0 a 3,75 kV;
- d) nos corpos de prova envelhecidos, que não sofrem lixamento, o fluxo do líquido contaminante deve ocorrer principalmente na superfície que sofreu a incidência direta de radiação na câmara de intemperismo;
- e) a calibração do fluxo deve ser feita antes de cada ensaio e para cada um dos 5 (cinco) corpos de prova, conforme os passos abaixo:
 - e.1) dispor de 5 (cinco) “*beckers*” pequenos, com tara conhecida e bem identificada;
 - e.2) ajustar a bomba peristáltica e coletar solução por um tempo mínimo de 10 minutos em todos os cinco canais, simultaneamente;
 - e.3) pesar cada um dos “*beckers*” com solução;
 - e.4) calcular o fluxo, para cada canal, com a fórmula abaixo (que pressupõe densidade da solução igual a 1 g/cm³);
 - e.5) 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: $F = (m_1 - m_2) / t$;

Onde:

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 45 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

- F = fluxo (ml/ min);
 - m_1 = massa do “becker” com solução coletada (g);
 - m_2 = tara do “becker” (g);
 - t = tempo de coleta da solução (min);
- f) o umedecimento das folhas de papel de filtro (usar 8 folhas), antes do início do ensaio, deve ser realizado usando-se a própria solução contaminante, e não água;
- g) as trocas de resistências nos degraus especificados devem ser feitas em no máximo 5 minutos após o término do degrau anterior.

7.4.11.4 Avaliação dos resultados – requisitos



Constitui falha no ensaio a ocorrência de qualquer uma das seguintes situações, com tensão de trilhamento de até 2,75 kV, inclusive para cabo novo, ou de até 2,50 kV para cabo envelhecido:

- a) interrupção do circuito de teste 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 teste;
- c) acendimento de chama no material de algum dos corpos de prova.

7.4.12 Resistência a abrasão

- Os corpos de prova, retirados de amostra do cabo completo, devem ter comprimento suficiente para serem montados nos dispositivos de teste,

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------



	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 46 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

que deverá ser conforme Anexo J. A distância entre os pontos de fixação do corpo de prova deverá ser de 100 ± 5 mm, centro a centro;

- O dispositivo de ensaio deverá ter um gume de atrito, cujo comprimento deve corresponder, pelo menos, ao diâmetro externo no cabo a ser ensaiado. Os pesos a serem usados nos ensaios deverão ser conforme o anexo E, no qual a massa indicada é a total, incluindo-se o dispositivo de sustentação do peso de ensaio;
- A cobertura do cabo deverá 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 deverá ser de, no mínimo, 20 mm;
- Em cada corpo de prova deverão ser executados dois ensaios. Para cada ensaio, o corpo de prova deverá ser girado 90° graus em torno do seu eixo, mas sem movê-lo para frente ou para trás. Cada ensaio deverá ter a duração de 1000 ciclos, sendo que 20 a 30 ciclos deverão ser realizados por minuto (cada ciclo corresponde a uma oscilação de ida e volta);
- Após a realização de cada ensaio, o corpo de prova deverá ser medido, por meio de um instrumento adequado, para determinar a profundidade raspada pelo gume de atrito na cobertura.

Requisito: os cabos devem suportar, no mínimo, 1000 ciclos de abrasão, sem que a lâmina de abrasão chegue a cortar mais de 0,25 mm da espessura da cobertura.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 47 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

7.4.13 Resistência a penetração longitudinal de água

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas no anexo C, da NBR-11873, porém com pressão de água de 10 kPa (1 m de coluna de água).

Requisito: durante a execução do ensaio não deve ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo de prova através dos interstícios do condutor.

7.4.14 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 a FLUMINENSE e o fabricante.



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

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

- a) resistência elétrica, conforme item 6.6.4 da NBR-11788;
- b) ciclos térmicos, conforme item 6.6.5 da NBR-11788. Mediante acordo entre FLUMINENSE e fabricante, em função dos conectores escolhidos, pode ser dispensada a aplicação de curtos-circuitos neste ensaio.

Requisito: constitui falha a ocorrência de qualquer uma das seguintes condições:

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 48 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

- a) o não atendimento ao item 5.1.1 da NBR-11788, quanto ao ensaio de resistência elétrica;
- b) o não atendimento ao item 5.2 da NBR-11788, quanto aos ensaios de ciclos térmicos;
- c) o acendimento de chama no material de bloqueio;
- d) o gotejamento ou vazamento de material de bloqueio pelas bordas ou conexões ou por entre os fios formadores do condutor.

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

7.4.15 Resistência de isolamento à temperatura ambiente

O ensaio deve ser realizado de acordo com a NBR-6813. A medição da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua de valor entre 300 Vcc e 500 Vcc, aplicada por um tempo mínimo de 1 minuto e máximo de 5 minutos após o ensaio de tensão elétrica, com o cabo ainda imerso em água.



Requisito: a resistência de isolamento do cabo, referida ao comprimento de 1 km, não deve ser inferior à resistência de isolamento calculada pela fórmula seguinte: considerando $k_i = 3700 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ para temperatura de 20°C : $R_i = k_i \log (D/d)$.

Onde:

- D = diâmetro sobre a cobertura, em milímetro (mm);
- d = diâmetro sob a cobertura, em milímetro (mm).

Quando a medição for realizada em temperatura diferente de 20°C , devem ser utilizados os fatores de correção de temperatura dados no anexo F, em função do coeficiente por $^\circ\text{C}$ fornecido pelo fabricante.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 49 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

7.4.16 Permissividade relativa

A permissividade relativa deverá ser calculada e o ensaio realizado segundo a norma NBR-7295. Esse ensaio deve ser realizado em corpo de prova de cabo completo e à temperatura ambiente.

Um corpo de prova de pelo menos 3 m de comprimento deve ser imerso em água pelo menos 1 hora antes do ensaio. Após este tempo é medida a capacitância em $\mu F/km$, não havendo a necessidade de se utilizar o eletrodo de guarda.

7.4.17 Relatório de ensaios



O fornecedor deve remeter a FLUMINENSE a quantidade solicitada de cópias dos relatórios dos ensaios efetuados, devidamente assinados pelo representante do fabricante e pelo inspetor da FLUMINENSE.

Os relatórios de ensaios devem ser apresentados em formulários de tamanho A-4, da ABNT. Todos os desenhos e tabelas devem ser confeccionados nos formatos padronizados pela ABNT.

Os relatórios de ensaios devem conter as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação, além dos requisitos mínimos relacionados a seguir:



- a) nome do ensaio;
- b) nomes da FLUMINENSE e do fornecedor;
- c) número e item da ordem da compra, autorização de fornecimento ou documento equivalente emitido pela FLUMINENSE;
- d) número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fornecedor;

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 50 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

- e) data e local do ensaio;
- f) identificação e quantidade dos cabos submetidos a ensaio;
- g) descrição sumária do processo de ensaio com constantes, métodos e instrumentos empregados;
- h) valores obtidos no ensaio (em cada corpo de prova ensaiado);
- i) atestado dos resultados, informando de forma clara e explícita se o cabo ensaiado passou ou não no referido ensaio.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 51 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

8 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO CABO COBERTO

8.1 GENERALIDADES

A FLUMINENSE reserva-se ao direito de inspecionar os cabos cobertos, objeto desta especificação, quer no período de fabricação, quer na época de embarque ou em qualquer momento que julgar necessário.

O fornecedor tomará, às suas expensas, todas as providências para que a inspeção do cabo coberto por parte da FLUMINENSE se realize em condições adequadas, de acordo com as normas recomendadas e com este relatório. Assim, deverá propiciar livre acesso aos laboratórios, às dependências onde estiverem sendo fabricados os cabos cobertos e respectivas embalagens e aos locais de estocagem, bem como fornecer pessoal habilitado a prestar informações e executar os ensaios, além de todos os dispositivos e instrumentos para realizá-los.



8.2 AMOSTRAGEM

8.2.1 Ensaios para aprovação do tipo

Os corpos de prova devem ser retirados pelo fornecedor, das primeiras bobinas construídas de cada tipo construtivo de cabo, em quantidade e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos nesta especificação.

Para aprovar uma faixa de bitolas de mesmo tipo construtivo de cabo, basta ensaiar a menor e a maior bitola da faixa. Se os resultados de todos os ensaios forem satisfatórios, o tipo será aceito para futuros fornecimentos.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 52 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

8.2.2 Ensaios de recebimento

A quantidade de bobinas a serem retiradas de cada lote completo deve estar de acordo com o anexo G. As bobinas devem ser colhidas pelo inspetor da FLUMINENSE nos lotes prontos para embarque.



Cada lote sujeito a amostragem, conforme o anexo G, deve ser formado por cabos do mesmo tipo construtivo e mesma bitola. Foi considerado um comprimento de em torno de 500 m de cabo em cada bobina. Para comprimentos muito diferentes desse, uma amostragem equivalente poderá ser definida mediante acordo entre fabricante e FLUMINENSE.

De cada bobina devem ser retirados corpos de prova do cabo, em quantidade e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos, desprezando-se sempre o primeiro metro da extremidade.

A critério da FLUMINENSE, caso apenas um corpo de prova seja reprovado em qualquer ensaio, este ensaio poderá ser repetido em dois outros corpos de prova retirados da mesma amostra (bobina). Ocorrendo nova falha, a amostra (bobina) será considerada defeituosa.

Nos ensaios realizados em 100% das bobinas do lote, as bobinas que falharem em algum ensaio deverão ser substituídas por outras idênticas, de modo que todas as bobinas entregues a FLUMINENSE tenham sido aprovadas nestes ensaios.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 53 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

8.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO



8.3.1 Ensaios de recebimento

O número total de bobinas defeituosas deve ser levado ao anexo G, que definirá a aceitação ou rejeição do lote.

Mudanças no regime de inspeção, ou quaisquer outras considerações adicionais, devem ser feitas de acordo com a NBR-5426.

As bobinas defeituosas, constantes de amostras aprovadas nos ensaios, devem ser substituídas por novas.



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 54 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

9 GARANTIA

O fabricante deve garantir a qualidade e a robustez de todos os materiais usados, de acordo com os requisitos desta especificação, durante 8 (oito) anos; e a reposição, livre de despesas, de qualquer cabo considerado defeituoso devido a eventuais deficiências de projeto, matéria prima ou de fabricação.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 55 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

10 CONSIDERAÇÕES GERAIS – CABOS MENSAGEIROS

10.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS

A identificação do cabo mensageiro deve ser feita no seu acondicionamento.



As bobinas devem ser gravadas ou identificadas conforme solicitação da FLUMINENSE, contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) ano de fabricação;
- c) nome da FLUMINENSE;
- d) número da autorização de fornecimento de material da FLUMINENSE;
- e) designação do cabo (tipo, formação e seção);
- f) comprimento real em metros e massa do cabo em kg/km;
- g) massa bruta em kg;
- h) massa líquida em kg;
- i) número de série do carretel;
- j) seta indicativa do sentido de rotação para desenrolar e a frase “desenrole neste sentido”.

10.2 ACONDICIONAMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS

Os cabos devem ser acondicionados em bobinas, de forma a ficarem protegidos durante o manuseio, transporte e armazenagem. O acondicionamento dos cabos deve ser em carretel de madeira, ter resistência adequada quando exposto às intempéries e isento de defeitos que possam danificar o produto. Cada bobina deve conter apenas um lance de cabo.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 56 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

O acondicionamento normal em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 3000 kg. Os cabos devem ser fornecidos em lances especificados na autorização de fornecimento de material, permitindo-se uma tolerância de $\pm 3\%$ no comprimento. O carretel deve possuir dimensões de acordo com a NBR-11137, com diâmetro de tambor respeitando o diâmetro mínimo calculado conforme a NBR-9511. A madeira e os processos preservativos utilizados na confecção dos carretéis devem ser conforme NBR-6236. As cintas de aço para embalagem e envolvimento final das bobinas devem ser conforme a NBR-6653.



As condições exigíveis de acondicionamento, transporte, armazenagem e movimentação de bobinas dos cabos estão na norma NBR-7310.

10.3 ACABAMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS

Os fios componentes do cabo mensageiro devem possuir diâmetro uniforme, seção reta circular, superfície lisa e isenta de lascas, inclusões ou outros defeitos.

No caso do cabo de aço zincado, as camadas de zinco ou de alumínio, quando existentes, devem ser contínuas, firmemente aderentes ao núcleo de aço e de espessura a mais uniforme possível, sendo toleradas apenas imperfeições inertes ao processo de zincagem empregado e manchas superficiais esbranquiçadas (corrosão branca).

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 57 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

11 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DOS CABOS MENSAGEIROS

11.1 MATERIAIS E DIMENSÕES DOS CABOS MENSAGEIROS



11.1.1 Fios de aço zincado

Os fios devem ser de aço carbono, conforme a NBR-5909, zincados por imersão a quente, atendendo aos requisitos da NBR-6756.

O revestimento de zinco do fio deve atender aos seguintes requisitos:

- a) a aderência da camada de zinco no fio de aço zincado deve ser verificada enrolando-se o fio em hélice fechada, com pelo menos duas voltas, em torno de um mandril cilíndrico de diâmetro igual a três vezes o diâmetro nominal do fio. E a camada de zinco não deve escamar-se, ao ponto de ser removida, ao esfregar-se com o dedo, mas sem o auxílio da unha;
- b) a massa da camada de zinco de qualquer fio individual não deve ser menor do que o fio zincado suporta, e este não deve ser inferior ao valor especificado no anexo H;
- c) a uniformidade da camada de zinco é verificada pelo número de imersões que o fio zincado suporta, e este não deve ser inferior ao valor especificado no anexo H;
- d) o diâmetro do fio zincado deve estar de acordo com o anexo H. A média das medidas efetuadas não deve exceder, em relação ao diâmetro nominal especificado, as tolerâncias dadas no anexo H.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 58 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

11.1.2 Fios de aço alumínio

Os fios devem ser de aço carbono recoberto com alumínio, conforme a NBR-10711. A espessura mínima da camada de alumínio em qualquer ponto de uma seção transversal não deve ser inferior a 10% do raio nominal do fio, conforme a NBR-10711.

As dimensões dos fios devem estar de acordo com o anexo H. A média das medidas efetuadas não deve exceder, em relação ao diâmetro nominal especificado, as tolerâncias dadas no anexo H.



11.1.3 Fios de alumínio-liga

Os fios devem ser de alumínio, contendo magnésio e silício como elemento liga, conforme a NBR-5285. As dimensões dos fios devem estar de acordo com o anexo H. A média das medidas efetuadas não deve exceder, em relação ao diâmetro nominal especificado, as tolerâncias dadas no anexo H.

11.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO CABO COMPLETO DOS CABOS MENSAGEIROS

Os cabos mensageiros devem atender aos requisitos gerais que serão especificados abaixo.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 59 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

11.2.1 Encordoamento dos cabos messageiros

Todos os fios componentes de um mesmo cabo devem ter o mesmo diâmetro nominal.



Os fios devem ser encordoados de forma que se acomodem naturalmente em sua posição na corda completa. Os fios devem também tender a permanecer na posição, quando a corda é cortada em um ponto qualquer, e permitir recompor facilmente a corda mesmo depois de ter sido emaranhada.

Os cabos devem ser constituídos de seis fios encordoados juntos, concetricamente, em torno de um fio central, com sentido à esquerda (anti-horário) e passo uniforme de 10 a 16 vezes o seu diâmetro nominal especificado.

11.2.2 Emendas dos cabos messageiros

Não são permitidas soldas ou quaisquer emendas nos cabos acabados. Nos fios individuais são permitidas soldas elétricas de topo, tomando-se o cuidado de não danificar os fios durante a soldagem e de garantir resistência à tração, equivalente à dos fios componentes. Todas as emendas devem ser bem feitas e revestidas de zinco, no caso de fio de aço zincado, ou de alumínio, ou no caso de fio de aço-alumínio, logo após a soldagem, de tal modo que a proteção contra a corrosão seja equivalente à do próprio fio. As emendas em qualquer fio devem ser limitadas, no máximo, a uma em cada 50 m e não deve haver outra emenda em qualquer fio de uma mesma coroa em intervalo menor que 1600 mm.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 60 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

11.2.3 Diâmetro e área da seção transversal dos cabos messageiros

Os cabos messageiros devem ter formação e diâmetro nominal conforme o anexo C. A área calculada da seção transversal dos cabos messageiros, em função dos diâmetros medidos nos fios componentes do cabo, não deve ser inferior a 98% do valor especificado no anexo C.

11.2.4 Massa dos cabos messageiros

Os cabos messageiros devem apresentar os pesos aproximados especificados no anexo C.



11.2.5 Designação dos cabos messageiros

O cabo de aço zincado deve ser designado por:

- a) diâmetro nominal em milímetro (mm);
- b) número de fios componentes;
- c) categoria de resistência mecânica dos fios componentes;
- d) classe do revestimento de zinco.

O cabo de aço-alumínio e o cabo composto por fios de aço-alumínio e alumínio-liga devem ser designados pelo número de fios componentes e seu diâmetro.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 61 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

11.3 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS MENSAGEIROS

11.3.1 Ductilidade dos fios componentes

O fio de aço zincado não deve fraturar-se ao ser enrolado a uma velocidade não maior que 15 voltas/ minuto, em hélice fechada, com pelo menos duas voltas em torno de um mandril cilíndrico de diâmetro igual a 3 vezes o diâmetro nominal do fio.



O fio de aço-alumínio, quando submetido ao ensaio de torção, deve resistir sem fraturas a um número de torção equivalente a não menos do que 20 torções em um comprimento de 100 vezes o diâmetro nominal da amostra. O fio, então, deve ser torcido até a ruptura e não deve revelar qualquer tipo de imperfeição na superfície, de tal magnitude que indique imperfeições inerentes ao fio.

O fio de alumínio-liga não deve apresentar fratura ou evidência de trinca, quando submetido ao ensaio de torção, devendo ser enrolado ao redor do seu próprio diâmetro, com ou sem uso do mandril, de modo a formar uma hélice de oito voltas.

11.3.2 Alongamento e ruptura dos fios componentes

O alongamento e a carga de ruptura dos fios de aço zincado, fios de aço-alumínio e fios de alumínio-liga não devem ser maiores que os valores especificados no anexo H.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 62 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

11.3.3 Carga de ruptura dos cabos completos

A carga de ruptura mínima do cabo completo deve atender aos valores especificados no anexo C.

11.4 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS CABOS MENSAGEIROS

11.4.1 Resistência elétrica dos fios componentes

Para os fios de aço zincado essa característica não é definida, uma vez que o cabo mensageiro de aço zincado é previsto para desempenhar função unicamente mecânica.

A resistência elétrica máxima do fio de aço-alumínio deve ser baseada no diâmetro nominal do fio e deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$R = 4000 * \rho_0 / (3,1416 * D^2) \text{ } \Omega/\text{km.}$$

Onde:

- ρ_0 = resistividade a 20 °C = 0,0848 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ (20,3% IACS);
- D = diâmetro nominal do fio, em mm (milímetro).

Quando medidas de resistência forem feitas à temperatura diferente de 20 °C deve-se aplicar correções baseadas no coeficiente de correção igual a 0,0036 (°C)⁻¹ a 20 °C.



A resistência elétrica máxima do fio de alumínio-liga deve ser baseada no diâmetro nominal do fio e deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$R = 4000 * \rho_0 / (3,1416 * D^2) \text{ } \Omega/\text{km.}$$

Onde:

- ρ_0 = resistividade a 20 °C = 0,0328 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ (52,5% IACS);
- D = diâmetro nominal do fio, em mm (milímetro).

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------



	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 63 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

Quando medidas de resistência forem feitas à temperatura diferente de 20 °C deve-se aplicar correções baseadas no coeficiente de correção igual a $0,00347\text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$ a 20 °C.

11.4.2 Resistência elétrica dos cabos completos

A resistência elétrica em corrente contínua, de qualquer comprimento de cabo de aço-alumínio ou de cabo composto, deve ser obtida através da medição da resistência elétrica de cada fio componente e deve atender aos valores especificados no anexo C.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 64 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Messageiros	

12 INSPEÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS

12.1 GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS

O material a ser fornecido, conforme esta especificação, está sujeito à inspeção e ensaios pela FLUMINENSE.

Antes do primeiro fornecimento para a FLUMINENSE, o fabricante deve comprovar através de laudo que o cabo satisfaz as exigências desta especificação através da realização dos ensaios de tipo. Quando os ensaios de tipo já tiverem sido realizados em cabos de mesmo projeto, a FLUMINENSE, a seu critério, poderá, mediante análise dos relatórios de ensaios apresentados pelo fabricante, dispensar nova realização de algum ou de todos os ensaios de tipo.



Os relatórios acima deverão ser de ensaios realizados em laboratório reconhecido pela FLUMINENSE e conter os dados necessários para a sua perfeita compreensão.

12.2 INSPEÇÃO GERAL DOS CABOS MENSAGEIROS

Antes de serem efetuados os ensaios, devem ser comprovados se o material contém todos os componentes e características, verificando os respectivos itens desta Norma:

- a) identificação, conforme item 10.1 desta Norma;
- b) acondicionamento, conforme item 10.2 desta Norma;
- c) acabamento, conforme item 10.3 desta Norma;
- d) encordoamento e emendas, conforme itens 11.2.1 e 11.2.2 desta Norma.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 65 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

Constitui falho o não atendimento a qualquer um dos requisitos mencionados.

12.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS

Para os fios componentes do cabo:

- verificação da ductilidade dos fios;
- verificação do alongamento e ruptura dos fios;
- medição da resistência elétrica (somente para cabos de aço-alumínio e para cabos compostos);
- verificação da espessura da camada de alumínio (somente para cabos de aço-alumínio e para cabos compostos);
- verificação do revestimento de zinco (somente para cabos de aço zincado).



Para o cabo completo:

- verificação dimensional;
- verificação da massa aproximada;
- medição da carga de ruptura do cabo.

12.4 ENSAIOS DE TIPO E DE RECEBIMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS

A aplicação dos ensaios de tipo e de recebimento dos cabos mensageiros encontra-se no anexo G.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 66 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

12.5 DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS

12.5.1 Verificação da ductilidade do fio (resistência de cisalhamento)

Para os fios do cabo de aço zincado, aço-alumínio, alumínio-liga este ensaio deve ser realizado conforme item 11.3.1 desta Norma e constitui falho o não atendimento aos requisitos desse item.

12.5.2 Medição do alongamento e carga de ruptura do fio



O alongamento e a carga de ruptura dos fios componentes devem atender aos requisitos do item 11.3.2 desta Norma. O ensaio deve ser realizado conforme a NBR-6756 para fio de aço zincado, a NBR-10711 para fio de aço-alumínio e a NBR-5285 para fio de alumínio-liga.

12.5.3 Medição da resistência elétrica do fio

Este ensaio aplica-se apenas aos fios componentes do cabo de aço-alumínio e aos fios componentes do cabo composto.

O valor da resistência deve ser medido conforme critérios previstos na NBR-10711 para fio de aço alumínio e NBR-5285 para fio alumínio-liga. Constitui falha se o valor medido for superior ao valor máximo calculado, de acordo o item 11.4.1 desta Norma.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 67 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

12.5.4 Verificação da espessura da camada de alumínio do fio

Este ensaio aplica-se apenas aos fios de aço-alumínio. As medidas da espessura da camada de alumínio devem ser feitas conforme critérios previstos na NBR-10711. Constitui falho o não atendimento ao item 11.1.2 desta Norma.

12.5.5 Verificação do revestimento de zinco do fio

Este ensaio aplica-se apenas aos fios de aço zincado. Este ensaio deve ser realizado conforme a NBR-5909. Constitui falha o não atendimento ao item 11.1.1 desta Norma.



12.5.6 Verificação dimensional

As dimensões básicas dos fios devem estar de acordo com o indicado no anexo C. A medição dos diâmetros dos fios deve ser efetuada por micrômetro, em uma amostra de comprimento suficiente para a realização do ensaio.

O diâmetro deve ser considerado como média de três medidas, feitas aproximadamente a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, e $\frac{3}{4}$ do comprimento da amostra. Cada medida é a média de duas leituras efetuadas em dois diâmetros perpendiculares entre si, na mesma seção do fio.

As dimensões básicas do cabo devem estar de acordo com o anexo C. A medição dos diâmetros dos cabos deve ser efetuada por paquímetro, em uma amostra de comprimento suficiente para a realização do ensaio. Constitui falha o não atendimento a qualquer um dos requisitos acima.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 68 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

12.5.7 Verificação da massa do cabo

A verificação da massa aproximada dos cabos por unidade de comprimento pode ser feita por meio de cálculo ou por meio de balança apropriada, a partir de um corpo de prova de comprimento adequado. Deve estar de acordo com o anexo C.



12.5.8 Medição da carga de ruptura do cabo

A carga de ruptura do cabo deve atender ao anexo C. O cabo deve ser ensaiado, preferencialmente, conforme o método descrito na NBR-7272. Caso não se disponha de máquina de tração adequada para executar o ensaio conforme esse método, o ensaio poderá alternativamente ser executado conforme alguns métodos descritos na NBR-6810, fazendo-se as adaptações necessárias para se tracionar o cabo completo.

Um novo corpo de prova da mesma bobina deve ser ensaiado quando a carga de ruptura não atingir o valor mínimo especificado, nas seguintes eventualidades:

- deslize do corpo de prova nas garras da máquina de ensaio;
- quebra do corpo de prova dentro das garras ou a uma distância menor que 25 mm destas garras;
- encaixe inadequado do corpo de prova na máquina de ensaio.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 69 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

13 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS

13.1 GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS

A FLUMINENSE reserva-se o direito de inspecionar os cabos messageiros, objetos desta especificação, quer no período de fabricação, quer na época de embarque ou em qualquer momento que julgar necessário.

O fabricante tomará, às suas expensas, todas as providências para que a inspeção do cabo messageiro por parte do comprador se realize em condições adequadas, de acordo com as normas recomendadas nesta Norma. Assim, deverá propiciar livre acesso aos laboratórios, às dependências onde estiverem sendo fabricados os cabos messageiros e respectivas embalagens, aos locais de estocagem, etc., bem como fornecer pessoal habilitado a prestar informações e executar os ensaios, além de todos os dispositivos, instrumentos, etc., para realizá-los.



13.2 AMOSTRAGEM DOS CABOS MENSAGEIROS

13.2.1 Ensaios para aprovação do tipo

Os corpos de prova devem ser retirados pelo fabricante das primeiras bobinas, construídas em quantidade e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos nesta especificação.

De cada corpo de prova devem ser retirados os fios componentes para o ensaio. Se os resultados de todos os ensaios forem satisfatórios, o tipo será aceito para futuros fornecimentos.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 70 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

13.2.2 Ensaios e recebimentos

A quantidade de amostras (bobinas) a serem retiradas de cada lote completo deve estar de acordo com o anexo G. As amostras (bobinas) devem ser colhidas pelo inspetor do comprador, nos lotes prontos para embarque.



De cada amostra (bobina) devem ser retirados corpos de prova do cabo, em quantidade e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos nesta especificação, desprezando-se sempre o primeiro metro da extremidade.

De cada corpo de prova devem ser retirados os fios componentes para o ensaio. Se um corpo de prova for reprovado em qualquer ensaio, este deverá ser repetido em dois outros corpos de prova retirados da mesma amostra (bobina). Ocorrendo nova falha, a amostra (bobina) será considerada defeituosa.

13.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS

Nos ensaios de recebimento, o número total de amostras (bobinas) defeituosas deve ser levado ao anexo G, que definirá a aceitação ou rejeição do lote. Mudanças no regime de inspeção ou quaisquer outras considerações adicionais devem ser feitas de acordo com a NBR-5426. As bobinas defeituosas constantes de amostras aprovadas nos ensaios devem ser substituídas por novas.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 71 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	



13.4 RELATÓRIOS DE ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS

O fabricante deve remeter a FLUMINENSE a quantidade solicitada de cópias dos relatórios dos ensaios efetuados, devidamente assinados pelo representante do fabricante e pelo inspetor do comprador.

Os relatórios de ensaios devem ser apresentados em formulários de tamanho A4, da ABNT. Todos os desenhos e tabelas devem ser confeccionados nos formatos padronizados pela ABNT. Os relatórios de ensaios devem conter as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação, além dos requisitos mínimos relacionados a seguir:



- a) nome do ensaio;
- b) nomes da FLUMINENSE e do fabricante;
- c) número e item da autorização do fornecimento de material da FLUMINENSE;
- d) número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fabricante;
- e) data e local do ensaio;
- f) identificação e quantidade dos cabos submetidos a ensaio;
- g) descrição sumária do processo de ensaio com constantes, métodos e instrumentos empregados;
- h) valores obtidos no ensaio (em cada corpo de prova ensaiado);
- i) atestado dos resultados, informando de forma clara e explícita se o cabo ensaiado passou ou não no referido ensaio.

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 72 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

ANEXOS



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 73 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

ANEXO A - Características físicas da blindagem semicondutora

ITEM	CARACTERÍSTICA	UNIDADE	REQUERIMENTO		MÉTODO DE ENSAIO
			LDPE/HDPE	XLPE	
1	Ensaio de tração (alongamento à ruptura)				NBR NM - IEC 60811-1-2
1.1	Após envelhecimento em estufa a ar:				
	- temperatura;	°C	100 ± 2	135 ± 3	
	- duração;	h	48	168	
	- alongamento à ruptura, mínimo.	%	100	100	
2	Temperatura de fragilização	°C	-10	15	NBR 7307
3	Resistividade volumétrica máxima a 80°C	Ω x cm	10000	10000	NBR 7300

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 74 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

ANEXO B - Características físicas dos compostos da cobertura



ITEM	CARACTERÍSTICA	REQUISITO			UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO
		LDPE	HDPE	XLPE		
1 1.1	Ensaio de tração:					NBR NM - IEC 60811- 1-1
	Sem envelhecimento:					
	- resistência à tração mínima;	10	21,5	12,5	MPa	
	- alongamento à ruptura mínimo.	300	300	200	%	
1.2	Após envelhecimento em estufa a ar:					NBR NM - IEC 60811- 1-2
	- temperatura;	110±1	110±1	135±3	°C	
	- duração ;	168	168	168	h	
	- variação máxima da resistência à tração e do alongamento à ruptura.	±25	±25	±25	%	
2	Deformação a quente em relação à espessura original:					NBR - 6239
	- temperatura;	90±1	90±1	-	°C	
	- máxima profundidade de penetração.	10	10	-	%	
3	Alongamento a quente:					NBR - 7292
	- temperatura;	-	-	200±3	°C	
	- tempo sob carga;	-	-	15	min.	
	- solitação mecânica;	-	-	0,2	MPa	
	- máximo alongamento sob carga;	-	-	175	%	
	- máximo alongamento após resfriamento.	-	-	15	%	
4	Retração ao calor:					NBR - 7042
	- temperatura;	100±2	130±3	130±3	°C	
	- duração;	1	1	1	h	
	- retração máxima permissível.	4	4	4	%	
5	Dobramento a frio:					NBR - 6246
	- temperatura;	-	25±1	-	°C	
	- duração;	-	1	-	h	
	- resultado.	-	sem rachadura	-	-	
6	Absorção de água (método gravimétrico):					NBR - 7040
	- duração da imersa;		14		dias	
	- temperatura;		85±3		°C	
	- variação máxima da massa.		0,75		%	
7	Permissividade relativa		≤ 3,0		-	NBR - 7295

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

ANEXO C - Características físicas do cabo de potência e cabo mensageiro

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO PROTEGIDO DE ALUMÍNIO 15kV																	
TIPO UNIPOLAR	CONDUTOR			Peso unitário aproximado (kg/km)	Capacidade aproximada de condução de corrente (A)	Reatância Indutiva (ohm/km) XL	Resistência elétrica Corrente Alternada 90°C (Ω/km) Rca	Resistência elétrica Corrente Contínua 20°C (Ω/km) Rcc	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Carga de tensão Unitária VIA.km							
	Número Mínimo de Fios	Diâmetro do Conductor (mm)	Espessura da isolamento (mm)							Diâmetro Externo (mm)	Monofásico	Trifásico	Trifásico	FP - 0,80		FP - 0,95	
														Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
35 mm ²	7	7,10	3,00	13,90	190	0,321	1,11347	0,868	464	2,1668	1,8764	2,3161	2,0057				
50 mm ²	7	8,20	3,00	14,70	235	0,309	0,82227	0,841	663	1,6864	1,4604	1,7553	1,5201				
120 mm ²	19	12,90	3,00	19,40	500	0,271	0,32455	0,253	1591	0,8445	0,7313	0,7689	0,6806				
185 mm ²	37	16,15	3,00	22,60	695	0,253	0,21038	0,164	2452	0,6402	0,5544	0,5577	0,4830				
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO PROTEGIDO DE ALUMÍNIO 25kV																	
TIPO UNIPOLAR	CONDUTOR			Peso unitário aproximado (kg/km)	Capacidade aproximada de condução de corrente (A)	Reatância Indutiva (ohm/km) XL	Resistência elétrica Corrente Alternada 90°C (Ω/km) Rca	Resistência elétrica Corrente Contínua 20°C (Ω/km) Rcc	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Carga de tensão Unitária VIA.km							
	Número Mínimo de Fios	Diâmetro do Conductor (mm)	Espessura da isolamento (mm)							Diâmetro Externo (mm)	Monofásico	Trifásico	Trifásico	FP - 0,80		FP - 0,95	
														Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
35 mm ²	7	7,10	4,00	15,70	186	0,351	1,11347	0,868	464	2,2028	1,9076	2,3348	2,0219				
50 mm ²	7	8,20	4,00	16,80	224	0,339	0,82227	0,841	663	1,7224	1,4916	1,7140	1,5363				
120 mm ²	19	14,20	4,00	21,50	560	0,301	0,32455	0,253	1591	0,8805	0,7625	0,8046	0,6968				
185 mm ²	37	16,15	4,00	24,80	770	0,284	0,21038	0,164	2452	0,6774	0,5866	0,5770	0,4997				
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO MENSAGEIRO																	
TIPO	CABO		Seção Transversal (mm ²)	Peso unitário aproximado (kg/km)	Carga de Ruptura Mínima (daN)												
	Número Mínimo de Fios	Diâmetro do Conductor (mm)															
Aço - Zinco	7	6,4	22,66	180	1430												
Aço - Zinco	7	9,5	51,14	407	4900												
Alumínio-Liga	7	9,78	58,43	389	7040												
Aço-Alumínio	7	9,78	58,43	320	5620												



Nota: Para os valores da reatância indutiva e da resistência elétrica em corrente alternada considerou-se espaçadores de 180mm para redes de 15kV e espaçadores de 270mm para as redes de 25 kV.

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 76 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

ANEXO D - Ensaio de tipo e recebimento

ITEM	RELAÇÃO DOS ENSAIOS	BLINDAGEM SEMICONDUCTORA	COBERTURA	CABO COMPLETO	NORMA DE REFERÊNCIA
1	INSPEÇÃO GERAL			TR	
2	VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL			TR	NBR-6242
3	ENSAIOS FÍSICOS DA BLINDAGEM SEMICONDUCTORA - ALONGAMENTO À RUPTURA (ESTUFA A AR) - TEMPERATURA DE FRAGILIZAÇÃO - RESISTIVIDADE VOLUMÉTRICA	T			Anexo A
4	ENSAIOS MECÂNICOS ANTES E APÓS ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL EM CÂMARA DE ULTRAVIOLETA (UV) – COBERTURA -TRAÇÃO À RUPTURA - ALONGAMENTO À RUPTURA		T		ASTM-G-155 ou NBR-0512
5	ENSAIOS FÍSICOS DA COBERTURA - (Estufa a ar) - Tração à ruptura - Alongamento à ruptura - Deformação por calor - Alongamento a quente - Retração ao calor - Dobramento a frio - Absorção de água - Permissividade relativa		T		Anexo B
6	TEMPERATURA DE FUSÃO E DE OXIDAÇÃO DOS MATERIAIS DA COBERTURA		TR		ASTM D-3418 ASTM E-2009
7	TENSÃO ELÉTRICA APLICADA NA SUPERFÍCIE DA COBERTURA		TR		ÍTEM 7.4.6
8	VERIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA DA COBERTURA		T		ÍTEM 7.4.7
9	TRAÇÃO E ALONGAMENTO À COBERTURA DO CONDUTOR			T	NBR-7272
10	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO CONDUTOR			TR	NBR-6814
11	TENSÃO ELÉTRICA APLICADA NO CABO			TR	NBR-6881
12	RESISTÊNCIA AO TRILHAMENTO ELÉTRICO			TR	NBR-10296
13	RESISTÊNCIA A ABRASÃO			T	ÍTEM 7.4.12
14	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO LONGITUDINAL DE ÁGUA			T	NBR-11873

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 77 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	



ITEM	RELAÇÃO DOS ENSAIOS	BLINDAGEM SEMICONDUCTORA	COBERTURA	CABO COMPLETO	NORMA DE REFERÊNCIA
15	VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DO MATERIAL DE BLOQUEIO COM CONEXÕES ELÉTRICAS			T	NBR-11788
16	RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO À TEMPERATURA AMBIENTE			TR	NBR-6813
17	PERMISSIVIDADE RELATIVA			T	NBR-7295

Observação: a inspeção geral deverá ser feita antes da execução dos ensaios.

T – Ensaio de Tipo

R – Ensaio de Recebimento



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 78 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

ANEXO E - Pesos a serem usados no ensaio de abrasão

Diâmetro Externo do Cabo (mm)	Massa Total do Peso de Teste $\pm 5\%$
Até 13	400 g
Acima de 13 até 16	500 g
Acima de 16 até 19	600g
Acima de 19 até 22	700 g
Acima de 22	800 g



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 79 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

ANEXO F - Fatores para correção da resistência de isolamento em função da temperatura (XLPE / HDPE)

Temperatura °C	Coeficiente / °C													
	XLPE					XLPE/HDPE		HDPE / LDPE						
	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
5	0,42	0,32	0,24	0,21	0,16	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
6	0,44	0,34	0,25	0,23	0,18	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
7	0,45	0,37	0,29	0,25	0,20	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
8	0,50	0,40	0,32	0,29	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
9	0,53	0,43	0,35	0,32	0,26	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
10	0,56	0,46	0,39	0,35	0,29	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
11	0,59	0,50	0,42	0,39	0,33	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
12	0,63	0,54	0,47	0,43	0,38	0,33	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,17
13	0,67	0,58	0,51	0,48	0,43	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,28
14	0,70	0,63	0,56	0,53	0,48	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29
15	0,75	0,68	0,62	0,59	0,54	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36
16	0,79	0,74	0,68	0,66	0,61	0,57	0,55	0,53	0,52	0,50	0,48	0,47	0,45	0,44
17	0,84	0,79	0,75	0,73	0,69	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54
18	0,89	0,86	0,86	0,81	0,78	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66
19	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
22	1,12	1,17	1,20	1,23	1,28	1,32	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51
23	1,19	1,26	1,33	1,37	1,44	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,73	1,77	1,82	1,86
24	1,26	1,36	1,46	1,52	1,63	1,75	1,81	1,87	1,94	2,01	2,07	2,14	2,22	2,29

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 80 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

Temperatura °C	Coeficiente / °C													
	XLPE					XLPE/HDPE		HDPE / LDPE						
	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
25	1,34	1,47	1,61	1,69	1,84	2,01	2,10	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,70	2,82
26	1,42	1,59	1,77	1,88	2,08	2,31	2,44	2,57	2,70	2,84	2,99	3,14	3,30	3,46
27	1,50	1,71	1,95	2,08	2,35	2,66	2,83	3,00	3,19	3,38	3,53	3,80	4,02	4,26
28	1,59	1,85	2,14	2,30	2,66	3,06	3,28	3,51	3,73	4,02	4,30	4,59	4,91	5,24
29	1,69	2,00	2,36	2,52	3,00	3,52	3,80	4,11	4,44	4,79	5,16	5,56	5,99	6,44
30	1,79	2,16	2,59	2,84	3,39	4,05	4,41	4,81	5,23	5,69	6,19	6,73	7,30	7,93
31	1,90	2,33	2,85	3,15	3,84	4,65	5,12	5,62	6,18	6,78	7,43	8,14	8,91	9,75
32	2,01	2,52	3,14	3,50	4,33	5,35	5,94	6,50	7,29	8,06	8,92	9,85	10,87	11,99
33	2,13	2,72	3,45	3,88	4,90	6,15	6,89	7,70	8,60	9,60	10,70	11,92	13,26	14,75
34	2,26	2,94	3,80	4,31	5,53	7,08	7,99	9,01	10,15	11,42	12,84	14,42	16,18	18,14
35	2,40	3,16	4,18	4,78	6,25	8,14	9,27	10,54	11,97	13,59	15,41	17,45	19,74	22,31
36	2,54	3,43	4,59	5,31	7,07	9,36	10,75	12,33	14,13	16,17	18,49	21,11	24,09	27,45
37	2,69	3,70	5,05	5,90	7,99	10,76	12,47	14,43	16,67	19,24	22,19	25,55	29,38	33,76
38	2,85	4,00	5,56	6,54	9,02	12,38	14,46	16,88	19,67	22,90	26,62	30,91	35,85	41,52
39	3,03	4,32	6,12	7,26	10,20	14,23	16,78	19,75	23,21	27,25	31,95	37,40	43,70	51,07
40	3,21	4,66	6,73	8,06	11,52	16,37	19,46	23,11	27,39	32,43	38,34	45,26	53,36	62,82

Nota :



XLPE – Polietileno reticulado.

HDPE – Polietileno de alta densidade.

LDPE – Polietileno de baixa densidade.

PROPRIEDADES	LDPE	HDPE	XLPE
Densidade (g/ cm ³)	0,915 – 0,935	0,941 – 0,967	0,93
Temperatura de fusão (°C)	106 – 112	130 – 133	132
Tensão de deformação (MPa)	6,9 – 17,2	18 – 30	20 – 41
Elongação até a ruptura (%)	100 – 700	100 – 1000	300
Módulo de flexão (MPa)	415 – 795	689 – 1654	-
Resist. ao impacto izod (J/m)	0,67 – 21	27 – 160	-
Dureza (shore D)	45 – 60	60 – 70	-

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 81 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

ANEXO G - Plano de amostragem para os ensaios de recebimento

Tamanho do lote (nº de bobinas de +/- 500 m de cabo)	- Inspeção geral - Verificação dimensional - Tensão aplicada na superfície da cobertura				- Trilhamento elétrico - Temperatura de fusão do material da cobertura		-Medição da resistência elétrica do condutor -Ensaio de tensão elétrica aplicada no cabo -Resistência de isolamento
	Amostra (1)				Quantidade de conjuntos de corpos de prova (2)		Amostra
	Seqüência	Tamanho	Ac	Re			
Até 30	-	3	0	1	1		100% das bobinas do lote
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			

Observação:

1 - regime da inspeção normal; amostragem dupla; nível de inspeção II; NQA = 2,5%;

Ac – número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote;

Re – número de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote;



2 - Procedimento para a amostragem dupla:

- inicialmente ensaiar um número de unidades igual ao da primeira amostra obtido na tabela;

- se o número de unidades defeituosas encontradas estiver compreendido entre "Ac" e "Re" (excluídos esses valores), deverá ser ensaiada a segunda amostra;

- o total de unidades defeituosas encontradas após ensaiadas as duas amostras deverá ser igual ou inferior ao maior "Ac" especificado.



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 82 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensageiros	

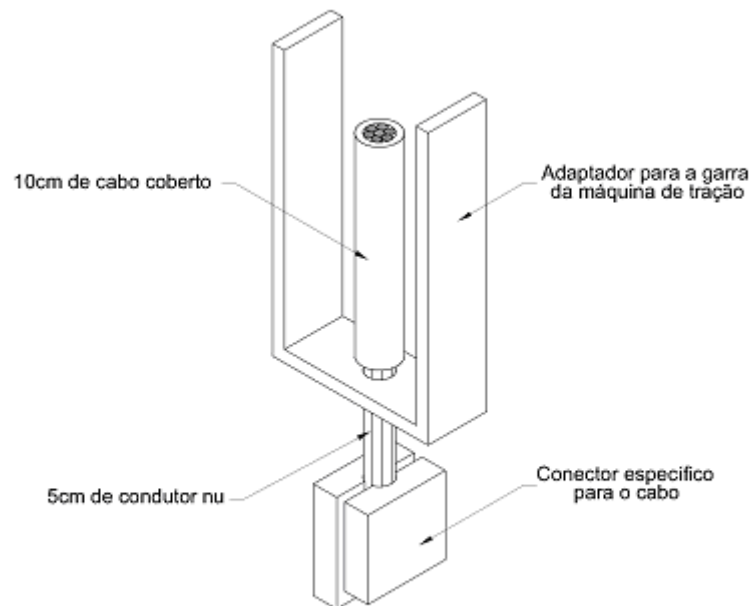
ANEXO H - Características dos fios formadores do cabo

TIPO	DIÂMETRO DO FIO (mm)	CAMADA DE ZINCO - CLASSE B		ALONGAMENTO MÍNIMO À RUPTURA %	CARGA DE RUPTURA MÍNIMA (daN)
		MASSA MÍNIMA DA CAMADA DE ZINCO (g / m ²)	NÚMERO MÍNIMO DE IMERSÕES		
AÇO-ZINCADO	3,05 ± 0,1	520	5	3	1225
AÇO-ALUMÍNIO	3,26 ± 0,1			1	1115
ALUMÍNIO-LIGA	3,26 ± 0,1			3	260

Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de início da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 83 de 84
	Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica Baixa Tensão	FECO-D-13
	Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos Mensajeiros	

ANEXO I - Corpo de prova e dispositivo para ensaio de aderência da cobertura



Elaborado por: PPCT - FECOERUSC	Aprovado por: Eng. João Belmiro Freitas	Data de inicio da vigência: 19/02/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

ANEXO J - Dispositivo para ensaio de abrasão

