	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

## Sumário

1.	OBJETIVO .....	1
2.	ÂMBITO DE APLICAÇÃO .....	1
3.	DEFINIÇÕES .....	1
4.	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	1
5.	RESPONSABILIDADES.....	2
6.	REGRAS BÁSICAS .....	2
7.	CONTROLE DE REGISTROS .....	7
8.	ANEXOS.....	8
9.	REGISTRO DE ALTERAÇÕES.....	9

### 1. OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis para o fornecimento de tubos de cobre eletrolítico para barramentos de Subestações.

### 2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

#### 2.1 Empresa

Distribuidoras do Grupo CPFL Energia.

#### 2.2 Área

Engenharia, Operações de Campo, Obras e Manutenção, Suprimentos e Gestão de Ativos.

### 3. DEFINIÇÕES

Serão adotadas as definições e terminologias estabelecidas pelas normas e organizações mencionadas no item 4 desta Especificação.

### 4. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

ABNT IEC/TR 60815 Guia para seleção de isoladores sob condições de poluição

ABNT NBR 5019 Produtos e ligas de cobre – Terminologia


ABNT NBR 5020 Tubos de cobre sem costura para uso geral - Requisitos

ABNT NBRNM ISO 6508-1 Materiais metálicos – Ensaio de dureza Rockwell – Parte 1: Método de ensaio – (escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).

ABNT NBR ISO 6892-1 Materiais metálicos – Ensaio de Tração – Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente.

ASTM B188 Standard specification for seamless copper bus pipe and tube

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	1 de 9

	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

ASTM B193 Standard test method for resistivity of electrical conductor materials

ASTM B428 Standard test method for angle of twist in rectangular and square copper and copper alloy tube

ASTM B577 Standard Test Methods for Detection of Cuprous Oxide (Hydrogen Embrittlement Susceptibility) in Copper

ASTM B601 Standard Classification for Temper Designations for Copper and Copper Alloys—Wrought and Cast

ASTM E8/E8M Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials

ASTM E18 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

ASTM E29 Standard Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications

ASTM E243 Standard Practice for Electromagnetic (Eddy Current) Examination of Copper and Copper-Alloy Tubes

ASTM E255 Standard Practice for Sampling Copper and Copper Alloys for the Determination of Chemical Composition

ASTM E478 Standard test methods for chemical analysis of copper alloys.

ASTM E527 Standard Practice for Numbering Metals and Alloys in the Unified Numbering System (UNS)

## 5. RESPONSABILIDADES

A área de Engenharia de Normas e Padrões das distribuidoras do Grupo CPFL é a responsável pela publicação deste documento.


## 6. REGRAS BÁSICAS

### 6.1 Condições de Utilização

Todos os tubos deverão ser projetados para uso externo, nas seguintes condições ambientais:

- Altitude em relação ao nível do mar, máxima: 1000 m
- Temperatura máxima: 40 °C
- Temperatura mínima: -5 °C
- Temperatura média, período de 24 horas: 35 °C
- Umidade relativa do ar: maior que 80%
- Velocidade do vento: 130 km/h
- Pressão do vento: máximo 700 Pa - 71,4 kgf/m<sup>2</sup>
- Grau de poluição: não inferior ao nível médio de poluição ABNT NBR/IEC 60815

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	2 de 9

	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

## 6.2 Características Gerais

Os tubos deverão ser projetados e fabricados para instalação em sistemas de potência com tensão máxima de operação de acordo com a tabela abaixo:

Classe de tensão Tubos	Tensão máxima de operação do sistema de potência
138 kV	145 kV
69 kV	72,5 kV
34,5 kV	36,2 kV

### 6.2.1 Materiais

Os tubos de cobre eletrolítico extrudados para barramentos de subestações deverão ser de seção circular uniforme e superfície lisa. O acabamento da superfície cilíndrica do tubo deverá ser livre de emendas, riscos, trincas, impurezas e outras imperfeições que possam vir a causar aumento de rádio interferência e de perdas por efeito corona.

Os materiais a serem utilizados na fabricação dos tubos de cobre, deverão preencher os requisitos mínimos a seguir indicados:

- Liga - a liga de cobre do tubo deve ser tipo C11000, conforme norma ASTM B188 e ASTM E527.
- Têmpera - a têmpera do tubo deve ser H80 (encruada dura), conforme norma ASTM B188.
- Dureza - conforme ASTM B188 e ASTM E18, o cobre deve apresentar dureza HRF80, ou seja, dureza Rockwell de 80, na escala F.
- Composição química - Os limites da composição química usada nas ligas para a confecção dos tubos deverão estar dentro das recomendações da norma ASTM B188. O resumo dos valores limites é apresentado no item 5.4
- Propriedades mecânicas e elétricas - Os limites de condutividade, resistividade e as características de escoamento e de resistência à tração para a liga e têmpera especificadas, deverão estar conforme recomendações da ASTM B188. O resumo dos valores limites é apresentado no item 5.5.

### 6.2.2 Processo de Fabricação

Os tubos devem ser fabricados por processos a quente, a frio e de recozimento de modo a produzir uma estrutura uniforme, forjada e sem costura no produto acabado.

O método de fabricação deve ser a quente ou a frio para obtenção do tamanho final e, se necessário, na sequência faz-se o recozimento para satisfazer as propriedades da têmpera especificada.

### 6.2.3 Acabamento

Os tubos devem ser entregues limpos interna e externamente e isentos de defeitos que prejudiquem a sua utilização posterior.

### 6.2.4 Composição Química

O cobre especificado deve estar em conformidade com os requisitos de composição química mostrados na Tabela 1. Análises para determinação da composição química devem ser feitas utilizando a ASTM E255.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	3 de 9


	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

Tabela 1 – Requisitos de composição química

Nº de liga UNS	Denominação anterior	Tipo de Cobre	Composição			
			Cobre Mín. (%)	Fósforo (%)	Prata (%)	Oxigênio Máx. (%)
C11000	ETP Electrolytic Tough Pitch	Eletrolítico, com residual desoxidante	99,90	-	-	-

As amostras do tubo de cobre devem estar livres de óxido cuproso quando examinadas de acordo com ASTM B577 - método B - e não devem apresentar sinais de porosidade nem granulação aberta, características de fragilização por hidrogênio.

### 6.2.5 Propriedades Mecânicas e Elétricas

As propriedades mecânicas dos tubos devem ser determinadas de acordo com a ASTM B188 e atender à Tabela 2. As propriedades elétricas devem estar de acordo com a Tabela 3.

Tabela 2 – Limites de propriedades mecânicas

Dureza Rockwell (mín)	Limite de resistência à tração (MPa)		Alongamento (51 mm comprimento) (%)		Espessura (mm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
HRF80	275	-	3	-	3,56	3,86

O limite de resistência à tração e alongamento deve ser determinado de acordo com a NBR ISO 6892.

Tabela 3 – Propriedades elétricas


Têmpera	Resistividade elétrica de massa máxima a 20°C (Ωg/m²)	Condutividade volumétrica mínima a 20°C (% IACS)
Meio Duro	0,15865	97

A resistividade ou a condutividade podem ser determinadas conforme a ASTM B193, sendo que a condutividade elétrica é determinada com a utilização de uma ponte de condutividade de Hoopes. A resistividade é obtida por cálculo, conforme as recomendações da ASTM B193.

### 6.2.6 Tolerâncias Dimensionais

Os tubos devem ter diâmetro externo e espessura de parede conforme ASTM B188, indicados no item 8 ANEXOS desta Especificação Técnica. As tolerâncias dimensionais devem estar de acordo com a norma ASTM B188. As tolerâncias quanto à espessura da parede do tubo são indicadas na Tabela 2 desta Especificação Técnica.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	4 de 9

	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

## 6.3 Ensaios

### 6.3.1 Condições para os Ensaios

A seguir estão indicados os ensaios que a CPFL exige como o mínimo necessário para a avaliação do desempenho dos tubos a serem adquiridos.

Para fins de ensaio, será considerado como um lote, todos os tubos do mesmo tipo e dimensão, fabricados essencialmente sob as mesmas condições e apresentados ao mesmo tempo para inspeção de recepção.

Os planos de amostragem e os critérios de aceitação estão descritos no item 6.3 desta Especificação Técnica.

Todos os tubos rejeitados nos ensaios de recebimento, mas pertencentes a lotes aceitos devem ser substituídos pelo fabricante, sem ônus para a CPFL.

### 6.3.2 Ensaios de recebimento

Os seguintes ensaios de recebimento devem ser realizados:

- Verificação visual, acabamento e dimensional (comprimento, diâmetro externo e espessura de parede);
- Composição química;
- Resistência à tração, conforme ASTM E8/E8M;
- Resistividade elétrica, conforme ASTM B577;
- Dureza Rockwell, conforme ASTM E18 ou ABNT NBR NM ISO 6508-1.

Os ensaios de recebimento deverão ser realizados em fábrica ou laboratório credenciado pela CPFL, sob a responsabilidade do fabricante e sua comprovação deverá ser feita mediante apresentação dos relatórios de ensaios, conforme item 6.4 desta Especificação Técnica.

### 6.3.3 Critérios de amostragem e aceitação

A amostragem para determinação da composição química deve ser feita de acordo com a ASTM E255.

A quantidade de amostras ensaiadas deve estar de acordo com os planos de amostragem e critérios de aceitação da ASTM B188.


### 6.3.4 Relatórios de ensaios

O fornecedor deverá enviar à CPFL em 03 (três) vias, nos modelos previamente aprovados, 01, um, relatório de cada ensaio realizado. O prazo para o envio do relatório de ensaio será de no máximo 30, trinta, dias após a realização do ensaio.

Devem constar do relatório de ensaio as seguintes informações mínimas:

- Nome ou marca comercial do fabricante;
- Identificação do laboratório de ensaio;
- Quantidade de tubos do lote e quantidade ensaiada;
- Identificação completa do tubo ensaiado, conforme indicado no item 9;
- Dimensões básicas e massa do tubo;
- Relação e resultados dos ensaios executados;
- Certificado de aferição dos aparelhos utilizados nos ensaios, com data inferior a 24 meses;
- Número da ordem de compra;

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	025/10/2022	5 de 9

	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

- Data de início e de término de cada ensaio;
- Nomes legíveis e assinaturas do fabricante e do inspetor do comprador e data da emissão do relatório.

#### 6.4 Aceitação e Rejeição

Devem ser aceitos os tubos que satisfizerem a todos os requisitos desta Especificação Técnica e demais normas citadas, em caso contrário devem ser rejeitados.

A aceitação dos tubos pela CPFL não eximirá de modo algum o Fornecedor de sua responsabilidade em fornecer os tubos em plena concordância com esta Especificação Técnica, nem tampouco invalidarão ou comprometerão qualquer reclamação posterior que a CPFL venha a fazer baseada na existência de tubos inadequados ou defeituosos.

A CPFL poderá rejeitar qualquer parte ou partes dos serviços os quais, após ensaios, estiverem em desacordo com esta Especificação. Tal rejeição será feita por escrito e conterá a justificativa para a mesma.

Em caso de qualquer falha nos ensaios de recebimento, a CPFL poderá exigir, sem ônus para ela, que a causa seja corrigida e as modificações daí decorrentes sejam efetuadas, também, nas demais unidades adquiridas ou, dependendo da gravidade da falha, poderá rejeitar o tubo. Se o número de falhas for tal que a CPFL venha a suspeitar do controle de qualidade, o lote inteiro poderá ser rejeitado.

A rejeição do tubo em virtude de falhas constatadas através de ensaios ou de sua discordância com esta Especificação Técnica, não eximirá o Fornecedor de sua responsabilidade.

Se na opinião da CPFL a natureza da rejeição tornar impraticável a entrega dos tubos pelo Fornecedor na data prometida ou se tudo indicar que o Fornecedor seja incapaz de satisfazer aos requisitos exigidos, a CPFL reserva-se o direito de rescindir todas as suas obrigações e adquirir o material em outra fonte.

#### 6.5 Embalagem e Identificação

Os tubos podem ser agrupados em unidades de no máximo 70 kg. No caso de tubos com mais de 35 kg cada um, a embalagem pode ser individual.

Cada embalagem deve ser marcada de forma indelével com os seguintes dados:

- liga;
- tempera;
- número que identifique o produto;
- pedido de compra
- nome ou marca do fabricante;
- número do lote.


Os produtos devem ser embalados de tal forma que não sofram danos durante o manuseio e transporte.

#### 6.6 Garantia

O fabricante deve garantir a qualidade de todos os materiais usados de acordo com os requisitos desta Especificação Técnica.

A vigência da garantia deve ser no mínimo de 18 (dezoito) meses a partir da entrada em operação ou 24 (vinte e quatro) meses a partir da data de entrega no ponto de destino citado no contrato.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	6 de 9

	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

Se durante o período de garantia ocorrer algum defeito, falha ou falta oriundas da fabricação ou emprego de materiais inadequados no tubo, o Fornecedor deverá substituí-lo, atendendo ao menor prazo possível a solicitação da CPFL e sem qualquer ônus a mesma.

Se depois de notificado, o Fornecedor se recusar a efetuar as substituições solicitadas, a CPFL reserva-se o direito de executá-las e cobrar seus custos do Fornecedor, sem que isto afete a garantia do material.

#### 6.7 Programação de Fabricação e Entrega


O fornecedor deverá fazer uma programação de fabricação de maneira a atender as datas e quantidades especificadas para cada lote do fornecimento, visando reduzir o tempo de armazenamento dos tubos.

Para cada lote deverão ser realizados ensaios, conforme item 6.2 desta Especificação.

### 7. CONTROLE DE REGISTROS

Não se aplica.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	7 de 9

	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

## 8. ANEXOS

## ANEXO A – DESENHO

## TUBO DE COBRE, LIGA UNS C11000, TÊMPERA H80, DUREZA HRF 80

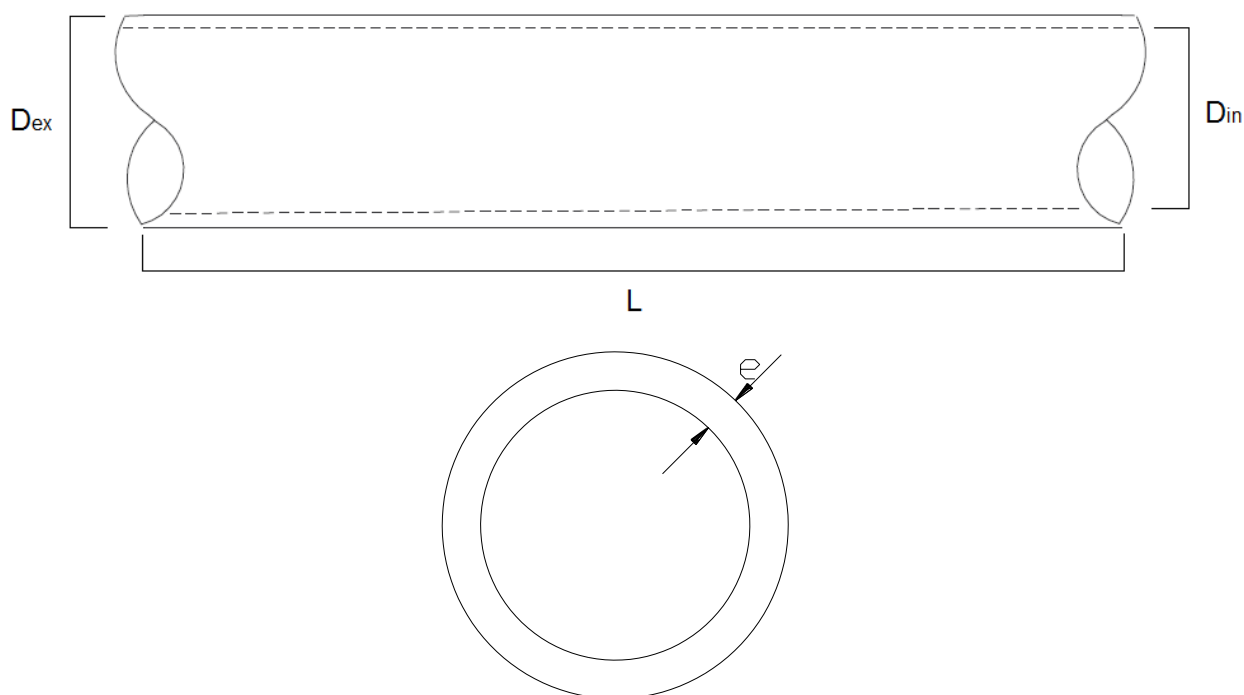



TABELA A – DIMENSÕES TUBO DE COBRE – ASTM B188

ITEM	DIMENSÕES						CÓDIGO MATERIAL
	Diâmetro Nominal IPS	Diâmetro Externo	Diâmetro Interno	Espessura	Peso (kg/m)	Comprimento	
		Dex (mm)	Din (mm)	e (mm)		L (m)	
1	1 1/4"	42,20	34,7	3,71	4,000	6,00	10-000-001-843

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	8 de 9



	Tipo de Documento:	Especificação Técnica
	Área de Aplicação:	Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento:	Tubos de Cobre para Barramentos de Subestações

## 9. REGISTRO DE ALTERAÇÕES

### 9.1 Colaboradores

Empresa	Área	Nome
CPFL Paulista	REDN	João Carlos Carneiro
RGE	REDN	Paulo Henrique Engelmann De Oliveira

### 9.2 Alterações

Versão Anterior	Data da Versão Anterior	Alterações em relação à Versão Anterior
1.0	20/09/2016	- Emissão inicial
1.1	28/09/2022	- Revisados os documentos de referência - Ajustada formatação do documento conforme norma interna vigente

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
16929	Instrução	1.1	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	25/10/2022	9 de 9