



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 240-8249/532-2143
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1997,
ABNT-Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MAIO 1997

NBR 5111

Fios de cobre nus, de seção circular, para fins elétricos - Especificação

Origem: Projeto NBR 5111:1996
CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade
CE-03:020.02 - Comissão de Estudo de Condutores Elétricos de Cobre
NBR 5111 - Round bare copper wires for electrical purposes - Specification
Descriptor: Bare copper wire
Esta Norma foi baseada nas ASTM B 1:1990, ASTM B 2:1988 e ASTM B 3:1990
Esta Norma substitui a NBR 5111:1980
Válida a partir de 30.06.1997

Palavra-chave: Fio de cobre nu

7 páginas

Sumário

- Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências normativas
- 3 Definições
- 4 Requisitos gerais
- 5 Requisitos específicos
- 6 Inspeção
- 7 Aceitação e rejeição
- ANEXO**
- A Tabelas

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Revisão da NBR 5111:1985 foi elaborada pela CE-03:020.02 - Comissão de Estudo de Condutores Elétricos de Cobre, no âmbito do CB-03 - Comitê Brasileiro de Eletricidade. O objetivo é o de adequar a Norma à tec-

nologia atual, principalmente no que se refere ao uso de vergalhões de cobre eletrolíticos ou refinados a fogo.

O anexo A constante nesta Norma é de caráter normativo.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis na aceitação e/ou recebimento de fios nus de cobre mole, meio duro e duro, de seção circular, para fins elétricos.

1.2 Esta Norma não se aplica a fio sólido ou fios componentes de condutor isolado ou protegido, no que se refere às características dimensionais.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das Normas em vigor em um dado momento.

NBR 5314:1982 - Carretéis para acondicionamento de fios de seção circular - Dimensões - Padronização

NBR 5426:1985 - Planos de amostragem e procedimentos para inspeção por atributos - Procedimento

NBR 5456:1987 - Eletricidade geral - Terminologia

NBR 5471:1986 - Condutores elétricos - Terminologia

NBR 6242:1980 - Verificação dimensional para fios e cabos elétricos - Método de ensaio

NBR 6809:1993 - Vergalhões de cobre destinados à fabricação de condutores elétricos - Especificação

NBR 6810:1981 - Fios e cabos elétricos - Tração à ruptura em componentes metálicos - Método de ensaio

NBR 6815:1981 - Fios e cabos elétricos - Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos - Método de ensaio

NBR 7312:1982 - Rolos de fios e cabos elétricos - Características dimensionais - Padronização

NBR 11137:1988 - Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos - Dimensões e estruturas - Padronização

NBR 13291:1995 - Vergalhão de cobre refinado a fogo para fins elétricos - Especificação

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições, complementadas pelas contidas nas NBR 5456 e NBR 5471.

3.1 unidade de expedição: Comprimento contínuo de material contido em uma embalagem de expedição, ou seja, um rolo para materiais acondicionados em rolos ou uma bobina para materiais acondicionados em carretéis.

3.2 quantidade efetiva: Massa ou comprimento efetivamente medido em uma unidade ou lote de expedição por meio de equipamento adequado que garanta a incerteza máxima especificada.

3.3 quantidade nominal: Massa ou comprimento padrão de fabricação e/ou massa ou comprimento que conste na ordem de compra.

3.4 lance irregular (quanto à quantidade): Lance com quantidade diferente, em mais de 3%, da quantidade nominal, com no mínimo 50% da referida quantidade.

4 Requisitos gerais

4.1 Material

4.1.1 O material empregado na fabricação do fio deve ser cobre eletrolítico de qualidade e pureza tais que o produto acabado apresente as propriedades e características exigíveis nesta Norma.

4.1.2 O cobre não-eletrolítico pode ser utilizado, desde que sejam cumpridos os requisitos exigidos nesta Norma quanto às características do vergalhão utilizado. No caso de vergalhão de cobre não-eletrolítico recebido para transformação, este deve ser previamente aprovado pelo fabricante de fios e cabos.

4.1.3 Os vergalhões de cobre a serem utilizados devem atender aos requisitos das NBR 6809 e NBR 13291.

4.2 Acabamento

A superfície do fio não deve apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias e/ou inclusões que comprometam o desempenho do produto.

4.3 Emendas

São permitidas emendas nos fios de têmpera meio dura e dura antes do último passe de trefilação, desde que atendam os requisitos de 5.2.4. Nos fios de têmpera mole são também permitidas emendas no fio acabado.

4.4 Designação

Os fios de cobre nus devem ser designados por seu diâmetro em milímetros com três casas decimais para diâmetros inferiores a 1,00 mm, duas casas decimais para diâmetros iguais ou maiores que 1,00 mm e por sua têmpera.

4.5 Acondicionamento e fornecimento

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

4.5.2 O acondicionamento em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 5 000 kg, salvo acordo em contrário. O acondicionamento em rolos deve ser limitado a 40 kg para movimentação manual. Em rolos cuja movimentação seja efetuada por meio mecânico é permitida massa superior a 40 kg.

4.5.3 Os fios devem ser fornecidos em unidades de expedição com quantidade nominal de fabricação.

4.5.4 Para cada unidade de expedição (rolo ou bobina), a incerteza máxima no método de medição da quantidade efetiva é de $\pm 1\%$.

4.5.5 Para produtos acondicionados em carretéis, admite-se, quando não especificado diferentemente pelo comprador, que a quantidade efetiva declarada em cada unidade de expedição seja diferente da quantidade nominal em no máximo $\pm 3\%$.

4.5.6 Para complementar a ordem de compra, admite-se que até 5% dos lances de um lote de expedição sejam irregulares quanto à quantidade (ver 3.4), devendo o fabricante declarar a quantidade efetiva de cada unidade de expedição.

4.5.7 Os carretéis devem possuir dimensões conforme a NBR 5314 ou NBR 11137 e os rolos conforme a NBR 7312.

4.5.8 Outros tipos de acondicionamento podem ser utilizados mediante acordo entre fabricante e comprador.

4.5.9 Externamente os carretéis devem ser marcados nas duas faces laterais, em lugar visível, com caracteres legíveis e indelévels, com as seguintes indicações:

- a) dados do fabricante (razão social, endereço, CGC e Inscrição Estadual);
- b) indústria brasileira;
- c) diâmetro nominal do fio, em milímetros, material (cobre) e têmpera;
- d) número desta Norma;
- e) quantidade nominal, em metros ou quilogramas;
- f) massa bruta, em quilogramas;
- g) número de série do carretel;
- h) seta no sentido de rotação para desenrolar.

4.5.10 Os rolos devem conter uma etiqueta com as indicações de 4.5.9, com exceção das referentes às alíneas g) e h), e carretéis conforme a NBR 5314, com exceção da referente à alínea h).

4.6 Garantias

O fabricante deve garantir, entre outros requisitos, o seguinte:

- a) a qualidade de todos os materiais usados, de acordo com os requisitos desta Norma;
- b) a reposição, livre de despesas, de qualquer fio considerado defeituoso, devido a eventuais deficiências em seu projeto, matéria-prima ou fabricação, durante a vigência do período de garantia. Este período deve ser estabelecido em comum acordo entre comprador e fabricante.

4.7 Descrição para aquisição do fio

4.7.1 O comprador deve indicar necessariamente, em sua consulta e posterior ordem de compra para aquisição do fio, os seguintes dados fundamentais:

- a) diâmetro nominal do fio, em milímetros, material (cobre) e têmpera;
- b) número desta Norma;
- c) quantidade total a ser adquirida, em metros ou quilogramas, e respectiva tolerância;
- d) quantidade das unidades de expedição e respectivas tolerâncias;
- e) tipo de acondicionamento.

4.7.2 Caso não sejam fixadas as tolerâncias relativas às alíneas c) e d) de 4.7.1, adotam-se tolerâncias conforme 4.5.3 a 4.5.6.

4.7.3 Caso não seja fixada a quantidade das unidades de expedição, adota-se o valor padrão do fabricante.

5 Requisitos específicos

5.1 Tolerâncias do diâmetro nominal

Os diâmetros dos fios de cobre devem obedecer às tolerâncias indicadas no anexo A, tabela A.1.

5.2 Propriedades mecânicas

5.2.1 O valor mínimo individual do alongamento na ruptura dos fios trefilados moles e limpos, antes de sofrerem outros processos de fabricação, deve estar de acordo com o anexo A, tabela A.2. O valor médio do lote deve ser igual ou superior ao valor mínimo individual acrescido de 2,5%.

5.2.2 A resistência à tração e o alongamento na ruptura dos fios de cobre meio duro devem estar de acordo com o anexo A, tabela A.3.

5.2.3 O valor mínimo individual da resistência à tração e do alongamento na ruptura dos fios de cobre duro devem estar de acordo com o anexo A, tabela A.4. Na resistência à tração, o valor médio do lote deve ser igual ou superior ao valor mínimo individual acrescido de 9 MPa. No alongamento na ruptura o valor médio do lote deve ser igual ou superior ao valor mínimo individual acrescido de 0,15%.

5.2.4 Quando houver emenda no fio de cobre duro e meio duro, feita antes do último passe de trefilação, a resistência à tração deve ser no mínimo 95% do valor especificado. O alongamento não deve ser considerado. Esta exigência não se aplica aos fios de cobre mole.

5.3 Propriedades elétricas

5.3.1 A resistividade elétrica, a 20°C, dos fios de cobre não deve exceder os seguintes valores:

- a) fios de cobre mole: 0,017241 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ou 0,15328 $\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$, correspondendo à condutividade de 100%;
- b) fios de cobre meio duro: de acordo com o anexo A, tabela A.5;
- c) fios de cobre duro: de acordo com o anexo A, tabela A.6.

5.3.2 Para efeitos de cálculo, a massa específica do cobre deve ser considerada igual a 8 890 kg/m^3 , a 20°C.

6 Inspeção

6.1 Condições gerais de inspeção

6.1.1 Para a inspeção podem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) inspeção final nas instalações do fabricante;
- b) inspeção de recebimento no almoxarifado do comprador.

6.1.2 No caso da alínea a) de 6.1.1, o fabricante deve proporcionar ao inspetor todos os meios que lhe permitam verificar se o material fornecido está de acordo com esta Norma. Todos os ensaios previstos por esta Norma devem ser realizados às expensas do fabricante.

6.1.3 No caso da alínea b) de 6.1.1, a inspeção deve ser limitada a uma verificação visual do material e do acondicionamento e à análise dos relatórios de ensaios do lote correspondente, fornecidos pelo fabricante.

6.2 Relação dos ensaios e verificações - Critérios de amostragem

6.2.1 Os ensaios e verificações de recebimento solicitados por esta Norma são:

- a) inspeção visual;
- b) verificação do diâmetro do fio, conforme 6.3.2;
- c) ensaio de resistência à tração e alongamento na ruptura, conforme 6.3.3;
- d) ensaio de resistividade elétrica, conforme 6.3.4.

6.2.2 Para os ensaios e verificações previstos em 6.2.1, o número de unidades da amostra requerido deve estar conforme o anexo A, tabela A.7, a menos que outro critério, baseado na NBR 5426, seja estabelecido entre comprador e fabricante, por ocasião da consulta para aquisição do fio. De cada unidade da amostra devem ser retirados corpos-de-prova com comprimento suficiente de fio, desprezando-se o primeiro metro da extremidade.

6.2.3 Se um corpo-de-prova extraído de uma unidade da amostra, conforme prescrito em 6.2.2, não satisfizer o valor especificado em qualquer ensaio, deve ser efetuado o mesmo ensaio em dois outros corpos-de-prova adicionais, extraídos da mesma unidade.

6.2.4 Se os resultados obtidos nos ensaios de ambos os corpos-de-prova adicionais forem satisfatórios, considera-se aquela unidade aceita.

6.3 Descrição dos ensaios

6.3.1 Inspeção visual

A inspeção visual deve verificar o estabelecido em 4.2 e 4.5.

6.3.2 Verificação do diâmetro

O diâmetro dos fios deve ser medido conforme a NBR 6242.

6.3.3 Ensaio de resistência à tração e alongamento na ruptura

Os ensaios de resistência à tração e alongamento na ruptura dos fios de cobre nu devem ser realizados conforme a NBR 6810, devendo atender os valores especificados em 5.2.

6.3.4 Ensaio de resistividade elétrica

6.3.4.1 A resistividade elétrica deve ser determinada com o valor da resistência, referido a 20°C, conforme a NBR 6815, devendo atender o especificado em 5.3.

6.3.4.2 A resistência elétrica em corrente contínua do fio de cobre nu deve ser medida a uma temperatura não inferior a 5°C, nem superior a 40°C, e corrigida para a temperatura de 20°C, com a utilização da seguinte equação:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + a(t - 20)}$$

onde:

t é a temperatura na qual foi efetuada a medição, em graus Celsius;

R_t é a resistência elétrica em corrente contínua a t°C, em ohms;

R₂₀ é a resistência elétrica em corrente contínua a 20°C, em ohms;

a é o coeficiente de temperatura da resistência elétrica = 0,00393 (°C)⁻¹.

7 Aceitação e rejeição

7.1 A aceitação ou rejeição do lote deve obedecer ao seguinte critério, com relação ao número de unidades da amostra que não satisfizer aos requisitos especificados, conforme o anexo A, tabela A.7:

a) primeira amostragem:

- menor ou igual a Ac₁: aceitação;
- igual ou maior a Re₁: rejeição;
- entre Ac₁ e Re₁: permissão para a segunda amostragem;

b) segunda amostragem:

- menor ou igual a Ac₂: aceitação, salvo o especificado em 7.2;
- igual ou maior a Re₂: rejeição.

7.2 A média dos valores encontrados para a resistência à tração e o alongamento na ruptura deve estar de acordo com o especificado em 5.2, sob pena de rejeição do lote.

7.3 O fabricante pode recompor um novo lote, submetendo-o a uma nova inspeção, após ter eliminado as unidades de expedição defeituosas. Em caso de nova rejeição, são aplicadas as cláusulas contratuais pertinentes.

Anexo A (normativo)
Tabelas

Tabela A.1 - Tolerâncias dos diâmetros dos fios de cobre

Diâmetro nominal mm	Tolerâncias
Inferior a 0,250	± 0,003 mm
0,250 ≤ D ≤ 0,400	± 0,004 mm
Superior a 0,400	± 1 % ¹⁾

¹⁾ Arredondado ao milésimo de milímetro mais próximo, para diâmetros inferiores a 1,00 mm, e ao centésimo de milímetro mais próximo, para diâmetros iguais ou superiores a 1,00 mm.

Tabela A.2 - Fios de cobre mole - Propriedades mecânicas

Diâmetros nominais mm		Alongamento na ruptura mínimo individual (%) - em 250 mm
Superior ou igual a	Inferior a	
0,080	0,280	15
0,280	0,560	20
0,560	3,00	25
3,00	8,50	30
8,50	11,80	35

Tabela A.3 - Fios de cobre meio duro - Propriedades mecânicas

Diâmetros nominais mm		Resistência à tração MPa		Alongamento na ruptura mínimo (%) em	
Superior ou igual a	Inferior a	Mínima	Máxima	250 mm	1500 mm
1,00	1,06	366	432	-	0,88
1,06	1,18	363	430	-	0,90
1,18	1,32	361	428	-	0,92
1,32	1,50	359	427	-	0,94
1,50	1,70	356	425	-	0,96
1,70	1,90	354	423	-	0,98
1,90	2,12	352	421	-	1,00
2,12	2,36	349	418	-	1,02
2,36	2,65	347	416	-	1,04
2,65	3,00	345	413	-	1,06
3,00	3,35	342	409	-	1,08
3,35	3,75	340	405	-	1,11
3,75	4,25	338	401	-	1,15
4,25	4,75	336	397	-	1,20
4,75	5,30	333	392	-	1,25
5,30	6,00	331	387	2,25	-
6,00	6,70	324	379	2,50	-
6,70	7,50	317	370	2,75	-
7,50	8,50	310	361	3,00	-
8,50	9,50	303	351	3,25	-
9,50	10,60	297	343	3,60	-
10,60	11,80	290	332	3,75	-

Tabela A.4 - Fios de cobre duro - Propriedades mecânicas

Diâmetros nominais mm		Resistência à tração MPa	Alongamento na ruptura mínimo (%) em	
Superior ou igual a	Inferior a	Mínima individual	250 mm	1 500 mm
1,00	1,06	433	-	0,65
1,06	1,18	431	-	0,66
1,18	1,32	429	-	0,67
1,32	1,50	428	-	0,69
1,50	1,70	426	-	0,70
1,70	1,90	424	-	0,72
1,90	2,12	422	-	0,75
2,12	2,36	419	-	0,77
2,36	2,65	417	-	0,80
2,65	3,00	414	-	0,82
3,00	3,35	410	-	0,86
3,35	3,75	406	-	0,89
3,75	4,25	402	-	0,94
4,25	4,75	398	-	0,98
4,75	5,30	393	-	1,04
5,30	6,00	388	1,6	-
6,00	6,70	380	1,8	-
6,70	7,50	371	2,0	-
7,50	8,50	362	2,2	-
8,50	9,50	352	2,6	-
9,50	10,60	344	3,0	-
10,60	11,80	333	3,5	-

Tabela A.5 - Resistividade e condutividade para fios de cobre meio duro

Diâmetros nominais mm		Resistividade a 20°C		Condutividade a 20°C % IACS
Superior ou igual a	Inferior a	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$	
1	8	0,017837	0,15857	96,66
8	11,80	0,017654	0,15694	97,66

Tabela A.6 - Resistividade e condutividade para fios de cobre duro

Diâmetros nominais mm		Resistividade a 20°C		Condutividade a 20°C % IACS
Superior ou igual a	Inferior a	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$\Omega \cdot \text{g}/\text{m}^2$	
1	8	0,017930	0,15940	96,16
8	11,80	0,017745	0,15775	97,16

Tabela A.7 - Plano de amostragem dupla normal (NQA = 2,5 NI = II)

Quantidade de unidades que formam o lote	Primeira amostra			Segunda amostra		
	Quantidade de unidades a ensaiar	Ac ₁	Re ₁	Quantidade de unidades a ensaiar	Ac ₂	Re ₂
De 2 a 8	2	0	1	-	-	-
9 a 15	3	0	1	-	-	-
16 a 25	5	0	1	-	-	-
26 a 50	8	0	1	-	-	-
51 a 90	8	0	2	8	1	2
91 a 150	13	0	2	13	1	2
151 a 280	20	0	3	20	3	4
281 a 500	32	1	4	32	4	5
501 a 1 200	50	2	5	50	6	7
1 201 a 3 200	80	3	7	80	8	9
3 201 a 10 000	125	5	9	125	12	13

NOTAS

1 Ac₁, Ac₂ = Aceitação.2 Re₁, Re₂ = Rejeição.

3 NQA = Nível de qualidade aceitável.

4 NI = Nível de inspeção.

