



Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos de desempenho

APRESENTAÇÃO

1) Este Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Cabos Isolados (CE-003:020.003) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), nas reuniões de:

21.06.2022	19.07.2022	
------------	------------	--

a) é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 7287:2019, a qual foi tecnicamente revisada, quando aprovado, sendo que, nesse ínterim, a referida norma continua em vigor;

b) não tem valor normativo.

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Analista ABNT – Newton Ferraz.



Cabos de potência com isolamento extrudada de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos de desempenho

Power cables with extruded cross-linked polyethylene (XLPE) insulation for rated voltages from 1 kV up to 35 kV — Performance requirements

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 7287 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Cabos Isolados (CE-003:020.003). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

A ABNT NBR 7287:2022 cancela e substitui a ABNT NBR 7287:2019, a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 7287 é o seguinte:

Scope

This Standard specifies the requirements for single-core, multi-core or pre-assembled power cables insulated with cross-linked polyethylene (XLPE) and sheathed, for fixed installations.

These cables are used in distribution power systems and general electrical circuits, for rated voltages up to 35 kV, according to recommendations of ABNT NBR 5410 or ABNT NBR 14039.



According to ABNT NBR 14039, as an alternative to the regular construction of the single-core and pre-assembled cables with rated voltage 3,6/6 kV or higher, it can be specified cables with water blocking barriers (conductor and/or metallic screen), where there is a risk of water contact for a long period of time.



Cabos de potência com isolamento extrudado de polietileno reticulado (XLPE) para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos de desempenho

1 Escopo

Esta Norma especifica os requisitos para os cabos de potência unipolares, multipolares ou multiplexados, para instalações fixas, isolados com polietileno reticulado (XLPE), com cobertura, para instalações fixas.

Estes cabos são utilizados em circuitos com redes de distribuição e instalações industriais em tensões até 35 kV, conforme recomendações da ABNT NBR 5410 ou ABNT NBR 14039.

Conforme a ABNT NBR 14039, em alternativa à construção normal dos cabos unipolares e multiplexados com tensões de isolamento iguais ou superiores a 3,6/6 kV, podem ser especificados cabos com condutor e/ou blindagem metálica bloqueada contra penetração de água, onde houver risco de contato prolongado com água.

2 Referências normativas

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5410, *Instalações elétricas de baixa tensão*

ABNT NBR 5426, *Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos*

ABNT NBR 5456, *Eletricidade geral – Terminologia*

ABNT NBR 5471, *Condutores elétricos*

ABNT NBR 6251, *Cabos de potência com isolamento extrudado para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

ABNT NBR 6813, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento*

ABNT NBR 6814, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência elétrica*

ABNT NBR 6881, *Fios e cabos elétricos de potência, controle e instrumentação – Ensaio de tensão elétrica*

ABNT NBR 7294, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de descargas parciais*

ABNT NBR 7295, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de capacitância e fator de dissipação*

ABNT NBR 7296, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de impulso atmosférico*

ABNT NBR 7312, *Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais*

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



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

ABNT NBR 11137, *Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas*

ABNT NBR 14039, *Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*

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

ABNT NBR NM 280, *Condutores de cabos isolados (IEC 60228, MOD)*

ABNT NBR NM IEC 60332-1, *Métodos de ensaio em cabos elétricos sob condições de fogo – Parte 1: Ensaio em um único condutor ou cabo isolado na posição vertical*

ABNT NBR NM IEC 60811-1-1, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas*

ASTM G155, *Practice for Operating Xenon Arc Lamp Apparatus for Exposure of Materials*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5471 e ABNT NBR 6251, e os seguintes.

3.1

blindagem bloqueada

construção em que é realizado o preenchimento dos interstícios entre a blindagem semicondutora da isolamento e a cobertura ao longo do comprimento do cabo, com material compatível com os componentes do cabo, com a finalidade de conter a migração longitudinal de água no seu interior

3.2

comprimento nominal

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

3.3

condutor bloqueado

construção em que é realizado o preenchimento dos interstícios do condutor ao longo do seu comprimento, com material compatível com os componentes do cabo, com a finalidade de conter a migração longitudinal de água no seu interior

3.4

lance

uma unidade de expedição de comprimento contínuo

3.5

quantidade efetiva

quantidade contida em uma unidade de expedição, determinada por meio de equipamento adequado que assegure a incerteza máxima especificada



3.6

unidade de expedição

unidade constituída por um rolo, uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada

4 Requisitos

4.1 Designação

4.1.1 Pelas tensões de isolamento

Para os efeitos desta Norma, os cabos de potência se caracterizam pela tensão de isolamento, U_o/U , conforme a ABNT NBR 6251.

4.1.2 Pelas partes componentes

Os cabos devem ser designados pelas partes componentes previstas nesta Norma (tipo de condutor, isolamento, blindagens, armação e cobertura).

4.2 Condições em regime permanente

A temperatura no condutor em regime permanente não pode ultrapassar 90 °C.

4.3 Condições em regime de sobrecarga

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

NOTA Entende-se que o cabo, quando submetido a regime de sobrecarga, tem sua vida reduzida em certo grau, em relação à vida prevista para as condições em regime permanente. Além disto, limites mais baixos de temperatura podem ser requeridos em função de materiais usados nas emendas e terminais, ou em função de condições de instalação.

4.4 Condições em regime de curto-circuito

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

4.5 Condutor

4.5.1 O condutor deve ser de cobre ou alumínio, e deve estar de acordo com as ABNT NBR 6251 e ABNT NBR NM 280.

4.5.2 A superfície do condutor de seção maciça ou dos fios componentes do condutor encordoadado não pode apresentar fissuras, escamas, rebarbas, aspereza, estrias ou inclusões. O condutor pronto não pode apresentar falhas de encordoamento.

4.5.3 O condutor de seção maciça ou os fios componentes do condutor encordoadado, antes de serem submetidos às fases posteriores de fabricação, devem atender aos requisitos da ABNT NBR NM 280. A resistência mínima à tração dos fios de alumínio, antes do encordoamento, deve ser de 105 MPa.

4.6 Bloqueio do condutor

4.6.1 Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, os interstícios internos entre os fios componentes do condutor devem ser preenchidos com material compatível, quimicamente e termicamente, com os componentes do cabo. O fabricante deve garantir essa compatibilidade por meio dos ensaios de 7.10 e 7.13.

4.6.2 Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, o condutor encordoado deve atender aos requisitos do ensaio de 7.17, realizado em amostra de cabo completo ou veia.

4.7 Separador

Quando previsto, o separador deve ser conforme a ABNT NBR 6251.

4.8 Blindagem do condutor

4.8.1 A blindagem do condutor, quando necessária, deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251.

4.8.2 A blindagem constituída por camada extrudada deve ser termofixa e estar justaposta ao condutor ou à fita semicondutora (se houver), sendo facilmente removível e não aderente ao condutor.

4.8.3 As espessuras da blindagem, de acordo com a ABNT NBR 6251, devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode-se empregar um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.9 Isolação

4.9.1 A isolamento deve ser constituída por composto extrudado termofixo de polietileno reticulado (XLPE ou TR XLPE), conforme a ABNT NBR 6251 e de acordo com a tensão de isolamento do cabo.

4.9.2 A isolamento deve ser contínua e uniforme, ao longo de todo o seu comprimento.

4.9.3 A isolamento dos cabos sem blindagem do condutor ou separador deve estar justaposta ao condutor, facilmente removível e não aderente a este.

4.9.4 A isolamento dos cabos com blindagem do condutor deve ser aderente à blindagem, de modo a não permitir a existência de vazios entre a blindagem do condutor e a isolamento ao longo de todo o seu comprimento.

4.9.5 As espessuras da isolamento, de acordo com a ABNT NBR 6251, devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode-se empregar um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.10 Blindagem da isolamento

4.10.1 A blindagem da isolamento, compreendendo as partes semicondutora e metálica, deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251. A parte semicondutora deve ser termofixa e, para tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, deve ser extrudada simultaneamente à isolamento e à blindagem do condutor em cabeça única, ou seja, em processo de coextrusão em três camadas.

NOTA Recomenda-se, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, que o processo de vulcanização do composto de XLPE ou TR XLPE da isolamento e das blindagens semicondutoras ocorra em atmosfera inerte de nitrogênio (*dry-curing*).

4.10.2 O ensaio de aderência da parte semicondutora extrudada da blindagem da isolação deve ser realizado conforme 7.15.

4.10.3 As espessuras da blindagem semicondutora da isolação, de acordo com a ABNT NBR 6251, devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode-se empregar um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.11 Bloqueio da blindagem metálica

4.11.1 Nos cabos unipolares ou multiplexados, com construção da blindagem metálica bloqueada longitudinalmente, deve ser aplicado nos interstícios, entre a blindagem semicondutora da isolação e a cobertura, um material ou a combinação de materiais adequados e compatíveis, química e termicamente, com os componentes do cabo.

4.11.2 O bloqueio longitudinal deve atender ao ensaio de penetração longitudinal de água indicado em 7.17.

4.11.3 Qualquer construção alternativa para bloqueio transversal é permitida, como a utilização de capa metálica ou fita metálica laminada, por exemplo.

4.12 Condutor neutro ou condutor de proteção

4.12.1 Caso haja um ou mais condutores neutros ou condutores de proteção isolados, seja qual for a tensão de isolamento dos condutores fase, a espessura da isolação do condutor neutro deve ser a mesma que a da tensão de isolamento 0,6/1 kV.

4.12.2 A isolação deve ser constituída por composto extrudado termofixo de polietileno reticulado (XLPE), conforme a ABNT NBR 6251.

4.13 Reunião dos cabos multipolares ou multiplexados

4.13.1 Nos cabos multipolares, as veias devem ser reunidas conforme a ABNT NBR 6251.

4.13.2 O passo de reunião para os cabos multipolares deve ser adotado de maneira a permitir que o cabo completo atenda aos requisitos do ensaio de dobramento, indicado em 7.7.

4.13.3 O passo de reunião para os cabos multiplexados deve ser de no máximo 60 vezes o diâmetro nominal do maior cabo unipolar constituinte destes.

4.13.4 A verificação do passo deve ser conforme a ABNT NBR 15443. Não podem ser considerados os comprimentos iniciais da bobina ou do rolo que possam apresentar alterações no passo de reunião.

4.14 Identificação das veias

As veias devem ser identificadas convenientemente, conforme estabelecido na ABNT NBR 6251.

4.15 Capa interna, enchimento, capa metálica e armação

Quando previstos, estes itens devem ser conforme a ABNT NBR 6251.

4.16 Capa de separação

4.16.1 Quando prevista, a capa de separação deve ser constituída por um dos materiais especificados em 4.17 e deve ser conforme a ABNT NBR 6251.



4.16.2 Não é recomendado o emprego de compostos do tipo ST2, SE1/A ou SE1/B para os cabos com construção bloqueada longitudinalmente, a menos que estes possuam construção bloqueada transversalmente.

4.16.3 As espessuras da capa de separação, de acordo com a ABNT NBR 6251, devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode-se empregar um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.17 Cobertura

4.17.1 A cobertura dos cabos deve ser constituída por material termoplástico (ST2 ou ST7) ou termofixo (SE1/A ou SE1/B), conforme a ABNT NBR 6251.

4.17.2 As espessuras da cobertura, de acordo com a ABNT NBR 6251, devem ser medidas conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Pode-se empregar um processo óptico, como projeção de perfil ou equivalente.

4.18 Marcação na cobertura

4.18.1 A marcação da cobertura deve ser conforme a ABNT NBR 6251.

4.18.2 No caso de cobertura termoplástica, a marcação em baixo ou alto-relevo, ou com tinta, deve ser a padronizada.

4.18.3 No caso de cobertura termofixa, a marcação a tinta deve ser a padronizada.

4.18.4 Qualquer outro tipo de marcação deve ser objeto de acordo entre o fabricante e o comprador.

5 Inspeção e amostragem

5.1 Requisitos gerais de inspeção

5.1.1 Os ensaios previstos nesta Norma são classificados em:

- a) ensaios de recebimento (R e E);
- b) ensaios de tipo (T);
- c) ensaios de controle;
- d) ensaios durante e após a instalação.

5.1.2 Antes de qualquer ensaio, deve ser realizada uma inspeção visual sobre todas as unidades de expedição, para verificação dos requisitos especificados em 4.18 e na Seção 8.

5.2 Ensaios de recebimento (R e E)

5.2.1 Os ensaios de recebimento constituem-se em:

- a) ensaios de rotina (R);
- b) ensaios especiais (E).

5.2.2 Os ensaios de rotina (R) solicitados nesta Norma, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, são:

- a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;
- b) tensão elétrica na isolação, conforme 7.2;
- c) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.4.

5.2.3 Os ensaios de rotina (R) solicitados nesta Norma, para os cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, são:

- a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;
- b) tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.3;
- c) descargas parciais, conforme 7.6.

5.2.4 No caso de cabos multipolares ou multiplexados, todas as veias devem ser submetidas aos ensaios de rotina.

5.2.5 As verificações e os ensaios especiais (E) solicitados nesta Norma são:

- a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.17;
- b) tração e alongamento na isolação, antes e após o envelhecimento, conforme 7.16;
- c) alongamento a quente na isolação, conforme 7.16;
- d) tração e alongamento na capa de separação (se existir) e cobertura, antes e após o envelhecimento, conforme 7.16;
- e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, para os cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, conforme 7.8;
- f) tensão elétrica de longa duração para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6 kV/6 kV, conforme 7.12;
- g) aderência da blindagem semicondutora da isolação, para os cabos a campo radial, conforme 7.15.

Os ensaios especiais (E) devem ser feitos em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido em 5.6.3 a 5.6.10, com a finalidade de verificar se o cabo atende às especificações do projeto.

5.3 Ensaios de tipo (T)

5.3.1 Os ensaios de tipo (T) elétricos solicitados nesta Norma, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, são:

- a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.2;
- b) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.5;
- c) resistência de isolamento a 90 °C, conforme 7.6;
- d) tensão elétrica de longa duração, conforme 7.13.



5.3.2 O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo, de no mínimo 10 m. A seção recomendada do condutor deve ser de 120 mm², ou outra seção em comum acordo entre o fabricante e o comprador, devendo os ensaios ser efetuados para cada tipo de construção, isto é, cabos a campo radial e não radial.

5.3.3 Estes ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.3.1, no mesmo corpo de prova.

5.3.4 No caso de cabos multipolares ou multiplexados, estes ensaios devem ser realizados em pelo menos uma das veias.

5.3.5 Os ensaios de tipo (T) elétricos solicitados nesta Norma para os cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, são:

- a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.2;
- b) tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.4;
- c) descargas parciais, conforme 7.7;
- d) dobramento e, em seguida, ensaio de descargas parciais, conforme 7.8;
- e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.9;
- f) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função da temperatura, conforme 7.10;
- g) ciclos térmicos, conforme 7.11;
- h) tensão elétrica de impulso e, em seguida, ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.12;
- i) resistividade elétrica das blindagens semicondutoras, conforme a ABNT NBR 6251.

5.3.6 O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de cabo completo, de no mínimo 10 m. A seção recomendada do condutor deve ser 120 mm² e a tensão de isolamento deve ser a máxima produzida pelo fabricante e/ou a prevista nesta Norma.

5.3.7 Todos os ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.3.5, no mesmo corpo de prova.

5.3.8 No caso de cabos multipolares ou multiplexados, os ensaios previstos em 5.3.5 devem ser realizados em pelo menos uma das veias

5.3.9 As verificações e os ensaios de tipo (T) não elétricos solicitados nesta Norma são:

- a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.16;
- b) ensaios físicos da blindagem semicondutora, conforme 7.16;
- c) ensaios físicos da isolação, conforme 7.16;
- d) ensaios físicos da capa de separação (se esta existir) e cobertura, conforme 7.16;
- e) envelhecimento em amostra de cabo completo, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, conforme 7.13;

- f) resistência à chama, conforme 7.14;
- g) aderência da blindagem semicondutora da isolação, para os cabos a campo radial, conforme 7.15;
- h) penetração longitudinal de água, quando aplicável, conforme 7.17;
- i) ensaios mecânicos e inspeção visual no composto da cobertura após o envelhecimento artificial em câmara UV, conforme 7.18, se previamente requerido.

5.3.10 No caso de cabos multipolares ou multiplexados, o ensaio indicado em 5.3.9-a) deve ser realizado em todas as veias

5.3.11 Deve ser utilizado um comprimento suficiente de cabo completo, retirado previamente da amostra coletada para os ensaios de tipo elétricos, com exceção do ensaio de 5.3.9-b), que pode ser realizado em corpos de prova obtidos de placa do material utilizado.

5.3.12 Os ensaios de tipo devem ser realizados, de modo geral, uma única vez, com a finalidade de demonstrar o comportamento satisfatório do projeto do cabo, para atender à aplicação prevista. São, por isso mesmo, de natureza tal que não precisam ser repetidos, independentemente do material do condutor, a menos que haja modificação do projeto do cabo que possa alterar o seu desempenho.

5.3.13 Entende-se por modificação do projeto do cabo, para os efeitos desta Norma, qualquer variação construtiva ou de tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico e/ou mecânico do cabo, como, por exemplo:

- a) modificação do composto isolante;
- b) adoção de tecnologia diferente para a blindagem do condutor e/ou da isolação, em função da tensão de isolamento;
- c) adoção de cabo a campo radial ou não radial, para tensões de isolamento em que a alternativa é permitida;
- d) utilização de proteções metálicas que possam afetar os componentes subjacentes do cabo.

5.3.14 Estes ensaios devem ser realizados para cada projeto de cabo, como, por exemplo, cabos a campo radial e a campo não radial, sendo que, para os cabos multiplexados com tensões iguais ou superiores a 3,6/6 kV a campo radial, os ensaios podem ser realizados em somente um cabo unipolar constituinte do mesmo projeto.

NOTA O Anexo D apresenta informações complementares.

O ensaio de tipo complementar previsto nesta Norma é o ensaio para determinação do coeficiente por grau Celsius, para correção da resistência de isolamento. Este ensaio deve ser previamente realizado pelo fabricante, conforme 7.4.6.

5.4 Ensaios de controle

Todos os ensaios elétricos e não elétricos previstos nesta Norma compreendem o elenco de ensaios de controle disponíveis ao fabricante que, a seu critério e necessidade, os utiliza para determinada ordem de compra ou lote de produção, para assegurar que os materiais e processos utilizados atendam aos requisitos desta Norma.

NOTA O Anexo D apresenta informações complementares.

5.5 Ensaios durante e após a instalação

Estes ensaios são destinados a demonstrar a integridade do cabo e seus acessórios, durante e após a instalação.

5.5.1 Ensaio em C.A.

O ensaio em C.A. pode ser realizado em qualquer ocasião, conforme um dos critérios a seguir:

- a) aplicação, por 5 min, da tensão equivalente entre as fases do sistema entre o condutor e a blindagem metálica; ou
- b) aplicação, por 24 h, da tensão entre a fase e o terra do sistema entre o condutor e a blindagem; ou
- c) aplicação, por 15 min, da tensão RMS de $3 U_0$ entre as fases do sistema entre o condutor e a blindagem, a uma frequência de 0,1 Hz.

NOTA Durante o ensaio em C.A. (frequência de 0,1 Hz), tan δ e/ou descargas parciais podem ser monitoradas.

5.5.2 Ensaio em C.C.

Em alternativa ao ensaio em C.A., pode ser utilizado C.C., conforme um dos critérios a seguir estabelecidos, entretanto, o ensaio em C.C. pode causar o envelhecimento precoce dos cabos ou danos permanentes, principalmente em instalações antigas:

- a) em qualquer ocasião durante a instalação, pode ser efetuado um ensaio de tensão elétrica contínua de valor igual a 75 % do valor dado na Tabela 3, durante 5 min consecutivos; ou
- b) após a conclusão da instalação do cabo e seus acessórios, e antes de estes serem colocados em operação, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 80 % do valor dado na Tabela 3, durante 15 min consecutivos; ou
- c) após o cabo e seus acessórios terem sido colocados em operação, em qualquer ocasião, dentro do período de garantia, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 65 % do valor dado na Tabela 3, durante 5 min consecutivos.

5.6 Critérios de amostragem

5.6.1 Todas as unidades de expedição, exceto as acondicionadas em rolos, devem ser submetidas a todos os ensaios de rotina.

5.6.2 Para os cabos com tensão de isolamento de 0,6 kV a 1 kV, em unidades de expedição acondicionadas em rolos, deve ser adotado o critério de amostragem conforme a ABNT NBR 5426, com NI = II (nível de inspeção) e NQA = 2,5 % (nível de qualidade aceitável), desde que seja comprovado que nas bobinas de origem foram realizados os ensaios de rotina, previstos em 5.2.2 a) a c). Outros critérios de amostragem podem ser adotados mediante acordo prévio entre o fabricante o comprador.

5.6.3 Os ensaios especiais (E) devem ser feitos em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido em 5.6.4 a 5.6.10, para verificar se o cabo atende às especificações do projeto.

5.6.4 Os ensaios especiais devem ser realizados para ordens de compra que excedam 2 km de cabos multipolares ou multiplexados, ou 4 km de cabos unipolares, com a mesma seção e construção. Para

ordem de compra com vários itens de mesma construção e com os mesmos materiais componentes apenas com seções diferentes, os ensaios especiais podem ser realizados em um único item, preferencialmente naquele de maior comprimento.

NOTA O Anexo D apresenta informações complementares.

5.6.5 A quantidade de amostras requerida deve ser conforme a Tabela 1.

5.6.6 A amostra deve ser constituída por um comprimento suficiente de cabo, retirado de uma das extremidades de unidades quaisquer de expedição, após ter sido eliminada, se necessário, qualquer porção do cabo que tenha sofrido danos.

5.6.7 Para o ensaio de 5.2.5-f), o corpo de prova deve ser constituído por um único comprimento útil, com no mínimo 5 m de cabo.

5.6.8 Para o ensaio de 5.2.5-g), o corpo de prova deve ser constituído por um único comprimento útil de 0,40 m de cabo.

5.6.9 O ensaio de 5.2.5-e) deve ser realizado sobre a(s) unidade(s) completa(s) de expedição.

5.6.10 No caso de cabos multipolares ou multiplexados, todos os ensaios e verificações devem ser feitos em todas as veias.

Tabela 1 – Determinação do número de amostras

Comprimento do cabo km				
Cabos unipolares		Cabos multipolares e multiplexados		Número de amostras
Superior a	Inferior ou igual a	Superior a	Inferior ou igual a	
4	20	2	10	1
20	40	10	20	2
40	60	20	30	3
60	80	30	40	4
80	100	40	50	5
NOTA 1 O número de amostras é a quantidade de unidades de expedição retiradas do lote sob inspeção.				
NOTA 2 Para ordens de compra com comprimentos de cabos superiores, tomar uma amostra a cada 10 km de cabos multipolares ou multiplexados, ou 20 km de cabos unipolares.				

6 Aceitação e rejeição

6.1 Inspeção visual

Podem ser rejeitadas, de forma individual, a critério do comprador, as unidades de expedição que não cumpram as condições estabelecidas em 4.18 e na Seção 8.

NOTA O Anexo D apresenta informações complementares.



6.2 Ensaios especiais

6.2.1 Podem ser rejeitadas, de forma individual, as unidades de expedição que não cumpram os requisitos especificados.

6.2.2 Sobre as amostras obtidas conforme 5.6.3, devem ser aplicados os ensaios especiais estabelecidos em 5.2.5-a) a 5.2.5-g).

6.2.3 Se nos ensaios especiais resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados em 5.2.5, com exceção do indicado em 5.2.5-a), o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado.

6.2.4 Nos ensaios de verificação da construção do cabo, previstos em 5.2.5-a), se resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, devem ser retirados dois novos comprimentos suficientes de cabo das mesmas unidades de expedição e devem ser novamente efetuados os ensaios para os quais a amostra precedente foi insatisfatória. Os requisitos devem resultar satisfatórios, em ambos os comprimentos de cabo; em caso contrário, o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado, a critério do comprador.

NOTA O Anexo D apresenta informações complementares.

7 Ensaios

7.1 Resistência elétrica do condutor (R e T)

7.1.1 A resistência elétrica dos condutores, referida a 20 °C e a um comprimento de 1 km, não pode ser superior aos valores estabelecidos na ABNT NBR NM 280.

7.1.2 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6814.

7.2 Tensão elétrica na isolação (R e T)

7.2.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.

7.2.2 Para os cabos unipolares ou multiplexados, sem blindagem metálica ou outra proteção metálica sobre a isolação, o ensaio deve ser realizado com o cabo imerso em água, por um tempo não inferior a 1 h, antes do ensaio. A tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a água.

7.2.3 Para os cabos unipolares ou multiplexados, com blindagem metálica ou outra proteção metálica sobre a isolação, a tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem ou proteção metálica.

7.2.4 Para os cabos multipolares a campo não radial (sem blindagem semicondutora sobre cada veia), a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e todos os outros conectados entre si e a proteção metálica coletiva, se esta existir. A tensão elétrica deve ser aplicada sempre que for necessário, de forma a assegurar que todas as veias sejam ensaiadas entre si e contra a proteção metálica, se esta existir.

7.2.5 Para os cabos multipolares a campo radial (com blindagem semicondutora sobre cada veia), a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e sua blindagem metálica ou, na falta desta, entre cada condutor e a blindagem metálica coletiva.

7.2.6 O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com frequência de 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz dado na Tabela 2, pelo tempo de 5 min, não pode apresentar perfuração.

Tabela 2 – Valores eficazes de tensão elétrica alternada

Tensão de isolamento U_0/U	kV	0,6/1	1,8/3	3,6/6
Tensão de ensaio	kV	3,5	6,5	11
NOTA Os valores de tensão elétrica alternada de ensaio correspondem a $2,5 U_0 + 2,0$ kV.				

7.2.7 Em alternativa, o requisito de 7.2.6, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, pode ser verificado com tensão elétrica contínua, com o valor dado na Tabela 3, pelo tempo de 5 min.

Tabela 3 – Valores de tensão elétrica contínua

Tensão de isolamento U_0/U	kV	0,6/1	1,8/3	3,6/6	6/10	8,7/15	12/20	15/25	20/35
Tensão de ensaio	kV	8,5	15,5	26,5	36	53	72	90	120
NOTA 1 Os valores de tensão elétrica contínua de ensaio correspondem a $2,4 \times (2,5 U_0 + 2,0)$ kV, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, e $2,4 \times 2,5 U_0$, para os cabos com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.									
NOTA 2 Os valores correspondentes às tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV são utilizados como referência para o cálculo das tensões de ensaios durante e após a instalação, conforme 5.6.									

7.2.8 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

7.3 Tensão elétrica de *screening* na isolação (R e T)

7.3.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.

7.3.2 Para os cabos unipolares ou multiplexados, a tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem metálica.

7.3.3 Para os cabos multipolares, a tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor e sua blindagem metálica ou, na falta desta, entre cada condutor e a blindagem metálica coletiva.

7.3.4 O valor eficaz da tensão elétrica aplicada deve corresponder ao calculado pelas seguintes equações:

$$U = E \times S_e$$

sendo

$$S_e = \frac{d}{2} \times \ln \left(\frac{D}{d} \right)$$

$$d = dc + 0,8$$

onde

U é a tensão de ensaio, expressa em quilovolts (kV);

E é o gradiente elétrico de ensaio, igual a 12 kV/mm;



S_e é a espessura equivalente da veia, expressa em milímetros (mm);

dc é o diâmetro fictício do condutor, expresso em milímetros (mm);

d é o diâmetro fictício sob a isolação, expresso em milímetros (mm);

D é o diâmetro fictício sobre a isolação, expresso em milímetros (mm).

No caso de condutores setoriais, os valores de dc e D devem ser obtidos pelas seguintes equações:

$$dc = 2r$$

$$D = d + 2e$$

onde

r é o menor raio do setor, expresso em milímetros (mm);

e é a espessura nominal da isolação, expressa em milímetros (mm).

O valor calculado para a tensão de ensaio deve ser arredondado para o inteiro mais próximo.

7.3.5 O valor eficaz da tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, deve ser calculado em função do gradiente elétrico máximo do condutor, pelas equações dadas em 7.3.4.

7.3.6 Os valores calculados da tensão elétrica para cada tensão de isolamento constam na Tabela 4.

7.3.7 O tempo de aplicação da tensão elétrica deve ser de 15 min, não podendo ocorrer perfuração.

NOTA Para este ensaio, não é prevista alternativa em tensão elétrica contínua.

7.3.8 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

Tabela 4 – Valores eficazes de tensão elétrica de *screening* (continua)

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV				
	6/10	8,7/15	12/20	15/25	20/35
16	26	–	–	–	–
25	28	34	–	–	–
35	29	35	41	–	–
50	30	37	43	49	58
70	31	39	45	52	61
95	32	40	47	54	65
120	33	41	48	56	67
150	33	42	49	58	69
185	34	43	50	59	71

Tabela 4 (conclusão)

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV				
	6/10	8,7/15	12/20	15/25	20/35
240	35	44	52	61	74
300	35	45	53	62	76
400	36	46	54	64	79
500	36	46	55	66	81
630	37	47	56	67	83
800	37	48	57	68	84
1 000	37	48	58	69	86

7.4 Resistência de isolamento à temperatura ambiente (R e T)

7.4.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, como ensaio de rotina e de tipo.

7.4.2 A resistência de isolamento da(s) veia(s), referida a 20 °C e a um comprimento de 1 km, não pode ser inferior ao valor calculado pela seguinte equação:

$$R_i = K_i \times \log\left(\frac{D}{d}\right)$$

onde

R_i é a resistência de isolamento, expressa em megaohms.kilômetro (MΩ.km);

K_i é a constante de isolamento, igual a 3 700 MΩ.km;

D é o diâmetro nominal sobre a isolação, expresso em milímetros (mm);

d é o diâmetro nominal sob a isolação, expresso em milímetros (mm).

Para condutores de seção transversal não circular, a relação D/d deve ser a relação entre os perímetros nominais sobre a isolação e sobre o condutor (ou sobre sua blindagem).

7.4.3 A medição da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua, com valor de 300 V a 500 V, aplicada por tempo mínimo de 1 min e máximo de 5 min.

7.4.4 As conexões do cabo ao instrumento de medição devem ser realizadas de acordo com o indicado para o ensaio de tensão elétrica (ver 7.2), conforme o tipo de construção do cabo.

7.4.5 O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado após o ensaio de tensão elétrica, conforme 7.3. No caso de o ensaio de 7.2 ter sido realizado com a tensão elétrica contínua, a medição da resistência de isolamento deve ser feita 24 h após o(s) condutor(es) ter(em) sido curto-circuitado(s) com a(s) respectiva(s) blindagem(ns) (ou proteções metálicas) ou com água.

7.4.6 Quando a medição da resistência de isolamento for realizada à temperatura do meio diferente de 20 °C, o valor obtido deve ser referido a esta temperatura, utilizando-se os fatores de correção

dados na Tabela A.1. O fabricante deve fornecer previamente o coeficiente por grau Celsius a ser utilizado. Este coeficiente deve ser determinado em corpo de prova específico e ensaiado conforme a ABNT NBR 6813. Certos compostos apresentam elevada constante de isolamento, o que pode dificultar a determinação do coeficiente por grau Celsius. Nestes casos, deve ser aceito o menor coeficiente dado na Tabela A.1.

7.4.7 O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6813.

7.4.8 Quando este ensaio for realizado como ensaio de tipo, para os cabos não blindados individualmente, a medição da resistência de isolamento pode ser feita com o corpo de prova constituído por veia imersa em água, pelo menos 1 h antes do ensaio, tendo sido retirados todos os componentes exteriores à isolação.

7.5 Resistência de isolamento a 90 °C (T)

7.5.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV.

7.5.2 A resistência de isolamento da(s) veia(s) a $90\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, referida a um comprimento de 1 km, não pode ser inferior ao valor calculado pela equação dada em 7.4.2, tomando-se a constante de isolamento $K_i = 3,7\text{ M}\Omega\cdot\text{km}$.

7.5.3 Para os cabos não blindados individualmente, a temperatura no condutor deve ser obtida pela imersão do corpo de prova em água, após terem sido removidos todos os componentes exteriores à isolação. O corpo de prova deve ser mantido na água, pelo menos por 2 h, à temperatura especificada, antes de ser efetuada a medição.

7.5.4 Para os cabos blindados individualmente, a temperatura no condutor pode ser obtida pela colocação do corpo de prova do cabo completo em água ou estufa, por pelo menos 2 h, à temperatura especificada, antes de ser efetuada a medição. A temperatura no condutor pode também ser obtida pela circulação de corrente pela blindagem metálica individual da(s) veia(s). Neste caso, a temperatura pode ser verificada pela resistência elétrica do(s) condutor(es) ou pela medição da temperatura na superfície da blindagem metálica. A medição deve ser feita após a estabilização térmica do corpo de prova à temperatura especificada.

7.5.5 A medição da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua, com valor de 300 V a 500 V, aplicada por um tempo mínimo de 1 min e máximo de 5 min.

7.5.6 O ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR 6813.

7.6 Descargas parciais (R e T)

7.6.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.6.2 A tensão elétrica aplicada entre o condutor e a blindagem da isolação deve ser elevada gradualmente até atingir o valor da tensão de exploração e, em seguida, decrescida até o valor da tensão de medição, conforme estabelecido em 7.6.5.

7.6.3 Para os cabos multipolares ou multiplexados, cada veia deve ser ensaiada individualmente.

7.6.4 O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com valores de exploração e medição conforme 7.6.5, não pode apresentar nível de descarga superior a 3 pC, na tensão de medição. O nível da descarga na tensão de exploração pode ser registrado para informação de engenharia.



7.6.5 Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas de exploração e medição, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, constam na Tabela 5 e devem ser calculados conforme 7.3.4, utilizando-se 7 kV/mm e 6 kV/mm, respectivamente, como valores de gradiente elétrico de ensaio.

7.6.6 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7294.

Tabela 5 – Valores de tensão de exploração e medição para ensaio de descargas parciais

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV									
	6/10		8,7/15		12/20		15/25		20/35	
	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição	Tensão de exploração	Tensão de medição
16	15	13	–	–	–	–	–	–	–	–
25	16	14	20	17	–	–	–	–	–	–
35	17	15	21	18	24	20	–	–	–	–
50	18	15	22	19	25	21	29	25	34	29
70	18	16	23	19	26	22	30	26	36	31
95	19	16	23	20	27	23	32	27	38	32
120	20	16	24	21	28	24	33	28	39	34
150	20	17	25	21	29	25	34	29	40	35
185	20	17	25	21	29	25	35	30	42	36
240	20	17	26	22	30	26	36	31	43	37
300	21	18	26	22	31	26	36	31	44	38
400	21	18	27	23	32	27	38	32	46	39
500	21	18	27	23	32	28	38	33	47	40
630	21	18	27	24	33	28	39	33	48	41
800	22	19	28	24	33	28	40	34	49	42
1 000	22	19	28	24	34	29	40	35	50	43

7.7 Dobramento (T)

7.7.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.7.2 O corpo de prova, à temperatura ambiente, deve ser enrolado em um tambor, evitando-se movimentos bruscos, por pelo menos uma volta completa; em seguida, o corpo de prova deve ser desenrolado e o processo repetido, após o corpo de prova girar 180° em torno de seu eixo. Este ciclo de operações deve ser repetido mais duas vezes.

7.7.3 O diâmetro do tambor deve corresponder ao raio mínimo de curvatura para instalação, conforme estabelecido na ABNT NBR 9511, em função do tipo de construção do cabo. É admitida uma tolerância de $\pm 5\%$ sobre o valor calculado.



7.7.4 Após completados os três ciclos de dobramento, o corpo de prova deve ser submetido ao ensaio de descargas parciais, conforme 7.6.

7.8 Determinação do fator de perdas no dielétrico ($\tan \delta$) em função do gradiente elétrico máximo no condutor (E e T)

7.8.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.8.2 O fator de perdas no dielétrico ($\tan \delta$) deve ser medido na unidade de expedição (ensaio especial) ou em corpo de prova mecanicamente condicionado, conforme descrito no ensaio de tipo de 7.7.

7.8.3 Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, constam na Tabela 6 e devem ser calculados conforme 7.3.4, utilizando-se os valores de gradiente elétrico de ensaio de 2 kV/mm, 4 kV/mm e 8 kV/mm, respectivamente.

Tabela 6 – Valores de tensão para os ensaios de fator de perdas no dielétrico (tangente δ) em função do gradiente máximo

Seção nominal do condutor mm ²	Tensão de ensaio kV														
	6/10			8,7/15			12/20			15/25			20/35		
	Gradiente elétrico máximo kV/mm														
	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8	2	4	8
	Tensão de ensaio kV														
16	4	9	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	5	9	19	6	11	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	5	10	19	6	12	24	7	14	27	—	—	—	—	—	—
50	5	10	20	6	12	25	7	14	29	8	16	33	10	19	39
70	5	10	21	6	13	26	7	15	30	9	17	35	10	20	41
95	5	11	21	7	13	27	8	16	31	9	18	36	11	22	43
120	5	11	22	7	14	27	8	16	32	9	19	37	11	22	45
150	6	11	22	7	14	28	8	16	33	10	19	38	12	23	46
185	6	11	23	7	14	29	8	17	34	10	20	39	12	24	48
240	6	12	23	7	15	29	9	17	34	10	20	41	12	25	49
300	6	12	23	7	15	30	9	18	35	10	21	42	13	25	51
400	6	12	24	8	15	30	9	18	36	11	21	43	13	26	52
500	6	12	24	8	15	31	9	18	37	11	21	44	13	27	54
630	6	12	24	8	16	31	9	19	37	11	22	45	14	28	55
800	6	12	25	8	16	32	9	19	38	11	23	45	14	28	56
1 000	6	12	25	8	16	32	10	19	38	12	23	46	14	29	57

7.8.4 Os valores medidos não podem exceder os estabelecidos na Tabela 7.

7.8.5 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7295.

7.9 Determinação do fator de perdas no dielétrico ($\tan \delta$) em função da temperatura (T)

7.9.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.9.2 O corpo de prova deve ser aquecido por um dos procedimentos estabelecidos em 7.5.4.

7.9.3 O fator de perdas no dielétrico ($\tan \delta$) deve ser medido no corpo de prova, à temperatura de $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, com tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, e valor correspondente ao gradiente elétrico máximo do condutor de 2 kV/mm, calculado conforme 7.3.4.

7.9.4 Os valores medidos não podem exceder os estabelecidos na Tabela 7.

7.9.5 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7295.

Tabela 7 – Valores de fator de perdas do dielétrico (tangente δ)

Item	Classificação do ensaio	Método de ensaio	Ensaio	Requisitos
01	Especial e tipo	ABNT NBR 7295	Fator de perdas no dielétrico em função do gradiente elétrico máximo no condutor, à temperatura ambiente:	
			— Máximo $\tan \delta$ a 4 kV/mm	40×10^{-4}
			— Máximo incremento da $\tan \delta$ entre 2 kV/mm e 8 kV/mm	20×10^{-4}
02	Tipo	ABNT NBR 7295	Fator de perdas no dielétrico em função da temperatura a um gradiente elétrico máximo no condutor de 2 kV/mm:	
			— Máximo $\tan \delta$ à temperatura de $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$	80×10^{-4}

7.10 Ciclos térmicos (T)

7.10.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.10.2 O corpo de prova retirado de um comprimento de cabo, respeitado um tempo mínimo de sete dias após a fabricação, deve ser montado em forma de U, observando-se o raio de curvatura mínimo, para instalação em função do tipo de construção do cabo, estabelecido na ABNT NBR 9511. É permitida a colocação do corpo de prova em um eletroduto não metálico, a fim de facilitar a realização do ensaio, bem como a utilização de uma veia blindada ou de um cabo unipolar, no caso de cabos multipolares ou multiplexados.



7.10.3 Antes do início do ensaio de ciclos térmicos, o corpo de prova deve ser submetido à sequência de ensaios de 5.3.5 a) a f) e i).

7.10.4 Durante 30 dias, o corpo de prova deve ser submetido continuamente à tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, e valor correspondente ao gradiente elétrico máximo no condutor de 8 kV/mm, calculado conforme 7.3.4. As interrupções eventuais devem ser compensadas.

7.10.5 Nas condições indicadas em 7.10.2 e 7.10.4, o corpo de prova deve ser submetido a uma corrente elétrica de aquecimento, de modo a atingir a temperatura de $130\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, no condutor, por um tempo mínimo de 6 h contínuas, a cada dia útil.

7.10.6 No 15º dia, o corpo de prova deve ser submetido aos ensaios previstos em 5.3.5 c), e) e f).

7.10.7 O corpo de prova, após ser submetido aos ciclos térmicos sob tensão elétrica, isto é, no término do ensaio (30º dia), deve atender aos requisitos estabelecidos em 5.3.5 c), e) e f) e aos valores da resistividade elétrica máxima à temperatura de operação das camadas semicondutoras, estabelecidos na ABNT NBR 6251.

7.11 Tensão elétrica de impulso (T)

7.11.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com tensões de isolamento superiores a 3,6/6 kV.

7.11.2 O corpo de prova, com o condutor à temperatura de $95\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, deve suportar, sem falhas, dez impulsos positivos e dez impulsos negativos de tensão, com valor de crista estabelecido na Tabela 8.

7.11.3 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 7296.

7.11.4 Após a realização do ensaio de impulso, o corpo de prova deve ser submetido, à temperatura ambiente, ao ensaio elétrico de *screening*, conforme 7.3.

Tabela 8 – Tensão elétrica suportável de impulso atmosférico do cabo

Tensão de isolamento U_0/U	Tensão de ensaio a impulso U_p
kV (valor eficaz)	kV (valor de crista)
6/10	75
8,7/15	110
12/20	125
15/25	150
20/35	200

7.12 Tensão elétrica de longa duração (E e T)

7.12.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, e deve ser realizado à temperatura ambiente.

7.12.2 Para os cabos não blindados individualmente, o ensaio deve ser realizado em corpo de prova constituído por veia retirada do cabo completo, após terem sido removidos todos os componentes

exteriores à isolação. O corpo de prova deve ser imerso em água pelo menos 1 h antes do ensaio, e a tensão deve ser aplicada entre o condutor e a água.

7.12.3 Para os cabos blindados individualmente, o corpo de prova deve ser constituído por cabo completo, e a tensão deve ser aplicada entre o(s) condutor(es) e a(s) blindagem(ns).

7.12.4 O corpo de prova, quando submetido à tensão elétrica alternada, à frequência de 48 Hz a 62 Hz, com valor eficaz de $3 U_0$, pelo tempo de 4 h, não pode apresentar perfuração.

7.12.5 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 6881.

7.13 Envelhecimento em cabo completo (T)

7.13.1 Este ensaio é requerido para os cabos com tensões de isolamento iguais ou inferiores a 3,6/6 kV, e tem a finalidade de verificar a compatibilidade química entre a isolação e os demais componentes que constituem o cabo.

7.13.2 A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 168 h. Quando a cobertura for do tipo ST1 ou ST3, a temperatura deve ser de $(90 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.13.3 O corpo de prova correspondente à isolação, capa de separação (quando esta existir) e cobertura, retirado de amostra do cabo completo após o envelhecimento, deve atender aos requisitos de tração e alongamento à ruptura, previstos na ABNT NBR 6251, para envelhecimento em estufa a ar. O condutor removido da amostra envelhecida não pode apresentar qualquer evidência de corrosão, quando submetido à inspeção visual, sem auxílio de qualquer equipamento óptico. Oxidação ou descoloração normal do cobre não é levada em consideração.

7.14 Resistência à chama (T)

7.14.1 Este ensaio é requerido para os cabos de qualquer tensão de isolamento.

7.14.2 Este ensaio não é aplicável aos cabos com cobertura do tipo ST3 ou ST7.

7.14.3 Os corpos de prova devem ser constituídos por comprimentos suficientes de cabo completo.

7.14.4 Quando o corpo de prova for submetido ao ensaio, a chama deve autoextinguir-se, e a parte carbonizada não pode atingir a região correspondente a 50 mm da extremidade inferior do grampo de fixação superior.

7.14.5 O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR NM IEC 60332-1.

7.15 Aderência da blindagem semicondutora da isolação (E e T)

7.15.1 Este ensaio é requerido para os cabos a campo radial, com blindagem semicondutora da isolação extrudada.

7.15.2 No corpo de prova indicado em 5.6.8, a camada semicondutora da isolação deve ser cortada longitudinalmente, até a isolação ser levemente atingida. Um segundo corte paralelo deve ser realizado, distante 12 mm do primeiro. Para fixação na máquina de tração, deve-se efetuar uma separação inicial de 50 mm de tira de camada semicondutora entre os cortes longitudinais, mantendo-a em um ângulo de aproximadamente 90° em relação à veia, durante o ensaio. A tira deve ser inserida na garra superior, e a veia, com um dispositivo adequado, deve ser inserida na garra inferior da máquina de tração. Submeter o corpo de prova à tração, aumentando a velocidade até que a tira se separe da isolação, com velocidade de 12 mm/s.



7.15.3 Ambas as extremidades do corpo de prova devem ser ensaiadas (em sentidos contrários), sendo as tiras cortadas diametralmente opostas. Cada ensaio deve ser terminado no centro do corpo de prova.

7.15.4 O ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente, devendo-se registrar as forças máximas e mínimas de tração, à velocidade especificada, para cada um dos ensaios.

7.15.5 A força necessária para remoção da blindagem semicondutora extrudada da isolação deve estar entre 13 N e 105 N.

7.15.6 Após a retirada da blindagem semicondutora extrudada da isolação, a superfície exposta da isolação não pode apresentar danos, nem pode existir material semicondutor de difícil remoção.

7.16 Ensaio físicos nos componentes do cabo (E e T)

Os ensaios físicos nos componentes são os indicados na ABNT NBR 6251, com os respectivos métodos de ensaio e requisitos. Para os ensaios especiais, considerar somente os ensaios de tração e alongamento antes e após o envelhecimento em estufa a ar sem o condutor e alongamento a quente na isolação e, quando aplicável, cobertura.

7.17 Penetração longitudinal de água

7.17.1 Este requisito é aplicável aos cabos com condutor bloqueado ou construção bloqueada (condutor e blindagem) longitudinalmente.

7.17.2 Durante a realização dos ensaios, não pode ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo de prova ou pelos interstícios do condutor ou do bloqueio da blindagem.

7.17.3 Este ensaio deve ser realizado conforme o Anexo B.

7.18 Ensaio mecânicos e inspeção visual no composto da cobertura após o envelhecimento artificial em câmara UV (T)

7.18.1 Estes ensaios em weatherometer destinam-se somente aos cabos rotulados como resistentes às intempéries (radiação solar ultravioleta), previstos para instalação exposta ao sol.

7.18.2 Os ensaios mecânicos na cobertura antes e após o envelhecimento artificial em câmara UV são o ensaio de tração à ruptura e o ensaio de alongamento à ruptura.

7.18.3 Os corpos de prova devem ser submetidos às condições de ensaio por 720 h.

7.18.4 O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM G155 (Ciclo 1) ou na ABNT NBR 9512, com exceção das amostras, que devem ser cinco segmentos de cabo completo. Os corpos de prova para os ensaios mecânicos devem ser retirados, após o envelhecimento, da face exposta à radiação. Os corpos de prova devem ser preparados conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

7.18.5 Após o tempo de exposição especificado em 7.18.3, os corpos de prova não podem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura superior a 25 % em relação aos seus respectivos valores originais, nem descoloração visualmente perceptível.

7.18.6 Constitui falha o não atendimento ao descrito em 7.18.5.

8 Marcação, rotulagem e embalagem

8.1 Acondicionamento e fornecimento

8.1.1 Os cabos devem ser acondicionados de maneira que fiquem protegidos durante o manuseio, transporte e armazenagem. O acondicionamento deve ser em rolo ou carretel, que deve ter resistência adequada e ser isento de defeitos que possam danificar o produto.

8.1.2 Para cada unidade de expedição, a incerteza máxima requerida na quantidade efetiva é de $\pm 1\%$ em comprimento.

8.1.3 Os cabos devem ser fornecidos em lances normais de fabricação, sobre os quais é permitida uma tolerância de $\pm 3\%$ no comprimento. Adicionalmente, pode-se admitir que até 5% dos lances de um lote de expedição tenham um comprimento diferente do lance normal de fabricação, com um mínimo de 50% do comprimento do referido lance.

8.1.4 Os carretéis devem possuir dimensões conforme a ABNT NBR 11137, sendo respeitados os limites de diâmetro mínimo de núcleo do carretel previstos na ABNT NBR 9511, e os rolos devem possuir dimensões conforme a ABNT NBR 7312.

8.1.5 As extremidades dos cabos acondicionados em carretéis devem ser convenientemente seladas com capuzes de vedação ou com fita autoaglomerante, resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade durante o manuseio, o transporte e a armazenagem. No caso de cabos com construção não bloqueada longitudinalmente, é recomendado somente o uso de capuzes de vedação.

8.1.6 O Anexo C fornece os dados mínimos para as informações de encomendas dos cabos.

8.2 Marcação

8.2.1 Externamente, os carretéis devem ser marcados, nas duas faces laterais, diretamente sobre o disco e/ou por meio de etiquetas, com caracteres legíveis e indelévels, com no mínimo as seguintes indicações:

- a) nome e identificação do fabricante e país de origem;
- b) tipo de construção (somente se bloqueada);
- c) tensão de isolamento (U_0/U), expressa em quilovolts (kV);
- d) número de condutores e seção nominal, expressa em milímetros quadrados (mm²);
- e) material do condutor (cobre ou alumínio), da isolação (XLPE ou TR XLPE) e da cobertura, conforme a ABNT NBR 6251;
- f) número desta Norma;
- g) comprimento de cada unidade de expedição, expresso em metros (m);
- h) massa bruta aproximada, expressa em quilogramas (kg);
- i) número da ordem de compra;
- j) identificação para fins de rastreabilidade;
- k) seta no sentido de rotação para desenrolar e o texto “desenrole neste sentido”.



Quando o ano de fabricação for marcado em fita colocada no interior do cabo, esta indicação deve também constar como requisito de marcação no carretel.

8.2.2 Os rolos devem conter uma etiqueta com as indicações de 8.2.1, com exceção da alínea k). Para a alínea h), deve-se indicar a massa líquida mínima em lugar da massa bruta.



Anexo A (normativo)

Tabela de fatores para correção da resistência de isolamento

Tabela A.1 – Fatores para correção da resistência de isolamento em função da temperatura

Temperatura °C	Coeficiente °C								
	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
5	0,42	0,36	0,32	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14
6	0,44	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16
7	0,47	0,41	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18
8	0,50	0,44	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
9	0,53	0,48	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24
10	0,56	0,51	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27
11	0,59	0,54	0,50	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31
12	0,63	0,58	0,54	0,50	0,47	0,43	0,40	0,38	0,35
13	0,67	0,62	0,58	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,40
14	0,70	0,67	0,63	0,60	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46
15	0,75	0,71	0,68	0,65	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52
16	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59
17	0,84	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67
18	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,81	0,80	0,78	0,77
19	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
22	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,28	1,30
23	1,19	1,23	1,26	1,30	1,33	1,37	1,40	1,44	1,48
24	1,26	1,31	1,36	1,41	1,46	1,52	1,57	1,63	1,69
25	1,34	1,40	1,47	1,54	1,61	1,69	1,76	1,84	1,93
26	1,42	1,50	1,59	1,68	1,77	1,87	1,97	2,08	2,19
27	1,50	1,61	1,71	1,83	1,95	2,08	2,21	2,35	2,50
28	1,59	1,72	1,85	1,99	2,14	2,30	2,48	2,66	2,85



Tabela A.1 (continuação)

Temperatura °C	Coeficiente °C								
	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
29	1,69	1,84	2,00	2,17	2,36	2,56	2,77	3,00	3,25
30	1,79	1,97	2,16	2,37	2,59	2,84	3,11	3,39	3,71
31	1,90	2,10	2,33	2,58	2,85	3,15	3,48	3,84	4,23
32	2,01	2,25	2,52	2,81	3,14	3,50	3,90	4,33	4,82
33	2,13	2,41	2,72	3,07	3,45	3,88	4,36	4,90	5,49
34	2,26	2,58	2,94	3,34	3,80	4,31	4,89	5,53	6,26
35	2,40	2,76	3,17	3,64	4,18	4,78	5,47	6,25	7,14
36	2,54	2,95	3,43	3,97	4,59	5,31	6,13	7,07	8,14
37	2,69	3,16	3,70	4,33	5,05	5,90	6,87	7,99	9,28
38	2,85	3,38	4,00	4,72	5,56	6,54	7,69	9,02	10,58
39	3,03	3,62	4,32	5,14	6,12	7,26	8,61	10,20	12,06
40	3,21	3,87	4,66	5,60	6,73	8,06	9,65	11,52	13,74
Temperatura °C	Coeficiente °C								
	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
5	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
6	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
7	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
8	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
9	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
10	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
11	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
12	0,33	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19
13	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23
14	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29
15	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36
16	0,57	0,55	0,53	0,52	0,50	0,48	0,47	0,45	0,44
17	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54
18	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66
19	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81



Tabela A.1 (conclusão)

Temperatura °C	Coeficiente °C								
	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
22	1,32	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51
23	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,73	1,77	1,82	1,86
24	1,75	1,81	1,87	1,94	2,01	2,07	2,14	2,22	2,29
25	2,01	2,10	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,70	2,82
26	2,31	2,44	2,57	2,70	2,84	2,99	3,14	3,30	3,46
27	2,66	2,83	3,00	3,19	3,38	3,58	3,80	4,02	4,26
28	3,06	3,28	3,51	3,76	4,02	4,30	4,59	4,91	5,24
29	3,52	3,80	4,11	4,44	4,79	5,16	5,56	5,99	6,44
30	4,05	4,41	4,81	5,23	5,69	6,19	6,73	7,30	7,93
31	4,65	5,12	5,62	6,18	6,78	7,43	8,14	8,91	9,75
32	5,35	5,94	6,58	7,29	8,06	8,92	9,85	10,87	11,99
33	6,15	6,89	7,70	8,60	9,60	10,70	11,92	13,26	14,75
34	7,08	7,99	9,01	10,15	11,42	12,84	14,42	16,18	18,14
35	8,14	9,27	10,54	11,97	13,59	15,41	17,45	19,74	22,31
36	9,36	10,75	12,33	14,13	16,17	18,49	21,11	24,09	27,45
37	10,76	12,47	14,43	16,67	19,24	22,19	25,55	29,38	33,76
38	12,38	14,46	16,88	19,67	22,90	26,62	30,91	35,85	41,52
39	14,23	16,78	19,75	23,21	27,25	31,95	37,40	43,74	51,07
40	16,37	19,46	23,11	27,39	32,43	38,34	45,26	53,36	62,82



Anexo B (normativo)

Penetração longitudinal de água

B.1 Objetivo

Este Anexo descreve o método de ensaio de verificação do comportamento do bloqueio do condutor e da blindagem metálica, quanto à penetração longitudinal de água em cabos de 3,6/6 kV a 20/35 kV, com condutor bloqueado ou construção bloqueada. Este método não é aplicável aos cabos submarinos.

B.2 Aparelhagem

Para a realização do ensaio, é necessária a seguinte aparelhagem:

- a) tubo com bocais, conforme a Figura B.1;
- b) solução de água potável a 0,01 % de fluoresceína ou rodamina;
- c) fonte variável de corrente alternada, para aquecimento do condutor;
- d) equipamento de pressurização AR/N2 ou coluna de água;
- e) amperímetro de corrente alternada;
- f) medidor de temperatura e seus acessórios.

B.3 Execução do ensaio

B.3.1 Penetração de água pelo bloqueio da blindagem metálica

B.3.1.1 O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de cabo unipolar ou, no caso de cabo multiplexado, por um dos cabos unipolares constituintes deste. Inicialmente, o corpo de prova é submetido a um condicionamento mecânico por meio de dobramento de pelo menos uma volta completa ao redor de um tambor, com diâmetro conforme a seguinte equação:

$$20 \times (d + D) + 5\%$$

onde

d é o diâmetro do condutor, expresso em milímetros (mm);

D é o diâmetro externo da amostra, expresso em milímetros (mm).

B.3.1.2 Após o dobramento, na parte central do corpo de prova, deve ser removido da cobertura um anel com 5 cm de largura, de modo que a blindagem metálica fique exposta. Nas extremidades do condutor devem ser montados conectores, para aplicação da corrente de aquecimento (ver Figura B.2).

B.3.1.3 Um comprimento de 2 m do mesmo cabo deve ser usado como referência para medição e controle da temperatura no condutor. O sensor de temperatura deve ser inserido no condutor de referência, por meio de perfuração por broca, com diâmetro aproximadamente igual ao do sensor.

B.3.1.4 O corpo de prova a ser submetido ao ensaio de penetração de água deve ser colocado no tubo, e as vedações devem ser efetuadas com fita autoaglomerante ou equivalente. O conjunto deve ser disposto conforme a Figura B.3.

B.3.1.5 O tubo deve ser preenchido com solução de água potável à temperatura ambiente e pressurizado a 50 kPa. Em seguida, o corpo de prova deve ser submetido a três ciclos térmicos, consistindo em 2 h à temperatura estabilizada de $90\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, e em 4 h sob resfriamento natural.

B.3.1.6 Após a aplicação dos três ciclos térmicos, a água do tubo deve ser drenada.

B.3.2 Penetração de água pelo bloqueio do condutor

B.3.2.1 O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de veia de cabo unipolar ou, no caso de cabo multiplexado, por um dos cabos unipolares constituintes dele. O mesmo corpo de prova do ensaio de B.3.1 pode ser utilizado para ensaio do bloqueio do condutor. Neste caso, não podem ser repetidos os ciclos térmicos previstos em B.3.1.5.

B.3.2.2 O condicionamento mecânico, conforme indicado em B.3.1.1, pode ser omitido, se for efetuado somente o ensaio de penetração de água no condutor.

B.3.2.3 Na parte central do corpo de prova, deve ser removido um anel com 5 cm de largura da isolamento e blindagens semicondutoras, de modo que o condutor fique exposto. As demais preparações complementares, referentes às conexões, amostra de referência, sensor de temperatura, vedações e montagem do equipamento de aquecimento, devem ser as mesmas indicadas para o ensaio de bloqueio da blindagem metálica.

B.3.2.4 Inicialmente, o corpo de prova deve ser submetido aos ciclos térmicos conforme B.3.1.5, porém sem a presença de água.

B.3.2.5 Após a aplicação dos ciclos térmicos, a temperatura no condutor deve ser elevada a $(90 \pm 2)\text{ °C}$ e mantida durante 2 h ininterruptas.

B.3.2.6 No momento em que o aquecimento for desligado, o tubo deve ser preenchido com solução de água potável e pressurizado a uma pressão equivalente a 5 m de coluna d'água (50 kPa), mantendo-se nesta condição durante 24 h e drenando-se a água em seguida.

B.4 Resultados

O cabo é considerado bloqueado longitudinalmente quando não fluir água pelas extremidades do corpo de prova.

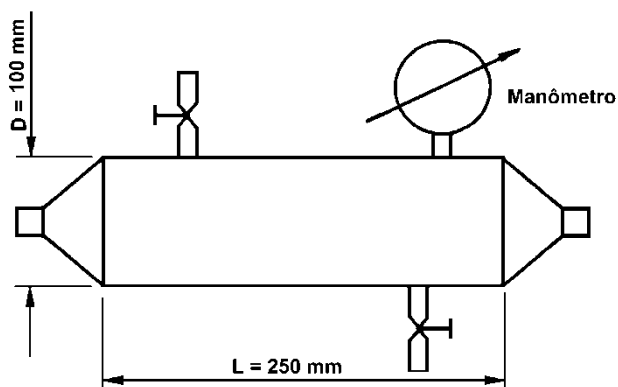


Figura B.1 – Tubo com bocais

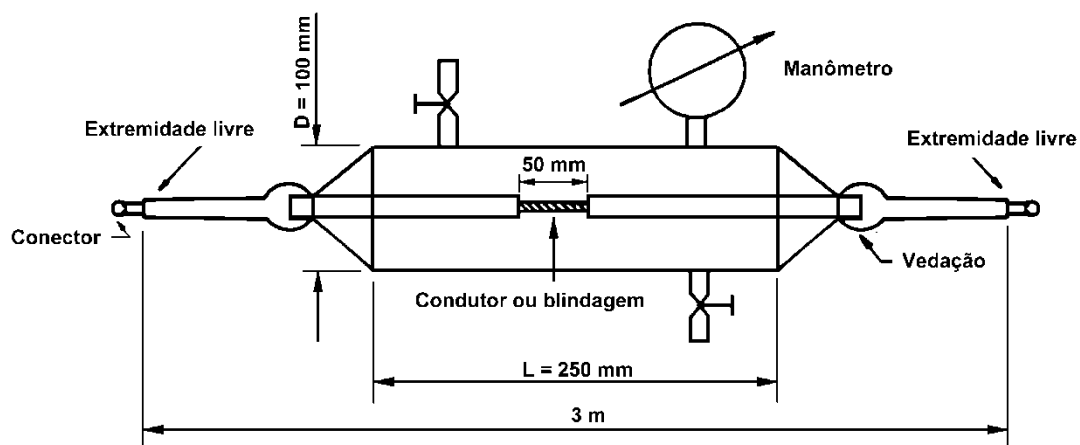


Figura B.2 – Esquema do ensaio

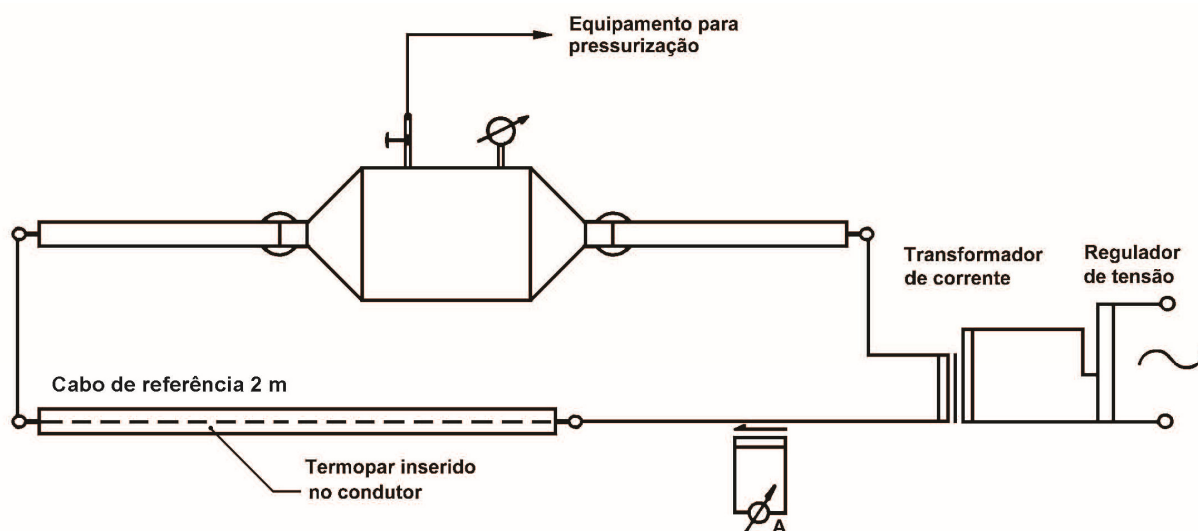


Figura B.3 – Esquema do circuito de ensaio

Anexo C (informativo)

Penetração longitudinal de água

Recomenda-se que as informações a seguir sejam indicadas quando da encomenda dos cabos:

- a) tipo de construção (bloqueada ou não) ou condutor bloqueado;
- b) tensão de isolamento (U_0/U), expressa em quilovolts (kV);
- c) número de condutores, seção nominal, expresso em milímetros quadrados, material do condutor (cobre ou alumínio) e classe de encordoamento;
- d) tipo de isolação (XLPE ou TR XLPE);
- e) tipo de blindagem (se requerida);
- f) tipo de armação (se requerida);
- g) tipo de cobertura;
- h) definição quanto à necessidade da característica de resistência à UV;
- i) número desta Norma;
- j) comprimento total a ser adquirido, expresso em metros (m);
- k) comprimento das unidades de expedição, expresso em metros (m);
- l) tipo de acondicionamento (rolo ou carretel).

No caso de utilização de acessórios pré-moldados, deve constar uma indicação explícita na consulta para aquisição de cabos e posteriormente na ordem de compra. Recomenda-se que as tolerâncias dimensionais para o cabo sejam objeto de acordo entre o fabricante e o comprador.



Anexo D (informativo)

Recomendações complementares

D.1 Objetivo

Este Anexo apresenta algumas recomendações complementares a esta Norma para ensaios, inspeção e garantias.

D.2 Ensaios especiais para os cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.7.4

Recomenda-se que, para fornecimento de cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.7.4, o fabricante forneça um relatório de ensaio em que conste que o cabo cumpre os requisitos desta Norma.

D.3 Ensaios de tipo

D.3.1 Os ensaios de tipo, efetuados para os cabos de tensão máxima de isolamento produzida pelo fabricante e/ou utilizada pelo comprador, são válidos para os cabos de tensões inferiores, desde que o fabricante assegure que a mesma construção e os mesmos materiais são empregados. É facultado ao comprador solicitar os ensaios de tipo para cada nível de tensão de isolamento dos cabos adquiridos por ele.

D.3.2 Após a realização dos ensaios de tipo, recomenda-se que seja emitido um relatório de ensaio pelo fabricante ou por entidade reconhecida pelo fabricante e comprador.

D.4 Ensaios de controle

D.4.1 Estes ensaios são realizados normalmente pelo fabricante, com periodicidade adequada, em matéria-prima e semielaborados, bem como durante a produção do cabo e após a sua fabricação.

D.4.2 Após a realização dos ensaios de controle, convém que os resultados sejam registrados adequadamente pelo fabricante. Recomenda-se que estes registros estejam disponíveis ao comprador.

NOTA Caso o fabricante possua um sistema de gestão da qualidade, recomenda-se que os registros de D.4.2 façam parte integrante da documentação.

D.4.3 Os ensaios de controle podem substituir os ensaios de recebimento, desde que isso seja previamente acordado entre o fornecedor e o comprador.

D.5 Recuperação de lotes para inspeção

O fabricante pode recompor um novo lote, submetendo-o a uma nova inspeção, após terem sido eliminadas as unidades de expedição defeituosas. Em caso de nova rejeição, são aplicáveis as cláusulas contratuais pertinentes.



D.6 Garantias

D.6.1 Convém que o período de garantia seja estabelecido em comum acordo entre o fabricante e o comprador, para o produto considerado defeituoso, devido a eventuais deficiências de projeto, matérias-primas ou fabricação.

D.6.2 As condições são válidas para os cabos instalados de acordo com as ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 14039, por pessoa qualificada, e utilizados em condições normais.

TABULAÇÃO DOS COMENTÁRIOS

Proponente	Seção SubSeção Anexo	Parágrafo Figura Tabela	Comentário (justificativa para mudança)	Proposta de Mudança	Decisão (incluindo texto final)
INDUSCABOS CONDUT. ELETR. LTDA.	7.14.2	Primeiro parágrafo	O item 4.16.2 indica a possibilidade de uso da cobertura ST7, mas já não menciona a cobertura de tipo ST3.	No item 7.14.2, apagar a referência à cobertura de tipo ST3.	Aceito: alterar 7.14.2 para: <i>"7.14.2 Este ensaio não é aplicável aos cabos com cobertura do tipo ST7."</i>
INDUSCABOS CONDUT. ELETR. LTDA.	4.2	Primeiro parágrafo	O uso do XLPE para operação a 105 °C no condutor já é de uso normal em outros países.	Deixar registrado que na próxima revisão desta norma podemos incluir a temperatura de 105 °C para este material.	Aceito análise em próximas reuniões poderão ser realizadas. As normas IEC 60502-xx ainda não preveem isolamento XLPE 105C
isaque Domingos	4.10.1	4.10.1 NOTA	Na NOTA desse parágrafo é necessário substituir o termo "vulcanização do composto..." VULCANIZAÇÃO é o processo de crosslinking da borracha a partir da adição de enxofre. No Polietileno (poliolefinico) o termo adequado é RETICULAÇÃO a partir de outras reações físicoquímicas.	Recomenda-se, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, que o PROCESSO DE RETICULAÇÃO do composto de XLPE ou TR XLPE da isolação e das blindagens semicondutoras ocorra em atmosfera inerte de nitrogênio (dry-curing).	Aceito, alterar texto para: <i>"Recomenda-se, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, que o processo de reticulação do composto de XLPE ou TR XLPE da isolação e das blindagens semicondutoras ocorra em atmosfera inerte de nitrogênio (dry-curing)."</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	4.16.2	Não é recomendado o emprego de compostos do tipo ST2, SE1/A ou SE1/B para os cabos com construção bloqueada longitudinalmente, a menos que estes possuam construção bloqueada transversalmente.	Sugiro a retirada desse item, seguindo a mesma lógica adotada pela NBR 7286, em sua ultima revisão. Uma vez que é comum a utilização desse tipo de construção. Principalmente com cobertura em PVC/ST2	Retirada deste item.	Aceito: Excluir item 4.16.2 Renumerar 4.16.3 para 4.16.2
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.1	a) resistência elétrica do	Erro na referência, alterar item para 7.1	a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;	Aceito, alterar para: <i>"a) resistência elétrica do"</i>

TABULAÇÃO DOS COMENTÁRIOS

Proponente	Seção SubSeção Anexo	Parágrafo Figura Tabela	Comentário (justificativa para mudança)	Proposta de Mudança	Decisão (incluindo texto final)
		condutor, conforme 7.2;			<i>condutor, conforme 7.1;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.1	b) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.5;	Erro na referência, alterar item para 7.4	b) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.4;	Aceito, alterar para: <i>"b) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.4;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.1	c) resistência de isolamento a 90 °C, conforme 7.6;	Erro na referência, alterar item para 7.5	c) resistência de isolamento a 90 °C, conforme 7.5;	Aceito, alterar para: <i>"c) resistência de isolamento a 90 °C, conforme 7.5;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.1	d) tensão elétrica de longa duração, conforme 7.13	Erro na referência, alterar item para 7.12	d) tensão elétrica de longa duração, conforme 7.12	Aceito, alterar para: <i>"d) tensão elétrica de longa duração, conforme 7.12;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.2;	Erro na referência, alterar item para 7.1	a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;	Aceito, alterar para: <i>"a) resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	b) tensão elétrica de screening na isolação, conforme 7.4;	Erro na referência, alterar item para 7.3	b) tensão elétrica de screening na isolação, conforme 7.3;	Aceito, alterar para: <i>"b) tensão elétrica de screening na isolação, conforme 7.3;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	c) descargas parciais, conforme 7.7;	Erro na referência, alterar item para 7.6	c) descargas parciais, conforme 7.6;	Aceito, alterar para: <i>"c) descargas parciais, conforme 7.6;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	d) dobramento e, em seguida, ensaio de descargas parciais, conforme 7.8;	Erro na referência, alterar item para 7.7	d) dobramento e, em seguida, ensaio de descargas parciais, conforme 7.7;	Aceito, alterar para: <i>"d) dobramento e, em seguida, ensaio de descargas parciais, conforme 7.7;"</i>
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	e) determinação do	Erro na referência, alterar item para 7.8	e) determinação do fator de perdas no	Aceito, alterar para:

TABULAÇÃO DOS COMENTÁRIOS

Proponente	Seção SubSeção Anexo	Parágrafo Figura Tabela	Comentário (justificativa para mudança)	Proposta de Mudança	Decisão (incluindo texto final)
		fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.9;		dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.8;	"e) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.8;"
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	f) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função da temperatura, conforme 7.10;	Erro na referência, alterar item para 7.9	f) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função da temperatura, conforme 7.9;	Aceito, alterar para: "f) determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função da temperatura, conforme 7.9;"
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	g) ciclos térmicos, conforme 7.11	Erro na referência, alterar item para 7.10	g) ciclos térmicos, conforme 7.10;	Aceito, alterar para: "g) ciclos térmicos, conforme 7.10;"
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.5	h) tensão elétrica de impulso e, em seguida, ensaio de tensão elétrica de screening, conforme 7.12;	Erro na referência, alterar item para 7.11	h) tensão elétrica de impulso e, em seguida, ensaio de tensão elétrica de screening, conforme 7.11;	Aceito, alterar para: "tensão elétrica de impulso e, em seguida, ensaio de tensão elétrica de screening, conforme 7.11;"
Ricardo Pampuch Pilatto	5.3.9	a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.16;	Erro na referência, alterar: 4.5 a 4.17	a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.17;	Aceito, alterar para: "a) verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.17;"
Ricardo Pampuch Pilatto	Anexo C	Penetração longitudinal de água	O anexo refere-se a dados para encomenda de cabos e não ao ensaio de penetrações longitudinal	Dados para as informações de encomenda dos cabos	Aceito: Alterar título para: "Dados para as informações de encomenda dos cabos" Alterar item a) para:

TABULAÇÃO DOS COMENTÁRIOS

Proponente	Seção SubSeção Anexo	Parágrafo Figura Tabela	Comentário (justificativa para mudança)	Proposta de Mudança	Decisão (incluindo texto final)
					"a) tipo de construção: condutor bloqueado longitudinalmente ou não, blindagem bloqueada longitudinalmente ou não e necessidade ou não de bloqueio transversal."
Luiz Carlos da Silva	5.3.1	Ambos parágrafo - a)	Parágrafo a) Resistência Elétrica do condutor, conforme item 7.2 (Informação errada) Este Item trata do ensaio de tensão elétrica.	Corrigir para o Item 7.1 que é o correto	Aceito: Correção já apontada nas decisões acima.
Luiz Carlos da Silva	5.3.5	Parágrafo a)	Resistência Elétrica do condutor, conforme item 7.2 (Item errado) - Este Item trata do ensaio de tensão elétrica.	Corrigir para o item 7.1	Aceito: Correção já apontada nas decisões acima.
Luiz Carlos da Silva	5.3.1	Parágrafo b)	O parágrafo menciona o ensaio de Resistência de Isolamento a temperatura ambiente, conforme o Item 7.5, porém está incorreto	Alterar o texto mencionando o item correto, 7.4	Aceito: Correção já apontada nas decisões acima.
Luiz Carlos da Silva	5.3.1	Paragrafo c)	O parágrafo menciona o ensaio de Resistência de Isolamento 90 graus, conforme o Item 7.6, porém está incorreto	Alterar o texto mencionando o item correto, 7.5	Aceito: Correção já apontada nas decisões acima.
Luiz Carlos da Silva	5.3.1	Parágrafo d)	O parágrafo menciona o ensaio de tensão elétrica de longa duração, conforme o Item 7.13, porém está incorreto	Alterar o texto mencionando o item correto, 7.12	Aceito: Correção já apontada nas decisões acima.
Luiz Carlos da Silva	5.3.5	Revisar todos os parágrafos, que referenciam itens de ensaios.	Relação de ITENS errados para os pontos de ensaios mencionados	Corrigir itens conforme relação de ensaios e numeração correspondente	Aceito: Correção já apontada nas decisões acima.
CE-003:020.003	7.13.2	Parágrafo	Os compostos ST1 e ST3 não são previstos nesta norma.	Alterar 7.13.2 para: 7.13.2 A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 168 h. Quando a cobertura for do tipo ST1 ou ST3, a temperatura deve ser de $(90 \pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$.	Aceito, alterar 7.13.2 para: "7.13.2 A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 168 h."



Projeto ABNT NBR 7287

ANEXO DA FOLHA DE TABULAÇÃO

Página 4, Subseção 4.10.1, NOTA

Substituir por:

NOTA Recomenda-se, para os cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 6/10 kV, que o processo de reticulação do composto de XLPE ou TR XLPE da isolação e das blindagens semicondutoras ocorra em atmosfera inerte de nitrogênio (*dry-curing*).

Página 6, Subseção 4.16.2

Excluir.

- Renumerar item posterior.

Página 7, Subseção 5.3.1, alínea a)

Substituir por:

resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;

Página 7, Subseção 5.3.1, alínea b)

Substituir por:

resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.4;

Página 7, Subseção 5.3.1, alínea c)

Substituir por:

resistência de isolamento a 90 °C, conforme 7.5;

Página 7, Subseção 5.3.1, alínea d)

Substituir por:

tensão elétrica de longa duração, conforme 7.12.

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea a)

Substituir por:

resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;



Página 8, Subseção 5.3.5, alínea b)

Substituir por:

tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.3;

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea c)

Substituir por:

descargas parciais, conforme 7.6;

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea d)

Substituir por:

dobramento e, em seguida, ensaio de descargas parciais, conforme 7.7;

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea e)

Substituir por:

determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.8;

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea f)

Substituir por:

determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente δ), em função da temperatura, conforme 7.9;

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea g)

Substituir por:

ciclos térmicos, conforme 7.10;

Página 8, Subseção 5.3.5, alínea h)

Substituir por:

tensão elétrica de impulso e, em seguida, ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.11;

Página 8, Subseção 5.3.9, alínea a)

Substituir por:

verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.17;



Página 21, Subseção 7.13.2, parágrafo único

Substituir por:

A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 168 h.

Página 21, Subseção 7.14.2, parágrafo único

Substituir por:

Este ensaio não é aplicável aos cabos com cobertura do tipo ST7.

Página 31, Anexo C, Título

Substituir por:

Dados para as informações de encomenda dos cabos

Página 31, Anexo C, alínea a)

Substituir por:

tipo de construção: condutor bloqueado longitudinalmente ou não, blindagem bloqueada longitudinalmente ou não e necessidade ou não de bloqueio transversal;