



Título do Documento:

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

Tipo: FECO-D-13

Norma Técnica e Padronização

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 1 de 78
	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	

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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 2 de 78
	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	

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVO.....	8
2 CAMPO DE APLICAÇÃO	9
3 RESPONSABILIDADES	10
3.1 LEGISLAÇÃO.....	10
3.2 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS	13
4 TERMOS E DEFINIÇÕES	14
4.1 CABO COBERTO	14
4.2 CONDUTOR BLOQUEADO	14
4.3 FIO DE AÇO-ALUMÍNIO	14
4.4 FIO DE AÇO-ZINCADO	14
4.5 FIO DE ALUMÍNIO-LIGA.....	15
4.6 CABOS COMPOSTOS.....	15
4.7 TRILHAMENTO ELÉTRICO.....	15
4.8 EROSIÃO	15
4.9 RACHADURA.....	15
4.10 FISSURA.....	16
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS – CABOS DE POTÊNCIA	17
5.1 GENERALIDADES.....	17
5.2 GENERALIDADES DO CABO COBERTO	17
5.3 CONDIÇÕES GERAIS DO CABO COBERTO	18
5.4 ACONDICIONAMENTO DO CABO COBERTO	18
5.5 CONDIÇÕES DE SERVIÇO DO CABO COBERTO	20
5.5.1 Condições de serviço	20
5.5.2 Condições de operação em regime permanente	20
5.5.3 Condições de operação em regime de sobrecarga	20

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 3 de 78
	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	

5.5.4 Condições de operação em regime de curto-circuito	21
5.6 ASPECTOS CONSTRUTIVOS GERAIS DO CABO COBERTO	21
5.6.1 Condutor	21
5.6.2 Blindagem semicondutora	22
5.6.3 Cobertura	22
6 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DO CABO COBERTO	23
6.1 MATERIAL DO CONDUTOR – BLINDAGEM SEMICONDUCTORA E COBERTURA.....	23
6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CONDUTOR DE ALUMÍNIO ENCORDADO	23
6.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO COMPLETO	24
6.4 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE	24
6.5 MASSA TOTAL DO CABO COMPLETO.....	25
6.6 TEOR E DISPERSÃO DE NEGRO DE FUMO.....	25
6.7 RAIO MÉDIO GEOMÉTRICO DO CABO	25
7 INSPEÇÃO – ENSAIOS E REQUISITOS DO CABO COBERTO	26
7.1 GENERALIDADES.....	26
7.2 INSPEÇÃO GERAL.....	26
7.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS.....	26
7.4 ENSAIOS DE TIPO E DE RECEBIMENTO.....	28
7.4.1 Verificação dimensional	28
7.4.2 Ensaio físico para a blindagem semicondutora	28
7.4.3 Ensaio mecânico antes e após envelhecimento artificial, em câmara UV, do material da cobertura.....	29
7.4.4 Ensaio físico para os materiais da cobertura	29
7.4.5 Temperatura de fusão e de oxidação dos materiais da cobertura.....	30
7.4.6 Tensão elétrica aplicada na cobertura	31
7.4.7 Verificação da aderência da cobertura.....	31
7.4.8 Tração e alongamento à ruptura do condutor	32
7.4.9 Medição da resistência elétrica do condutor	33
7.4.10 Tensão elétrica aplicada no cabo	33

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 4 de 78
	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 Resistência ao trilhamento elétrico	34
7.4.11.1 Preparação dos corpos de prova	34
7.4.11.2 Preparação da solução contaminante	35
7.4.11.3 Execução do ensaio	36
7.4.11.4 Avaliação dos resultados – requisitos	37
7.4.12 Resistência a abrasão	37
7.4.13 Resistência a penetração longitudinal de água.....	38
7.4.14 Verificação da compatibilidade do material de bloqueio com conexões elétricas.....	39
7.4.15 Resistência de isolamento à temperatura ambiente	40
7.4.16 Permissividade relativa.....	40
7.4.17 Relatório de ensaios	41
8 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO CABO COBERTO.....	42
8.1 GENERALIDADES.....	42
8.2 AMOSTRAGEM	42
8.2.1 Ensaio para aprovação do tipo	42
8.2.2 Ensaio de recebimento	43
8.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO.....	43
8.3.1 Ensaio de recebimento	43
9 GARANTIA	45
10 CONSIDERAÇÕES GERAIS – CABOS MENSAGEIROS	46
10.1 IDENTIFICAÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	46
10.2 ACONDICIONAMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS	46
10.3 ACABAMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS	47
11 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DOS CABOS MENSAGEIROS	48
11.1 MATERIAIS E DIMENSÕES DOS CABOS MENSAGEIROS	48
11.1.1 Fios de aço zincado	48
11.1.2 Fios de aço alumínio	49
11.1.3 Fios de alumínio-liga.....	49

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 5 de 78
	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	

11.2	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO CABO COMPLETO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	49
11.2.1	Encordoamento dos cabos mensageiros	50
11.2.2	Emendas dos cabos mensageiros.....	50
11.2.3	Diâmetro e área da seção transversal dos cabos mensageiros	50
11.2.4	Massa dos cabos mensageiros.....	51
11.2.5	Designação dos cabos mensageiros.....	51
11.3	CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	51
11.3.1	Ductilidade dos fios componentes	51
11.3.2	Alongamento e ruptura dos fios componentes	52
11.3.3	Carga de ruptura dos cabos completos	52
11.4	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS CABOS MENSAGEIROS	53
11.4.1	Resistência elétrica dos fios componentes	53
11.4.2	Resistência elétrica dos cabos completos	53
12	INSPEÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS	55
12.1	GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS	55
12.2	INSPEÇÃO GERAL DOS CABOS MENSAGEIROS	55
12.3	RELAÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	56
12.4	ENSAIOS DE TIPO E DE RECEBIMENTO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	56
12.5	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	56
12.5.1	Verificação da ductilidade do fio (resistência de cisalhamento).....	56
12.5.2	Medição do alongamento e carga de ruptura do fio.....	57
12.5.3	Medição da resistência elétrica do fio	57
12.5.4	Verificação da espessura da camada de alumínio do fio	57
12.5.5	Verificação do revestimento de zinco do fio.....	58
12.5.6	Verificação dimensional	58
12.5.7	Verificação da massa do cabo	58
12.5.8	Medição da carga de ruptura do cabo	59
13	ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS	60
13.1	GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS	60
13.2	AMOSTRAGEM DOS CABOS MENSAGEIROS.....	60

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 6 de 78
	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 Mensagemeiros	

13.2.1 Ensaaios para aprovação do tipo	60
13.2.2 Ensaaios e recebimentos	61
13.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS.....	61
13.4 RELATÓRIOS DE ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS.....	61
ANEXOS	63
ANEXO A - Características físicas da blindagem semicondutora	64
ANEXO B - Características físicas dos compostos da cobertura	65
ANEXO C - Características físicas do cabo de potência e cabo mensageiro ...	66
ANEXO D - Ensaio de tipo e recebimento	67
ANEXO E - Pesos a serem usados no ensaio de abrasão	68
ANEXO F - Fatores para correção da resistência de isolamento em função da temperatura (XLPE / HDPE).....	69
ANEXO G - Plano de amostragem para os ensaios de recebimento	71
ANEXO H - Características dos fios formadores do cabo	72
ANEXO I - Corpo de prova e dispositivo para ensaio de aderência da cobertura	73
ANEXO J - Dispositivo para ensaio de abrasão	74

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 7 de 78
	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

A Federação das Cooperativas de Eletrificação Rural do Estado de Santa Catarina – FECOERUSC e a Empresa Força e Luz de Urussanga Ltda (EFLUL), em suas respectivas áreas de atuações, tem como objetivo propiciar condições técnicas e econômicas para que a energia elétrica seja elemento impulsionador do desenvolvimento social do estado de Santa Catarina.

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 EFLUL quanto a eventuais alterações.

As prescrições desta Norma se destinam à orientação dos consumidores e não implicam em quaisquer responsabilidades da EFLUL, 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 EFLUL 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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 8 de 78
	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	

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

As sugestões deverão ser enviadas à Federação das Cooperativas de Energia do Estado de Santa Catarina - FECOERUSC no seguinte endereço:

Departamento Técnico FECOERUSC

Grupo Revisor: 2021

Coordenação do Programa de Padronização do Sistema FECOERUSC

Contato e-mail: fecoerusc.dt@gmail.com

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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 9 de 78
	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 a EFLUL e as Distribuidoras conveniadas à Federação das Cooperativas de Energia de Santa Catarina - FECOERUSC e aos seus fornecedores de materiais.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 10 de 78
	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 - Ensaio de Envelhecimento Acelerado para Fios e Cabos Elétricos;
- NBR 6239 - Ensaio 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 - Ensaio de Dobramento a Frio para Fios e Cabos Elétricos;
- NBR 6252 - Condutores de Alumínio para Cabos Isolados - Características Dimensionais, Elétricas e Mecânicas;
- NBR 6653 - Fitas de Aço para Embalagem - Especificações;

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 11 de 78
	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 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;
- 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;

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 12 de 78
	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 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 Ensaios 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;
- 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;

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 13 de 78
	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	

- NE - 109 E – Especificação de Cabo Mensageiro Para Rede de Distribuição Aérea Primária Compacta com Cabo Coberto em Espaçadores – CELESC.

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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 14 de 78
	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.

4.4 FIO DE AÇO-ZINCADO

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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 15 de 78
	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	

4.5 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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 16 de 78
	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	

4.10 FISSURA

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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 17 de 78
	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 EFLUL. O mesmo pode ser substituído por um certificado de ensaio, emitido por um laboratório oficial ou credenciado, em comum acordo com a EFLUL.

Os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratórios designados pela EFLUL. Os ensaios de recebimento devem ser executados nas instalações do fabricante, salvo acordo contrário entre o fabricante e a EFLUL. 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 EFLUL.

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 Distribuidoras conveniadas ao 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 interessados deverão, periodicamente, consultar a EFLUL quanto às eventuais alterações.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 18 de 78
	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	

5.3 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 pela EFLUL. 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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 19 de 78
	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	

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”.

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 EFLUL.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 20 de 78
	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 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).

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 21 de 78
	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	

5.5.4 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 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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 22 de 78
	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	

5.6.2 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 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 inicio da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 23 de 78
	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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 24 de 78
	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	

6.3 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;
- resistividade da cobertura: 3,4 Ωmm² /m;
- coeficiente de absorção do material da cobertura: 0,4;
- emissividade térmica do material da cobertura: 0,8.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 25 de 78
	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	

6.5 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.

6.7 RAIO 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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 26 de 78
	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 EFLUL. 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 EFLUL 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 EFLUL.

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.

7.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS

Para o material da blindagem semicondutora:

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 27 de 78
	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	

- 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;
- 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;

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 28 de 78
	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	

- 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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 29 de 78
	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	

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 Ensaio 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%.

7.4.4 Ensaio 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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 30 de 78
	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	

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. 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;

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 31 de 78
	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	

- 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 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 °C ± 2 °C e umidade relativa 60% ± 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;

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 32 de 78
	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	

- 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;
- 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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 33 de 78
	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	

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.

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).

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 34 de 78
	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 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 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:
 - 1) selecionar o lado sem gravação, se esta existir no corpo de prova;
 - 2) utilizando um borrifador cheio de água destilada ou deionizada, borrifar água sobre a superfície e iniciar o lixamento (lixa de carbeto de silício ou de óxido de alumínio, granulação 400), para retirar a

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 35 de 78
	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	

- oleosidade, brilho e repelência à água. Solventes e detergentes químicos deverão ser evitados, pois podem modificar a condição superficial do dielétrico que constitui os corpos de prova;
- 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;
 - 4) secar com papel toalha ou lenço de papel após o lixamento;
 - 5) limpar com gaze (ou outro material que não deixe resíduos) umedecida em álcool isopropílico para retirar gordura após o lixamento;
 - 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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 36 de 78
	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:
 - 1) dispor de 5 (cinco) “*beckers*” pequenos, com tara conhecida e bem identificada;
 - 2) ajustar a bomba peristáltica e coletar solução por um tempo mínimo de 10 minutos em todos os cinco canais, simultaneamente;
 - 3) pesar cada um dos “*beckers*” com solução;
 - 4) calcular o fluxo, para cada canal, com a fórmula abaixo (que pressupõe densidade da solução igual a 1 g/cm³);
 - 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:

- F = fluxo (ml/ min);
- m₁ = massa do “*becker*” com solução coletada (g);
- m₂ = tara do “*becker*” (g);

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 37 de 78
	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	

- 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 à abrasão

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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 38 de 78
	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	

- c) 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;
- d) 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);
- e) 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.

7.4.13 Resistência à 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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 39 de 78
	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	

7.4.14 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 EFLUL 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 EFLUL 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:

- 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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 40 de 78
	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	

7.4.15 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.

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 $\mu\text{F}/\text{km}$, não havendo a necessidade de se utilizar o eletrodo de guarda.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 41 de 78
	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	

7.4.17 Relatório de ensaios

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

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 EFLUL e do fornecedor;
- c) número e item da ordem da compra, autorização de fornecimento ou documento equivalente emitido pela EFLUL;
- d) número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fornecedor;
- 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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 42 de 78
	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	

8 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO CABO COBERTO

8.1 GENERALIDADES

A EFLUL 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 EFLUL 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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 43 de 78
	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	

8.2.2 Ensaio 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 EFLUL 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 EFLUL.

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 EFLUL, 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 EFLUL tenham sido aprovadas nestes ensaios.

8.3 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DO LOTE SOB INSPEÇÃO

8.3.1 Ensaio 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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 44 de 78
	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	

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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 45 de 78
	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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 46 de 78
	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	

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 EFLUL, contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) ano de fabricação;
- c) nome da EFLUL;
- d) número da autorização de fornecimento de material da EFLUL;
- 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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 47 de 78
	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	

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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 48 de 78
	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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 49 de 78
	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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 50 de 78
	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	

11.2.1 Encordoamento dos cabos mensageiros

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, concêntricamente, 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 mensageiros

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.

11.2.3 Diâmetro e área da seção transversal dos cabos mensageiros

Os cabos mensageiros devem ter formação e diâmetro nominal conforme o anexo C. A área calculada da seção transversal dos cabos mensageiros, em

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 51 de 78
	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	

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 mensageiros

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

11.2.5 Designação dos cabos mensageiros

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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 52 de 78
	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	

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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 53 de 78
	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	

11.4 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:

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

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:

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

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).

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 (°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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 54 de 78
	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	

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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 55 de 78
	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	

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 EFLUL.

Antes do primeiro fornecimento para a EFLUL, 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 EFLUL, 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 EFLUL 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.

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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 56 de 78
	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	

12.3 RELAÇÃO DOS ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS

Para os fios componentes do cabo:

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

Para o cabo completo:

- a) verificação dimensional;
- b) verificação da massa aproximada;
- c) 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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 57 de 78
	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	

12.5.2 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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 58 de 78
	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	

12.5.5 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.

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.

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 59 de 78
	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	

12.5.8 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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 60 de 78
	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 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO DOS CABOS MENSAGEIROS

13.1 GENERALIDADES DOS CABOS MENSAGEIROS

A EFLUL reserva-se o direito de inspecionar os cabos mensageiros, 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 mensageiro 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 mensageiros 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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 61 de 78
	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.

13.4 RELATÓRIOS DE ENSAIOS DOS CABOS MENSAGEIROS

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

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 62 de 78
	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 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 EFLUL e do fabricante;
- c) número e item da autorização do fornecimento de material da EFLUL;
- 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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 63 de 78
	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	

ANEXOS

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 64 de 78
	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	REQUISITO		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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 65 de 78
	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	Ensaio de tração:					
1.1	Sem envelhecimento:					NBR NM - IEC 60811-1-1
	- 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.	
	- solicitação 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 permitível.	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: 01/10/2010	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				Capacidade aproximada de condução de corrente (A)	Reatância Indutiva (ohm/km)	Resistência elétrica Corrente Alternada 90°C (Ω/Km)	Resistência elétrica Corrente Contínua 20°C (Ω/Km)	Resistência elétrica Corrente Contínua 20°C (Ω/Km)	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Queda de tensão Unitária V/A.km			
	Número Mínimo de Fios	Diâmetro do Conductor (mm)	Espessura da Isolação (mm)	Diâmetro Externo (mm)							FP - 0,80		FP - 0,95	
											Monofásico	Trifásico	Monofásico	Trifásico
35 mm ²	7	7,10	3,00	13,90	187	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	0,641	663	1,6864	1,4604	1,7563	1,5201	
120 mm ²	19	12,90	3,00	19,40	401	0,271	0,32455	0,253	1591	0,8445	0,7313	0,7859	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	
240 mm ²	37	18,40	3,00	24,90	875	0,244	0,16035	0,125	3182	0,5494	0,4757	0,4570	0,3958	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO PROTEGIDO DE ALUMÍNIO 25kV														
TIPO UNIPOLAR	CONDUTOR				Capacidade aproximada de condução de corrente (A)	Reatância Indutiva (ohm/km)	Resistência elétrica Corrente Alternada 90°C (Ω/Km)	Resistência elétrica Corrente Contínua 20°C (Ω/Km)	Resistência elétrica Corrente Contínua 20°C (Ω/Km)	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Queda de tensão Unitária V/A.km			
	Número Mínimo de Fios	Diâmetro do Conductor (mm)	Espessura da Isolação (mm)	Diâmetro Externo (mm)							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	0,641	663	1,7224	1,4916	1,7740	1,5363	
120 mm ²	19	14,20	4,00	21,50	397	0,301	0,32455	0,253	1591	0,8605	0,7625	0,8046	0,6968	
185 mm ²	37	16,15	4,00	24,80	519	0,284	0,21038	0,164	2452	0,6774	0,5866	0,5770	0,4987	
240 mm ²	37	18,40	4,00	27,00	617	0,274	0,16035	0,125	3182	0,5854	0,5069	0,4757	0,4120	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CABO MENSAGEIRO				
TIPO	Número Mínimo de Fios	Diâmetro do Conductor (mm)	Peso	
			Seção Transversal (mm ²)	Carga de Ruptura Mínima (daN)
Aço - Zincado	7	6,4	22,66	1430
Aço - Zincado	7	9,5	51,14	4900
Alumínio-Liga	7	9,78	58,43	7040
Aço-Alumínio	7	9,78	58,43	5520

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 67 de 78
	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 SEMICONDUTORA	COBERTURA	CABO COMPLETO	NORMA DE REFERÊNCIA
1	INSPEÇÃO GERAL			TR	
2	VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL			TR	NBR-6242
3	ENSAIOS FÍSICOS DA BLINDAGEM SEMICONDUTORA - 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
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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 68 de 78
	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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 69 de 78
	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
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

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



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
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	-

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 71 de 78
	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			

NOTAS:

- 1 - Regime da inspeção normal, amostragem dupla, nível de inspeção II, NQA = 2,5%;
- 2 - Ac – número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote;
- 3 - Re – número de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote;
- 4 - 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 depois de 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 início da vigência: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 72 de 78
	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: 01/10/2010	Versão: 01/10
------------------------------------	--	---	----------------------



Tipo: Norma Técnica e Padronização

Página 73 de 78

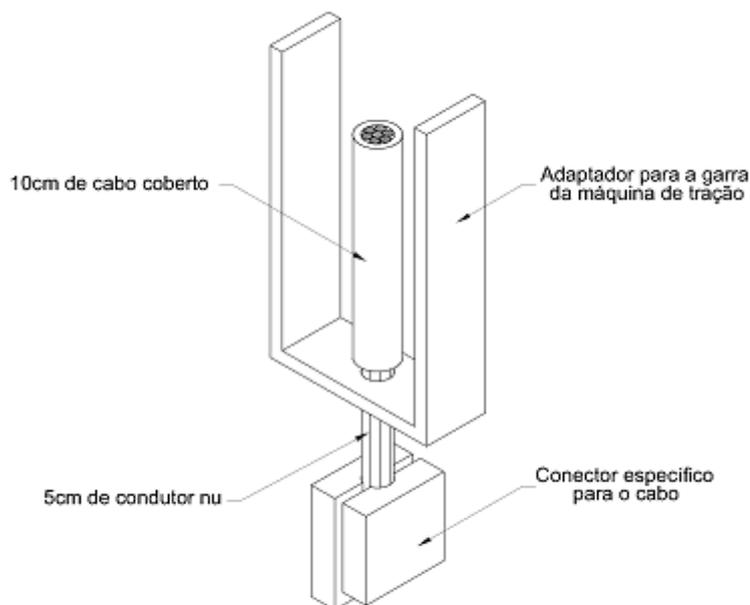
Área de Aplicação: Distribuição de Energia Elétrica
Baixa Tensão

FECO-D-13

Título do Documento: Rede Compacta de Distribuição
de Energia Elétrica: Cabos de Potência e Cabos
Mensageiros



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



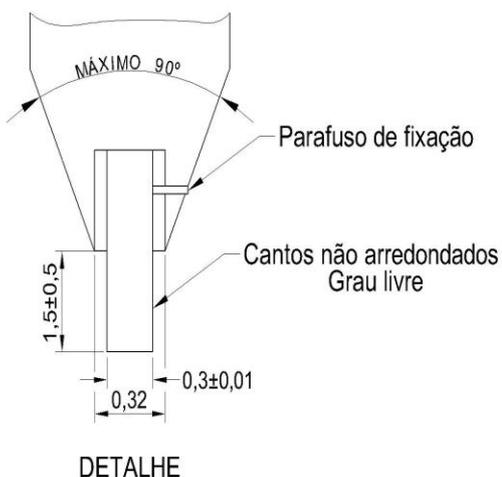
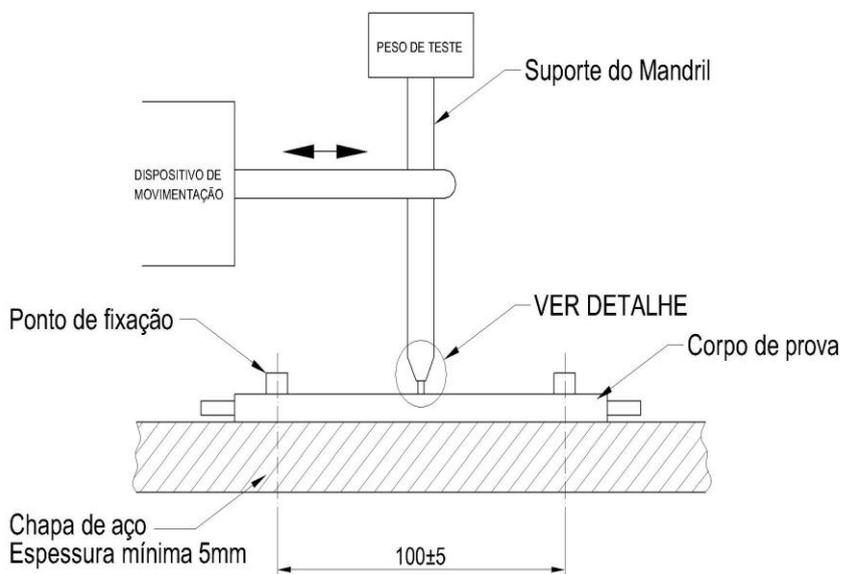
Elaborado por:
PPCT - FECOERUSC

Aprovado por:
Eng. João Belmiro Freitas

Data de início da vigência:
01/10/2010

Versão: 01/10

ANEXO J - Dispositivo para ensaio de abrasão



	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 75 de 78
	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	

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

Coordenação técnica dos trabalhos: pela FECOERUSC: Eng. João Belmiro Freitas

<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>Departamento Técnico: Eng. Deonísio L. Lobo Jocemar Eugênio Filippe Leonardo Geraldo Zickuhr Silvestre Ressati</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: Danilo Niehues</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Adriano Virgílio Maurici Flavio Schlickmann Juliano Gesing Mattos Marcos José Della Justina</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: Valdemiro Recco</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Jones Allen G. de Oliveira Eng. Tharles B. Machado Matheus Roecker Natanael Dagostin Ghellere</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: Olívio Nichele</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Jackson Rovaris Aline Liska da Rocha Spido Eliane Homem de Faveri João Batista Raupp Júnior Cesar C. Kruger</p>
<p>CERAÇÁ - COOPERATIVA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA VALE DO ARAÇÁ Rua Miguel Couto, 254 CEP: 89868-000 Saudades Fone: (49) 3334-3300 Email: ceraca@ceraca.com.br Presidente: José Samuel Thiesen</p>	<p>Eng. <i>Claudir</i> André Neuhauss</p>
<p>CERAL – DIS – COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ARAPOTI Rua Emiliano Carneiro, 835 CEP: 84.990-000 – Arapoti-PR Fone:(43) 3557-1131 Presidente : Adolf Hendrik Van Arragon</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Evandro Terra Júnior Cleber José Costa</p>

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 76 de 78
	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	

<p>CERAL ANITAPOLIS– COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ANITÁPOLIS Rua Paulico Coelho, 11 – Centro CEP: 88475-000 Anitápolis Fone: (48) 3256-0153 Email: coopceral@yahoo.com.br Presidente: Laudir Pedro Coelho</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Carlos Costa Pereira Penna</p>
<p>CERBRANORTE – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO BRAÇO DO NORTE Rua Jorge Lacerda, 1761 CEP: 88750-000 Braço do Norte Fone: (48) 3658- 2499 Email: cerbranorte@cerbranorte.com.br Presidente: Valdir Willemann</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Anísio dos Anjos Paes Eng. Fábio Mouro Antônio Oenning Deise Aparecida Faust Vieira Vânio Longuinho</p>
<p>CEREJ – COOPERATIVA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA 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: Édson Flores da Cunha</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Luiz Felipe Rodrigues</p>
<p>CERGA – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL ANITA GARIBALDI LTDA Estrada Geral da Madre, 4.680 CEP 88706-100 Tubarão Fone: (48) 3301-5284 Email: cergal@cergal.com Presidente: Genesio Souza Goulart</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Eduardo Dal Bó Eng. Valério Mário Battisti Cirene de Fátima Castro Nunes Gisele Pickler Juliano Elias Maurício Reinaldo Mota</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: Sávio Muller</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Anísio dos Anjos Paes Eng. Giusepe Pavei Furlanetto</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: José Grasso Comelli</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Edmundo Luiz Costa Eng. Ricardo Steiner Maxciel Neto Mendes</p>
<p>CERMOFUL – COOPERATIVA FUMACENSE DE ELETRICIDADE Rua Pref. Paulino Bif, 151 – Centro CEP: 88830-000 Morro da Fumaça Fone: (48) 3434-8100 Email: cermoful@cermoful.coop.br Presidente: Armando Bif</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Flávio José Comandolli Eng. Adélcio Cavagnoli Eng. Pedro Bosse Neto Daniel Barcelos João Flavia Espindola Bittencourt Josemir de Lorenzi Cancellier Marineusa Mazzorana Pacheco Samuel Cascaes Natal</p>
<p>CERPALO – COOPERATIVA DE ELETRICIDADE DE PAULO LOPES Rua João de Souza, 355 – Centro CEP: 88490-000 Paulo Lopes Fone: (48) 3253-0141 Email: cerpalo@terra.com.br Presidente: Nilso Pedro Pereira</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Landell Ones Michielin Edevaldo Marino Santos João da Silva Flores Renato Alexandre</p>

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 77 de 78
	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	

<p>CERSAD DISTRIBUIDORA – COOPERATIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SALTO DONNER Rua da Glória, 130 CEP: 89126-000 Salto Donner Fone: (47) 3388-0166 Email: cersad@terra.com.br Presidente: Rogério Maas</p>	<p>Departamento Técnico Eng. Fernando Dalmônico Everaldo Marcarini</p>
<p>CERSUL – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO SUL CATARINENSE Rua Antônio Bez Batti, 525 CEP: 88930-000 Turvo Fone: (48) 3525-8400 Email: cersul@cersul.com.br Presidente: Renato Luiz Manenti</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Moacir Antônio Daniel Eng. Rômulo Grechi Adalto José Conti Cristian Mônico Evandro Carlos dos Reis Ricardo Mondardo</p>
<p>CERTREL – COOPERATIVA DE ENERGIA TREVISÓ Rua Prof. José Abati, 588 CEP: 88862-000 Trevisó Fone: (48) 3469-0029 Email: certrel@cyber.com.br Presidente: Volnei José Piacentini</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Luciano Marcos Antunes Pinto Anselmo João Pagani Joalmir Locatelli Marcelo Possato Sérgio Luiz Rosso Tales Alberto Rosso Wagner Gonçalves Cardoso</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: Carlos Alberto Arns</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Rosemerto Resmini Eng. Jefferson Diogo Spacek Eduardo Gamba Fábio Silvano Mateus Rabelo Paulo Cesar Kammer</p>
<p>COOPERALIANÇA – COOPERATIVA ALIANÇA Rua Ipiranga, 333 – Centro CEP: 88820-000 Içara Fone: (48)3461-3200 Email: cooperalianca@cooperalianca.com.br Presidente: Pedro Deonizio Gabriel</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Edmilson Maragno Cláudia Rosane Romualdo Alexandrino Everaldo Santo Rosso Janaina Barbosa Moneretto Pavei Mateus Búrgo Dalmolim</p>
<p>COOPERCOCAL – COOPERATIVA ENERGETICA COCAL Av. Polidoro Santiago, 555 CEP: 88845-000 Cocal do Sul Fone: (48) 3447-7000 Email: coopercocal@engeplus.com.br Presidente: Ítalo Rafael Zaccaron</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Luciano Marcos Antunes Pinto Adriélcio de March Altair L. Mello Elizete Fritzen Rogério Correa Rodrigues</p>
<p>COOPERMILA – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO LAURO MULLER Rua 20 de Janeir 418 CEP: 88880-000 Lauro Muller Fone: (48) 3464-3060 Email: coopermila@coopermila.com.br Presidente: Alcimar Damiani de Brida</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Humberto Maier Vieira</p>

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

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	Página 78 de 78
	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	

<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: Gabriel Bianchet</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Edmundo Luiz Costa Alencat Wensing Laurindo Jayson Wensing Heidemann (In memorian) Luiz Carlos Eising Marcelo Correa das Neves Ricardo Zapellini Danfenbach</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: Geraldo Luiz Knabben</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Pedro Bossé Neto Eng. Tadeu Luis Mariot João Paulo Fernandes Mateus May</p>
<p>EMPRESA FORÇA E LUZ JOÃO CESA LTDA Rua José do Patrocínio, 56, CEP: 88860-000 – Siderópolis - SC Fone : (48) 3435 8300 Email: joaocesa@joaocesa.com.br Presidente: Victor Cesa</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. José Emerson Mendes Silva Felisberto Cardoso</p>
<p>SINTRESC – SINDICATO DOS TRABALHADORES NA INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO SUL DE SANTA CATARINA Av. Nereu Ramos, 326 – Centro CEP: 88745-000 Tubarão Fone: (48) 3623-1233 Email: sintresc@sintresc.org.br Presidente: Henri Machado Claudino</p>	<p>Departamento Técnico: Eng. Flávio José Comandolli Eng. Luciano Marcos Antunes Pinto José Paulo dos Reis</p>
<p>SATC EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA Rua Pascoal Meller, 75 – Universitário CEP: 88805-380 Criciúma Fone: (48) 3431-7654 Email: extesao@satc.edu.br Diretora: Karoline Possamai Rosso Alves</p>	<p>Departamento Técnico: Extensão SATC Eng. Ricardo Martinello Eng. Janaina Quarti Gustavo Leepkaln Dassi Sérgio Bruchchen Guilherme Manuel da Silva Rafael Cardoso Cruz Silvio Soares</p> <p>Revisão Metodológica e Ortográfica: Patrícia Medeiros Paz</p> <p>Desenho: Gerson Maximiliano Samuel Cascaes Natal Rogério Corrêa Rodrigues</p> <p>Jurídico: Juliano Marto Nunes</p>

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

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