**ABNT NBR 9024:2009 - Cabos de potência multiplexados auto-sustentados com isolação extrudada de XLPE para tensões de 10 kV a 35 kV, com cobertura – Requisitos de desempenho**

# Escopo

**1.1** Esta Norma especifica os requisitos mínimos exigíveis para cabos de potência multiplexados
auto-sustentados, constituídos por três condutores fase, isolados e blindados, com cobertura, reunidos ao redor
de um elemento de sustentação.

**1.2** Estes cabos são utilizados em instalações fixas aéreas para circuitos de geração, distribuição e utilização
de energia elétrica em tensões de 6/10 kV a 20/35 kV, conforme recomendações da ABNT NBR 14039.

**1.3** Em alternativa à construção normal, é prevista a construção de cabos com condutor bloqueado ou de cabos com construção bloqueada (condutor e blindagem), conforme ABNT NBR 6251.

# Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste 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 5456, *Eletricidade geral*

ABNT NBR 5471, *Condutores elétricos*

ABNT NBR 5909, *Cordoalhas de fios de aço zincado para estais, tirantes, cabos mensageiros e usos similares*

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

ABNT NBR 6524, *Fios e cabos de cobre duro e meio duro com ou sem cobertura protetora para instalações aéreas - Especificação*

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

ABNT NBR 6881, *Fios e cabos elétricos de potência ou controle – 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 8182*, Cabos de potência multiplexados auto-sustendados com isolação extrudada de PE ou XLPE, para tensões até 0,6/1kV – Requisito de desempenho*

ABNT NBR 9311, *Cabos elétricos isolados – Designação – Classificação*

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 10298, *Cabos de alumíni- liga para linhas aéreas*

ABNT NBR 10299, *Análise estatística da rigidez dielétrica de cabos elétricos em corrente alternada e a impulso*

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

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

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

ABNT NBR NM 280, *Condutores de cabos isolados*

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

ASTM G155, *Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials*

# 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
unidade de expedição

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

3.2
comprimento nominal

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

3.3
quantidade efetiva

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

3.4
lance

constituído por uma unidade de expedição de comprimento contínuo

# Requisitos

## Designação

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

## Condições em regime permanente

A temperatura no condutor, em regime permanente, não deve ultrapassar 90 oC.

## Condições em regime de sobrecarga

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

NOTA Deve ser entendido 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.

## Condições em regime de curto-circuito

A temperatura no condutor, em regime de curto-circuito, não deve ultrapassar 250 oC. A duração neste regime não deve ultrapassar 5 s.

## Condutor fase

**4.5.1** O condutor deve ser de alumínio e estar de acordo com a ABNT NBR NM 280, compactado, com encordoamento na classe 2.

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

**4.5.3** Osfios componentes do condutor, antes do encordoamento, devem ter resistência mínima à tração
de 105 MPa.

## Bloqueio do condutor fase

**4.6.1** Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, nos interstícios internos entre os fios componentes do condutor deve ser aplicado material compatível, química e termicamente, com os componentes do cabo. O fabricante deve garantir essa compatibilidade através dos ensaios de 7.8 e 7.11.

**4.6.2** Quando for previsto condutor bloqueado longitudinalmente, o condutor encordoado deve atender aos requisitos do ensaio de 7.14, realizado em amostra de cabo unipolar completo ou veia.

## Elemento de sustentação

**4.7.1** O elemento de sustentação, com ou sem função de neutro, pode ser constituído de:

1. alumínio-liga (CAL), conforme ABNT NBR 10298, com seção mínima de 35 mm² e formação segundo a ABNT NBR 8182;
2. cobre duro (Cu), conforme ABNT NBR 6524, classe 2 A ou 3 A, e seção mínima de 25 mm²;
3. aço zincado (Aço), conforme ABNT NBR 5909 ou outra norma equivalente.

**4.7.2** O elemento de sustentação deve ser de seção circular, de formação não compactada.

**4.7.3** O elemento de sustentação com função de neutro deve ser nu, conforme 4.7.1 a) e b) e quando sem função de neutro pode ser nu ou com cobertura.

**4.7.3** O elemento de sustentação deve ser selecionado em função de solicitações mecânicas e térmicas previstas no projeto da instalação e de agentes atmosféricos agressivos eventualmente presentes no local.

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

## Blindagem do condutor fase

**4.8.1** A blindagem do condutor deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251.

**4.8.2** A blindagem constituída por camada extrudada deve estar justaposta ao condutor, facilmente removível e não aderente a este.

**4.8.3** As espessuras média e mínima da blindagem devem ser medidas conforme ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1. Se inviável a medição direta, pode-se empregar um processo óptico (projeção de perfil ou equivalente).

## Isolação do condutor fase

**4.9.1** A isolação deve ser constituída por composto extrudado termofixo de polietileno reticulado (XLPE ou TR XLPE), conforme ABNT NBR 6251.

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

**4.9.3** A isolação deve ser aderente à blindagem do condutor, de modo a não permitir a existência de vazios entre ambas ao longo de todo o seu comprimento.

**4.9.4** A espessura nominal da isolação deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251. Quando pelo menos
o condutor for bloqueado, é permitida a utilização de espessura coordenada, conforme Tabela 1.

**4.9.5** As espessuras média e mínima da isolação devem ser medidas conforme ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1.

Tabela 1 — Espessura coordenada da isolação

|  |  |
| --- | --- |
| ***U*o/*U*** (kV)**Seçãonominal docondutor**mm2 | **Espessura nominal da isolação**mm |
| **6/10** | **8,7/15** | **12/20** | **15/25** | **20/35** |
| 1625355070 a 150185240 a 300 | 2,52,52,52,52,52,52,8 | 3,53,03,03,03,03,03,5 | 5,24,74,04,04,04,04,5 | --6,25,55,55,55,0 | ---8,27,56,56,5 |

## Blindagem da isolação do condutor fase

**4.10.1** A blindagem da isolação, compreendendo parte semicondutora e metálica, deve estar de acordo com a ABNT NBR 6251. A parte semicondutora deve ser termofixa e ser extrudada simultaneamente à isolação
e à blindagem do condutor em cabeça única, ou seja, em processo de coextrusão em três camadas.

NOTA Recomenda-se que o processo de vulcanização do composto de XLPE ou TR XLPE da isolação e das blindagens semicondutoras se dê 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 7.12.

**4.10.3** As espessuras média e mínima da blindagem semicondutora da isolação devem ser medidas conforme ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1.

## Bloqueio da blindagem metálica

**4.11.1** Quando for prevista blindagem 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 deve atender ao ensaio de penetração longitudinal de água previsto em 7.14.

## Cobertura

**4.12.1** A cobertura deve ser com composto termoplástico do tipo ST7, conforme ABNT NBR 6251.

**4.12.2** Outros tipos de cobertura podem ser utilizados, desde que previamente definidos entre fabricante
e comprador.

**4.12.3** As espessuras média ou mínima da cobertura devem ser medidas conforme ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1.

## Marcação na cobertura

**4.13.1** A superfície externa de pelo menos um dos condutores fase deve ser marcada com no mínimo os seguintes dizeres, a intervalos de até 50 cm:

1. nome do fabricante;
2. número de condutores fase e seção nominal, expresso em milímetros quadrados (mm2);
3. seção, expressa em milímetros quadrados (mm2) ou diâmetro, expresso em milímetros (mm), do elemento de sustentação;
4. material do condutor fase (Al);
5. material da isolação (XLPE ou TR XLPE);
6. material do elemento de sustentação (CAL, Cu ou Aço);
7. material da cobertura (ST7);
8. tensão de isolamento (U0/U kV);
9. ano de fabricação;
10. número desta Norma.

NOTA 1 É facultativa a inclusão do nome comercial do produto, preferencialmente após o nome do fabricante.

NOTA 2 A marcação do cabo não deve interferir na identificação das fases.

NOTA 3 No que se refere às alíneas b) e c), são designados por : N x 1 x S + S1.

onde:

N é o número de condutores fase, normalmente três;

S é a seção nominal do condutor fase, expressa em milímetros quadrados (mm2);

S1 é a seção nominal do elemento de sustentação, quando constituído por cobre ou alumínio liga, expressa em milímetros quadrados (mm2), ou diâmetro nominal do elemento de sustentação, quando constituído
por aço zincado, expresso em milímetros (mm).

**4.13.2** Qualquer outro tipo de marcação deve ser objeto de acordo entre fabricante e comprador.

## Identificação das veias

As veias devem ser identificadas externamente por meio de números, letras ou palavras.

EXEMPLO 1 111, AAA ou FASE A.

EXEMPLO 2 222, BBB ou FASE B.

EXEMPLO 3 333, CCC ou FASE C.

## Reunião

**4.15.1** Os cabos unipolares componentes do cabo multiplexado devem ser reunidos ao redor do elemento de sustentação.

**4.15.2** O passo de reunião deve ser no mínimo 40 e no máximo 60 vezes o diâmetro do cabo unipolar.

**4.15.3** A verificação do passo deve ser conforme ABNT NBR 15443. Não devem ser considerados os comprimentos iniciais da bobina que possam apresentar alterações no passo de reunião.

# Inspeção e amostragem

## Pré-qualificação conforme ABNT NBR 10299

**5.1.1** Para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV e somente quando explicitamente solicitado, deve-se proceder à estimação das estatísticas da distribuição dos gradientes de perfuração em corrente alternada, conforme ABNT NBR 10299.

**5.1.2** Em comum acordo entre fabricante e comprador, estabelece-se uma taxa de falhas média máxima admissível (*Z*m).

NOTA Um valor de *Z*m usualmente aceito é de 0,02 falha por ano e por 30 km de veia.

**5.1.3** A partir das estatísticas obtidas nos ensaios, verifica-se a compatibilidade com a taxa de falhas média máxima (*Z*m) estabelecida. Em caso positivo, o fabricante é pré-qualificado para o fornecimento dos cabos.

NOTA O Anexo C apresenta informações complementares.

## Condições gerais de inspeção

**5.2.1** Os ensaios previstos por esta Norma são classificados em:

1. ensaios de recebimento (*R* e *E*);
2. ensaios de tipo (*T*);
3. ensaios de controle;
4. ensaios durante e após a instalação.

**5.2.2** Antes de qualquer ensaio, deve ser realizada uma inspeção visual sobre todas as unidades de expedição, para verificação das condições estabelecidas em 4.13 e na Seção 8.

### 5.2.3 Ensaios de recebimento (*R* e E*)*

**5.2.3.1** Os ensaios de recebimento constituem-se em:

1. ensaios de rotina (*R*);
2. ensaios especiais (*E*).

**5.2.3.2** Os ensaios de rotina (*R*) solicitados por esta Norma são:

1. resistência elétrica do condutor, conforme 7.2;
2. tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.3;
3. descargas parciais, conforme 7.4.

**5.2.3.3** Todas as unidades de expedição e todas as veias devem ser submetidas aos ensaios de rotina.

**5.2.3.4** As verificações e os ensaios especiais (*E*) solicitados por esta Norma são:

1. verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.15;
2. tração e alongamento na isolação, antes e após o envelhecimento, conforme 7.13;
3. alongamento a quente na isolação, conforme 7.13;
4. tração e alongamento na cobertura, antes e após o envelhecimento, conforme 7.13;
5. determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente), em função do gradiente elétrico máximo
no condutor, conforme 7.6;
6. aderência da blindagem semicondutora da isolação, conforme 7.12;
7. conformidade da rigidez dielétrica em corrente alternada por amostragem seqüencial, para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV, conforme 7.15, desde que previamente solicitado pelo comprador.

Os ensaios especiais (*E*) são feitos em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido em 5.3, com a finalidade de verificar se o cabo atende
às especificações do projeto.

### 5.2.4 Ensaios de tipo (*T*)

**5.2.4.1** Os ensaios de tipo (*T*) elétricos solicitados por esta Norma são:

1. resistência elétrica do condutor, conforme 7.2;
2. tensão elétrica de *screening* na isolação, conforme 7.3;
3. descargas parciais, conforme 7.4;
4. dobramento, seguido de ensaio de descargas parciais, conforme 7.5;
5. determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente), em função do gradiente elétrico máximo no condutor, conforme 7.6;
6. determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente), em função da temperatura, conforme 7.7;
7. ciclos térmicos, conforme 7.8;
8. tensão elétrica de impulso, seguido de ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.9;
9. resistividade elétrica das blindagens semicondutoras, conforme ABNT NBR 6251;
10. tensão elétrica de longa duração, conforme 7.10.

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

**5.2.4.3** Todos os ensaios devem ser realizados conforme a seqüência de 5.2.4.1 no mesmo corpo-de-prova, exceto o previsto em 5.4.2.1 j).

**5.2.4.4** Os ensaios podem ser realizados somente sobre um dos cabos unipolares constituintes do cabo completo.

**5.2.4.5** As verificações e os ensaios de tipo (*T*) não elétricos solicitados por esta Norma são:

1. verificação da construção do cabo, conforme 4.5 a 4.15;
2. ensaios físicos da blindagem semicondutora, conforme 7.13;
3. ensaios físicos da isolação, conforme 7.13;
4. ensaios físicos da cobertura, conforme 7.13;
5. envelhecimento em amostra de cabo completo, conforme 7.11;
6. aderência da blindagem semicondutora da isolação, conforme 7.12;
7. penetração longitudinal de água,quando aplicável, conforme 7.14;
8. resistência à abrasão da cobertura, conforme 7.16;
9. resistência ao intemperismo artificial da cobertura, conforme 7.17.

**5.2.4.6** Deve-se utilizar um comprimento suficiente de cabo completo ou sobre um dos cabos unipolares constituintes do cabo completo, retirado previamente da amostra colhida para os ensaios de tipo elétricos,
com exceção do ensaio da alínea b) de 5.2.4.5 que pode ser realizado em corpos-de-prova obtidos de placa do material utilizado.

**5.2.4.7** Os ensaios de tipo devem ser realizados, de modo geral, uma única vez, com a finalidade de demonstrar o satisfatório comportamento 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 desempenho deste.

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

1. modificação do composto isolante;
2. adoção de tecnologia diferente para a blindagem do condutor e/ou da isolação, em função da tensão de isolamento.

NOTA O Anexo C apresenta informações complementares.

### 5.2.5 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, com objetivo de assegurar que os materiais e processos utilizados atendam aos requisitos desta Norma.

NOTA O Anexo C apresenta informações complementares.

### 5.2.6 Ensaios durante e após a instalação

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

**5.2.6.2** 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 2, durante 5 min consecutivos.

**5.2.6.3** Após a conclusão da instalação do cabo e seus acessórios, e antes destes serem colocados em operação, pode ser aplicada uma tensão elétrica contínua de valor igual a 80 % do valor dado na Tabela 2, durante 15 min consecutivos.

**5.2.6.4** 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 2, durante 5 min consecutivos.

**5.2.6.5** Os ensaios em corrente contínua, aplicados a cabos com isolação extrudada, para tensões de isolamento superiores a 6 /10 kV, principalmente de instalações antigas, podem causar o envelhecimento precoce dos cabos ou danos permanentes. Recomenda-se que a instalação, nestes casos, seja ensaiada conforme uma das seguintes alternativas:

a) aplicação, por 5 min, da tensão equivalente entre fases do sistema entre o condutor e a blindagem metálica; ou

b) aplicação, por 24 h, da tensão entre fase e terra do sistema entre o condutor e a blindagem.

Tabela 2 — Valores de tensão elétrica contínua

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tensão de isolamento *U*o/*U*** | kV | 6/10 | 8,7/15 | 12/20 | 15/25 | 20/35 |
| **Tensão de ensaio** | kV | 36 | 53 | 72 | 90 | 120 |
| NOTA Os valores correspondentes a tensões de isolamento são utilizados como referência para o cálculo das tensões de ensaios durante e após instalação, conforme 5.2.6. |

## Critérios de amostragem

**5.3.1** Os ensaios especiais, com exceção do previsto em 5.2.3.4 g), devem ser feitos para ordens de compra que excedam 2 km de cabo, de mesma seção e construção. Para ordem de compra com vários itens de mesma construção e os mesmos materiais componentes apenas com seções diferentes, os ensaios especiais podem ser realizados em um único item, preferencialmente o de maior comprimento.

NOTA O Anexo C apresenta informações complementares.

**5.3.2** A quantidade de amostras requerida deve estar conforme a Tabela 3.

**5.3.3** 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.

**5.3.4** Para o ensaio de 5.2.3.4 g), quando previamente solicitado, o corpo-de-prova deve ser constituído por um único comprimento útil de no mínimo 5 m de cabo e deve ser adotado o critério de amostragem estabelecido na ABNT NBR 10299.

**5.3.5** Para o ensaio de 5.2.3.4 f), o corpo-de-prova deve ser constituído por um único comprimento útil de 0,40 m de cabo.

**5.3.6** O ensaio de 5.2.3.4 e) deve ser realizado sobre unidade(s) completa(s) de expedição.

**5.3.7** Todos os ensaios e verificações devem ser feitos em todas as veias.

Tabela 3 — Determinação do número de amostras

|  |
| --- |
| **Comprimento do cabo**km |
| **Cabos multiplexados** | **Número de amostras** |
| **Superior a** | **Inferior ou igual a** |  |
| 2 | 10 | 1 |
| 10 | 20 | 2 |
| 20 | 30 | 3 |
| 30 | 40 | 4 |
| 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 cabo. |

# Aceitação e rejeição

## Inspeção visual

Podem ser rejeitadas, de forma individual, a critério do comprador, as unidades de expedição que não cumpram as condições estabelecidas em 4.13 e na Seção 8.

NOTA O Anexo C apresenta informações complementares.

## Ensaios de rotina

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

## Ensaios especiais

**6.3.1** Sobre as amostras obtidas conforme critério estabelecido em 5.3, devem ser aplicados os ensaios especiais estabelecidos nesta mesma seção. Devem ser aceitos os lotes que satisfizerem os requisitos especificados.

**6.3.2** Se nos ensaios especiais, com exceção do previsto em 5.2.3.5 a), resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado.

**6.3.3** Nos ensaios de verificação da construção do cabo, previstos em 5.2.3.5 a), se resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, dois novos comprimentos suficientes de cabo devem ser retirados das mesmas unidades de expedição e 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.

# Ensaios

## Ensaios de pré-qualificação conforme ABNT NBR 10299 (T)

**7.1.1** Estes ensaios são requeridos para cabos com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV
e devem ser realizados somente quando previamente solicitados.

**7.1.2** Os ensaios devem ser realizados em corpos-de-prova de cabo modelo D, reproduzindo a tecnologia de fabricação empregada no fornecimento e em amostras de cabo real, conforme indicado na ABNT NBR 10299.

**7.1.3** Os corpos-de-prova devem ser submetidos aos ensaios de rigidez em corrente alternada, de curta e longa duração, conforme procedimentos estabelecidos na ABNT NBR 10299.

**7.1.4** A partir destes resultados, calculam-se os parâmetros a serem utilizados no estabelecimento dos requisitos, conforme ABNT NBR 10299.

**7.1.5** Os ensaios para determinação da distribuição das tensões de perfuração sob tensão de impulso atmosférico, conforme ABNT NBR 10299, devem ser realizados, e os resultados devem ser registrados para informação de engenharia.

## Resistência elétrica do condutor fase (R e T)

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

**7.2.2** O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6814.

## Tensão elétrica de *screening* na isolação do condutor fase (R e T)

**7.3.1** A tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem metálica.

**7.3.2** O valor eficaz da tensão elétrica alternada, freqüência de 48 Hz a 62 Hz, deve corresponder ao valor calculado através das seguintes equações:

****

sendo:

****

****

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).

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

7.3.3 Os valores calculados da tensão elétrica para cada tensão de isolamento, constam nas Tabelas 4 e 5.

**7.3.4** O tempo de aplicação da tensão elétrica deve ser de 15 min, não devendo ocorrer perfuração.

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

* + 1. O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6881.

**Tabela 4 — Valores eficazes de tensão elétrica de *screening*,
para cabos com espessura plena**

|  |  |
| --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**mm2 | **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 |
| 240 | 35 | 44 | 52 | 61 | 74 |
| 300 | 35 | 45 | 53 | 62 | 76 |

**Tabela 5 — Valores eficazes de tensão elétrica de *screening*,
para cabos com espessura coordenada**

|  |  |
| --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**mm2 | **Tensão de ensaio**kV |
| **6/10** | **8,7/15** | **12/20** | **15/25** | **20/35** |
| 16 | 21 | 27 | 35 | - | - |
| 25 | 22 | 25 | 35 | - | - |
| 35 | 23 | 26 | 33 | 44 | - |
| 50 | 24 | 27 | 34 | 43 | - |
| 70 | 24 | 28 | 35 | 45 | 55 |
| 95 | 25 | 29 | 37 | 47 | 58 |
| 120 | 25 | 30 | 38 | 48 | 60 |
| 150 | 26 | 30 | 38 | 49 | 62 |
| 185 | 26 | 31 | 39 | 50 | 57 |
| 240 | 29 | 36 | 44 | 48 | 59 |
| 300 | 30 | 36 | 45 | 49 | 61 |

## Descargas parciais (R e T)

**7.4.1** 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 7.4.4

**7.4.2** Cada veia deve ser ensaiada individualmente.

**7.4.3** O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, com valores de exploração e medição conforme 7.4.4, não deve 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.

**7.4.4** Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas de exploração e medição, freqüência 48 Hz a 62 Hz, constam nas Tabelas 6 e 7, e foram calculados conforme 7.3.2, utilizando-se 7 kV/mm e 6 kV/mm, respectivamente, como valores de gradiente elétrico de ensaio.

**7.4.5** O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 7294.

**Tabela 6 — Valores de tensão de exploração e medição para ensaio de descargas parciais,
para cabos com espessura plena**

|  |  |
| --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**mm2 | **Tensão de ensaio**kV |
| **6/10** | **8,7/15** | **12/20** | **15/25** | **20/35** |
| **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl** | **Med.** |
| 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 |
| Legenda Expl. = tensão de exploração Med. = tensão de medição. |

Tabela 7 — Valores de tensão de exploração e medição para ensaio de descargas parciais,
para cabos com espessura coordenada

|  |  |
| --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**mm2 | **Tensão de ensaio**kV |
| **6/10** | **8,7/15** | **12/20** | **15/25** | **20/35** |
| **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl.** | **Med.** | **Expl** | **Med.** |
| 16 | 12 | 11 | 16 | 13 | 20 | 17 | - | - | - | - |
| 25 | 13 | 11 | 15 | 13 | 20 | 17 | - | - | - | - |
| 35 | 13 | 11 | 15 | 13 | 19 | 16 | 26 | 22 | - | - |
| 50 | 14 | 12 | 16 | 14 | 20 | 17 | 25 | 21 | - | - |
| 70 | 14 | 12 | 17 | 14 | 21 | 18 | 26 | 22 | 32 | 28 |
| 95 | 15 | 13 | 17 | 15 | 21 | 18 | 27 | 23 | 34 | 29 |
| 120 | 15 | 13 | 17 | 15 | 22 | 19 | 28 | 24 | 35 | 30 |
| 150 | 15 | 13 | 18 | 15 | 22 | 19 | 29 | 25 | 36 | 31 |
| 185 | 15 | 13 | 18 | 15 | 23 | 19 | 29 | 25 | 33 | 29 |
| 240 | 17 | 15 | 21 | 18 | 26 | 22 | 28 | 24 | 34 | 29 |
| 300 | 17 | 15 | 21 | 18 | 26 | 22 | 28 | 24 | 36 | 31 |
| LegendaExpl. = tensão de exploração Med. = tensão de medição |

## Dobramento (T)

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

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

**7.5.3** Após completados os três ciclos de dobramento, o corpo-de-prova deve ser submetido ao ensaio de descargas parciais, conforme 7.4.

## Determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente) em função do gradiente elétrico máximo no condutor (E e T)

**7.6.1** O fator de perdas no dielétrico (tangente) deve ser medido na unidade de expedição (ensaio especial) ou em corpo-de-prova mecanicamente condicionado, conforme descrito em 7.5 (ensaio de tipo).

**7.6.2** Os valores eficazes das tensões elétricas alternadas, com freqüência de 48 Hz a 62 Hz, constam nas Tabelas 8 e 9, e foram calculados conforme 7.3.2, utilizando-se os valores de gradiente elétrico de ensaio de 2 kV/mm, 4 kV/mm e 8 kV/mm, respectivamente.

Tabela 8 — Valores de tensão para ensaios de fator de perdas no dielétrico (tangente ) em função do gradiente máximo, para cabos com espessura plena

|  |  |
| --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**mm2 | **Tensão de isolamento**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 |

Tabela 9 — Valores de tensão para ensaios de fator de perdas no dielétrico (tangente ) em função do gradiente máximo, para cabos com espessura coordenada

|  |  |
| --- | --- |
| **Seção nominal do condutor**mm2 | **Tensão de isolamento**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 | 7 | 14 | 5 | 9 | 18 | 6 | 12 | 23 | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 4 | 7 | 15 | 4 | 9 | 17 | 6 | 12 | 23 | - | - | - | - | - | - |
| 35 | 4 | 8 | 15 | 4 | 9 | 18 | 5 | 11 | 22 | 7 | 15 | 29 | - | - | - |
| 50 | 4 | 8 | 16 | 5 | 9 | 18 | 6 | 11 | 23 | 7 | 14 | 29 | - | - | - |
| 70 | 4 | 8 | 16 | 5 | 9 | 19 | 6 | 12 | 24 | 7 | 15 | 30 | 9 | 18 | 37 |
| 95 | 4 | 8 | 17 | 5 | 10 | 19 | 6 | 12 | 24 | 8 | 16 | 31 | 10 | 19 | 39 |
| 120 | 4 | 8 | 17 | 5 | 10 | 20 | 6 | 13 | 25 | 8 | 16 | 32 | 10 | 20 | 40 |
| 150 | 4 | 9 | 17 | 5 | 10 | 20 | 6 | 13 | 26 | 8 | 16 | 33 | 10 | 21 | 41 |
| 185 | 4 | 9 | 17 | 5 | 10 | 20 | 6 | 13 | 26 | 8 | 17 | 34 | 10 | 19 | 38 |
| 240 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 24 | 7 | 15 | 29 | 8 | 16 | 32 | 10 | 20 | 39 |
| 300 | 5 | 10 | 20 | 6 | 12 | 24 | 7 | 15 | 30 | 8 | 16 | 33 | 10 | 20 | 41 |

**7.6.3** Os valores medidos não devem exceder os estabelecidos nas Tabelas 8 e 9.

**7.6.4** O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 7295.

## Determinação do fator de perdas no dielétrico (tangente) em função da temperatura (T)

**7.7.1** O corpo-de-prova deve ser aquecido por meio de um dos procedimentos estabelecidos em 7.8.

**7.7.2** O fator de perdas no dielétrico (tangente ) deve ser medido no corpo-de-prova, à temperatura de 90 °C  2 °C, com tensão elétrica alternada, freqüência 48 Hz a 62 Hz, de valor correspondente ao gradiente elétrico máximo do condutor de 2 kV/mm, calculado conforme 7.3.2.

**7.7.3** Os valores medidos não devem exceder os estabelecidos na Tabela 10.

**7.7.4** O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 7295.

**Tabela 10 — Valores de fator de perdas do dielétrico (tangente )**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 tangente δ a 4 kV/mm | 40 x 10-4 |
| - Máximo incremento da tangente δ entre 2 kV/mm e 8 kV/mm | 20 x 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 tangente δ à temperatura de 90 oC ± 2 oC | 80 x 10-4 |

## Ciclos térmicos (T)

**7.8.1** 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 um único cabo unipolar constituinte do cabo multiplexado.

**7.8.2** Antes do início do ensaio de ciclos térmicos, o corpo-de-prova deve ser submetido à seqüência de ensaios de 5.2.4.1 a) a f) e i).

**7.8.3** Durante 30 dias, o corpo-de-prova deve ser submetido continuamente à tensão elétrica alternada, freqüência 48 Hz a 62 Hz, de valor correspondente ao gradiente elétrico máximo no condutor de 8 kV/mm, calculado conforme 7.3.2. Interrupções eventuais devem ser compensadas.

**7.8.4** Nas condições indicadas em 7.8.1 e 7.8.3, o corpo-de-prova deve ser submetido a uma corrente elétrica de aquecimento, de modo a atingir a temperatura de 130 °C ± 3 °C, no condutor, por um tempo mínimo de 6 h contínuas, a cada dia útil.

**7.8.5** No 15º dia, o corpo-de-prova deve ser submetido aos ensaios previstos em 5.2.4.1 c), e) e f).

**7.8.6** 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 5.2.4.1 c), e) e f) e aos valores da resistividade elétrica máxima à temperatura de operação das camadas semicondutoras estabelecidos na ABNT NBR 6251.

## Tensão elétrica de impulso (T)

**7.9.1** O corpo-de-prova, com o condutor à temperatura 95 °C ± 2 °C, deve suportar, sem falhas, dez impulsos positivos e dez impulsos negativos de tensão, com valor de crista estabelecido na Tabela 11.

**7.9.2** O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 7296.

**7.9.3** Após a realização do ensaio de impulso, o corpo-de-prova deve ser submetido, à temperatura ambiente, ao ensaio de tensão elétrica de *screening*, conforme 7.3.

Tabela 11 — Tensão elétrica suportável de
impulso atmosférico do cabo

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

## Tensão elétrica de longa duração (E e T)

**7.10.1** Este ensaio deve ser realizado à temperatura ambiente.

**7.10.2** O ensaio deve ser feito em corpo-de-prova constituído por um cabo unipolar constituinte do cabo multiplexado. A tensão elétrica deve ser aplicada entre o condutor e a blindagem metálica.

**7.10.3** O corpo-de-prova, quando submetido à tensão elétrica alternada, freqüência 48 Hz a 62 Hz, de valor eficaz 3 Uo, pelo tempo de 4 h, não deve apresentar perfuração.

**7.10.4** O ensaio deve ser realizado conforme ABNT NBR 6881.

## Envelhecimento em cabo completo (T)

**7.11.1** Este ensaio tem como objetivo verificar a compatibilidade entre a isolação e os demais componentes que constituem o cabo.

**7.11.2** A amostra deve ser envelhecida em estufa a ar, a uma temperatura de 100 °C ± 2 °C, durante 168 h.

**7.11.3** O corpo-de-prova correspondente à isolação e cobertura, retirado de amostra do cabo completo após 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 deve apresentar qualquer evidência de corrosão, quando submetido à inspeção visual, sem auxílio de qualquer equipamento óptico. Oxidação ou descoloração normal do cobre não deve ser levada em consideração.

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

**7.12.1** No corpo-de-prova previsto em 5.3.5, a camada semicondutora da isolação deve ser cortada longitudinalmente, até atingir-se levemente a isolação. Um segundo corte paralelo deve ser feito, 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, na garra inferior, da máquina de tração. Submete-se o corpo-de-prova à tração, aumentando a velocidade até que a tira se separe da isolação com uma velocidade de 12 mm/s.

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

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

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

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

## Ensaios físicos nos componentes do cabo (E e T)

**7.13.1** 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.

**7.13.2** A verificação do teor de negro-de-fumo é aplicável somente quando a cobertura for na cor preta.

## Penetração longitudinal de água

**7.14.1** Este requisito é aplicável aos cabos com o condutor bloqueado ou aos cabos com construção bloqueada longitudinalmente.

**7.14.2** Durante a realização dos ensaios não deve ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo-de-prova, através dos interstícios do condutor ou do bloqueio da blindagem.

**7.14.3** Este ensaio deve ser realizado conforme Anexo A.

## Conformidade da rigidez dielétrica em corrente alternada por amostragem seqüencial (E)

**7.15.1** Este requisito é aplicável a cabos, com tensões de isolamento iguais ou superiores a 8,7/15 kV, e deve ser realizado, desde que previamente solicitado.

**7.15.2** O gradiente de perfuração dos corpos-de-prova, retirados de amostras de cabos de um lote de fornecimento, deve atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR 10299.

**7.15.3** A modalidade de ensaio está estabelecida na ABNT NBR 10299.

## Resistência à abrasão da cobertura

**7.16.1** O corpo-de-prova deve ter um comprimento de aproximadamente 75 cm e ser realizado individualmente no cabo unipolar.

**7.16.2** O equipamento de ensaio deve ser constituído por:

1. um rotor em gaiola de esquilo, de 12 cm de diâmetro, em cuja periferia estão dispostas regularmente
12 barras de aço de seção circular de 12 mm de diâmetro (ver Figura 1). As barras são fixadas solidamente sobre as duas faces do rotor, de modo a não poderem girar em torno de seu próprio eixo. A superfície das barras deve ter um grau de acabamento correspondente à usinagem obtida por torneamento com
Ra = 1,5 m;
2. contador de número de voltas.

**7.16.3** O corpo-de-prova deve ser previamente condicionado à temperatura ambiente de ensaio, por um período de 48 h. Após as barras serem limpas, o corpo-de-prova deve ser colocado sobre o rotor, de forma que uma das extremidades seja fixada horizontalmente a uma distância aproximada de 15 cm do eixo do rotor. A outra extremidade deve ficar livre e portar uma massa M de 3 kg para espessuras nominais da camada externa de até 1,8 mm e 5 kg para espessuras nominais superiores.

**7.16.4** O rotor deve ser submetido a um movimento circular uniforme, com velocidade correspondente a oito voltas por minuto, em sentido horário, estando a parte fixa do corpo-de-prova à esquerda do observador.
Após as primeiras 420 voltas (aproximadamente 5 000 passagens de barras), deve ser feita uma limpeza a seco no corpo-de-prova e no rotor, prosseguindo-se o ensaio logo após esta operação.

**7.16.5** O cabo deve atender ao requisito de 20 000 passagens de barras sem atingir a blindagem metálica.



Figura 1 — Equipamento de ensaio de resistência à abrasão

## Resistência ao intemperismo artificial da cobertura

**7.17.1** Os corpos-de-prova retirados da cobertura do cabo unipolar devem ser submetidos a um ensaio de envelhecimento com radiação ultravioleta. O ensaio é considerado completo quando atingir 2 000 h de exposição.

NOTA O número de horas estabelecido nesta seção está condicionado ao uso de lâmpada de xenônio de 2 500 W. Número equivalente de horas pode ser utilizado quando lâmpada de outra potência, ou outro tipo de lâmpada, for empregado.

**7.17.2** Após o tempo de exposição especificado em 7.17.1, os corpos-de-prova originais e envelhecidos devem ser ensaiados e os valores dos corpos-de-prova envelhecidos não devem apresentar variação de alongamento
à ruptura e de tração à ruptura superior a 25 % em relação aos seus respectivos valores originais.

**7.17.3** O cabo deve ser ensaiado conforme ASTM G 155, quando for utilizada lâmpada de xenônio ou conforme ABNT NBR 9512, quando utilizada lâmpada fluorescente.

NOTA A ASTM G 155 é aplicável enquanto não houver Norma Brasileira correspondente.

# Marcação, rotulagem e embalagem

## 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 carretel, que deve ter resistência adequada e não deve apresentar defeitos que possam danificar o produto.

**8.1.2** O acondicionamento normal em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 5 000 kg.

**8.1.3** Para cada unidade de expedição, a incerteza máxima exigida na quantidade efetiva é de ± 1 % em comprimento

**8.1.4** Os cabos devem ser fornecidos em lances normais de fabricação, sobre os quais é permitida uma tolerância de  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.

**8.1.5** Os carretéis devem possuir dimensões conforme ABNT NBR 11137, devendo ser respeitados os limites de curvatura previstos na ABNT NBR 9511.

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

**8.1.7** O Anexo B fornece os dados para as informações de encomenda dos cabos.

## Marcação

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

1. nome e identificação do fabricante;
2. indústria brasileira ou país de origem;
3. tipo de construção (somente se bloqueada);
4. tensão de isolamento (*U*o/*U*), expresso em quilovolts (kV);
5. número de condutores fase e seção nominal, expresso em milímetros quadrados (mm²);
6. seção nominal em milímetros quadrados (mm²) ou diâmetro nominal em milímetros (mm) do elemento de sustentação;
7. material do condutor fase (AL), material do elemento de sustentação (CAL, Cu ou Aço), da isolação (XLPE
ou TR XLPE) e da cobertura (ST7);
8. número desta Norma;
9. comprimento efetivo de cada unidade de expedição, expresso em metros (m);
10. massa bruta aproximada, expressa em quilogramas (kg);
11. número da ordem de compra;
12. identificação para fins de rastreabilidade;
13. seta no sentido de rotação para desenrolar e o texto “desenrole neste sentido”.

No caso das indicações a que se referem as alíneas c), d) e) , f) e g), os cabos podem ser designados conforme ABNT NBR 9311 (ver 4.1.2).

NOTA No que se refere à alínea e) e f), são designados por: N x 1 x S + S1.

onde:

N é o número de condutores fase, normalmente três;

S é a seção nominal do condutor fase em milímetros quadrados (mm2);

S1 é a seção nominal do elemento de sustentação, quando constituído por cobre ou alumínio liga,
em milímetros quadrados (mm2), ou diâmetro nominal do elemento de sustentação, quando constituído por aço zincado, em milímetros (mm).

1. (normativo)

Penetração longitudinal de água
	1. Objetivo

Este Anexo prescreve o método de ensaio de verificação do comportamento do bloqueio do condutor e da blindagem metálica, quanto à penetração longitudinal de água, com o condutor bloqueado ou com construção bloqueada. Este método não se aplica a cabos submarinos.

* 1. Aparelhagem

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

1. tubo com bocais, conforme a Figura A.1;
2. solução de água (potável) a 0,01 % de fluoresceína ou *Rhodamin*;
3. fonte variável de corrente alternada, para aquecimento do condutor;
4. equipamento de pressurização AR/N2 ou coluna de água;
5. amperímetro de corrente alternada;
6. medidor de temperatura e seus acessórios.
	1. Execução do ensaio
		1. Penetração de água pelo bloqueio da blindagem metálica

**A.3.1.1** O corpo-de-prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de cabo unipolar constituinte do cabo multiplexado. 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 20 x (*d* + *D*) + 5 %, sendo:

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

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

**A.3.1.2** Após o dobramento, na parte central do corpo-de-prova, deve ser removido da cobertura um anel de 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 A.2).

**A.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, através de perfuração por broca de diâmetro aproximadamente igual ao do sensor.

**A.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 auto-aglomerante ou equivalente. O conjunto deve ser disposto conforme a Figura A.3.

**A.3.1.5** O tubo deve ser preenchido com água 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 °C  2 °C, por 4 h, sob resfriamento natural.

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

* + 1. Penetração de água pelo bloqueio do condutor

**A.3.2.1** O corpo-de-prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de veia de cabo unipolar constituinte do cabo multiplexado. O mesmo corpo-de-prova do ensaio de A.3.1 pode ser utilizado para ensaio do bloqueio do condutor. Neste caso, não devem ser repetidos os ciclos térmicos previstos em A.3.1.5.

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

**A.3.2.3** Na parte central do corpo-de-prova, deve ser removido um anel de 5 cm de largura da isolação
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.

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

**A.3.2.5** Após a aplicação dos ciclos térmicos, a temperatura no condutor deve ser elevada a 90 °C ± 2 °C
e mantida durante 2 h ininterruptas.

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

* 1. Resultados

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



Figura A.1 — Tubo com bocais



Figura A.2 — Esquema do ensaio



**Cabo de referência 2m**

Figura A.3 — Esquema do circuito de ensaio

1. (informativo)
Dados para as informações de encomenda dos cabos

As informações abaixo devem ser indicadas quando da encomenda dos cabos:

1. tipo de construção (bloqueada ou não) ou condutor bloqueado ou não;
2. tensão de isolamento (Uo/U), expresso em quilovolts (kV);
3. número de condutores, seção nominal em milímetros quadrados, material do condutor fase (alumínio) e do elemento de sustentação (CAL, cobre ou aço);
4. tipo de isolação (XLPE ou TR XLPE);
5. tipo de blindagem metálica;
6. tipo de cobertura (ST7);
7. número desta Norma;
8. comprimento total a ser adquirido, expresso em metros (m);
9. comprimento das unidades de expedição.

NOTA 1 No que se refere às alíneas a) a f), os cabos podem ser designados conforme ABNT NBR 9311 (ver 4.1.2).

NOTA 2 No caso de utilização de acessórios pré-moldados, indicação explícita deve constar na consulta para aquisição de cabos e posteriormente na ordem de compra. As tolerâncias dimensionais para o cabo devem ser objeto de acordo entre fabricante e comprador.

NOTA 3 No caso de exigência do ensaio previsto em 5.1 ou 5.2.3.4 g), indicação explícita deve constar previamente na consulta e posteriormente na ordem de compra.

1. (informativo)
Recomendações complementares
	1. Objetivo

Este Anexo apresenta algumas informações complementares a esta Norma para ensaios, inspeção e garantia.

* 1. Ensaios especiais para cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.3.1

Recomenda-se que, para fornecimento de cabos com comprimento inferior ao estabelecido em 5.3.1, o fabricante forneça um certificado onde conste que o cabo cumpre os requisitos desta Norma.

* 1. Ensaios de tipo

**C.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 são empregados a mesma construção e os mesmos materiais. É facultado ao comprador solicitar os ensaios de tipo para cada nível de tensão de isolamento dos cabos adquiridos por ele.

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

NOTARecomenda-se que a validade do certificado seja condicionada à sua aprovação com a emissão de um documento de aprovação por parte do comprador.

* 1. Ensaios de controle

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

**C.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 C.4.2 façam parte integrante da documentação.

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

NOTA Caso o fornecedor possua um sistema de gestão da qualidade, este pode ser certificado pelo comprador
ou por um organismo de certificação credenciado.

* 1. 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.

* 1. Garantias

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

**C.6.2** As condições são válidas para cabos instalados segundo as ABNT NBR 14039 por pessoa qualificada
e utilizados em condições normais ao cabo.