


| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Sumário

| | | |
|----|-------------------------------|----|
| 1. | OBJETIVO | 1 |
| 2. | ÂMBITO DE APLICAÇÃO | 1 |
| 3. | DEFINIÇÕES | 1 |
| 4. | DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA..... | 1 |
| 5. | RESPONSABILIDADES..... | 2 |
| 6. | REGRAS BÁSICAS | 3 |
| 7. | CONTROLE DE REGISTROS | 15 |
| 8. | ANEXOS..... | 16 |
| 9. | REGISTRO DE ALTERAÇÕES..... | 29 |

1. OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis para o fornecimento de conectores aéreos de alumínio que ligam condutores aéreos de alumínio ou cobre entre si ou a equipamentos elétricos em sistemas de potência. Não se aplica às ferragens eletrotécnicas com funções exclusivamente mecânicas, a conexões exotérmicas, conectores tipo parafuso fendido, conectores pré-formados, conectores tipo cunha e conectores elétricos isolados para linhas aéreas de distribuição.

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 NBRNM 187-1 | Materiais metálicos - Dureza Brinell - Parte 1: Medição da dureza Brinell |
| ABNT NBR 5426 | Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimento |
| ABNT NBR 5456 | Eletricidade geral – Terminologia |
| ABNT NBR 5474 | Conector elétrico – Terminologia |

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 1 de 29 |


| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

- ABNT NBR 5876 Roscas – Terminologia
- ABNT NBR 6323 Galvanização de produtos de aço e ferro fundido – Especificação
- ABNT NBR 7398 Produto de Aço e Ferro Fundido Galvanizado por Imersão a Quente - Verificação da Aderência do Revestimento - Método de Ensaio
- ABNT NBR 8094 Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição a névoa salina – Método de ensaio
- ABNT NBR 9326 Conectores para cabos de potência Ensaio de ciclos térmicos e curtos-circuitos – Método de ensaio
- ABNT NBR 10107 Parafusos com cabeça sextavada e rosca total – Grau de produto C – Dimensões e tolerâncias
- ABNT NBR 11788 Conectores de alumínio para ligações aéreas de condutores elétricos em sistemas de potência
- ABNT NBR/ISO 68-1 Rosca métrica ISO de uso geral - Perfil básico - Parte 1: Rosca métrica para parafusos
- ABNT NBR/ISO 261 Rosca Métrica ISO de Uso Geral - Plano Geral
- ABNT NBR/ISO 724 Rosca métrica ISO de uso geral - Dimensões básicas
- ABNT NBR/ISO 965-1 Rosca métrica ISO de uso geral - Tolerâncias - Parte 1: Princípios e dados básicos
- ASTM B26/B26M Standard Specification for Aluminum-Alloy Sand Castings
- ASTM B179 Standard Specification for Aluminum Alloys in Ingot and Molten Forms for Castings from All Casting Processes
- ASTM B209/B209M Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate
- ASTM B210/210M Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Drawn Seamless Tubes
- ASTM B221/B221M Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Extruded Bars, Rods, Wire, Profiles, and Tubes
- ASTM E1004 Standard Test Method for Determining Electrical Conductivity Using the Electromagnetic (Eddy Current) Method
- ASTM E3061 Standard Test Method for Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (Performance Based Method)
- ANSI/NEMA CC 1 Electric power connectors for substations

5. RESPONSABILIDADES

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

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 2 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

6. REGRAS BÁSICAS

6.1 Características Gerais

Os conectores de alumínio deverão ser projetados e fabricados, conforme sua classe de tensão, para instalação em sistemas elétricos de potência com tensão máxima de operação de acordo com a tabela abaixo.

| Classe de tensão | Tensão máxima de operação |
|------------------|---------------------------|
| 138 kV | 145 kV |
| 69 kV | 72,5 kV |
| 34,5 kV | 36,2 kV |

Os parafusos, porcas e arruelas necessárias à fixação dos conectores nos terminais dos equipamentos deverão ser fornecidos pelo fabricante.

Nos desenhos contidos no Anexo B deste documento, serão indicados, basicamente, as formas e dimensões dos conectores, devendo o fabricante complementar os dados ausentes e/ou complementares.

Ligas distintas das especificadas nos itens a seguir poderão ser consideradas, desde que sejam fornecidos dados suficientes pelo fabricante, com indicações das respectivas normas, com detalhamento da composição química, para permitir à CPFL uma perfeita avaliação da alternativa proposta.

6.2 Condições de Utilização

Todos os conectores 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/m²
- Grau de poluição: não inferior ao nível médio de poluição descrito na ABNT IEC/TR 60815

6.3 Materiais

Os conectores devem ser fabricados com materiais de primeira qualidade de procedência idônea, a fim de suportarem as condições elétricas, mecânicas e químicas (corrosão) a que são submetidos em uso nos sistemas de potência.

- a) Elementos fundidos para conectores de parafuso devem ser em liga de alumínio de primeira fusão, referências ASTM B26 e ASTM B179, com as seguintes características:

| | | | | | |
|--|------------|---------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | | | Sem tratamento térmico | Com tratamento térmico |
| i. Limite mínimo de resistência à tração | | | | 131 MPa | 207 MPa |
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | | Data Publicação: Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | | 25/10/2022 3 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

| | | |
|--------------------------------------|----------|----------|
| ii. Limite mínimo de escoamento | 80 MPa | 137 MPa |
| iii. Alongamento mínimo (c.p. 50 mm) | 3% | 2% |
| iv. Condutividade elétrica mínima | 32% IACS | 34% IACS |

b) Elementos fundidos para conectores de compressão devem ser em liga em alumínio de primeira fusão, referência ASTM B179, com as seguintes características:

- i. Limite mínimo de resistência à tração – 62 Mpa
- ii. Limite mínimo de escoamento – 27,5 Mpa
- iii. Condutividade elétrica mínima a 20 °C – 57% IACS

c) Elementos extrudados, destinados à compressão, devem ser em liga de alumínio, referência ASTM B210/B210M, com pureza mínima de 99,00% e com as seguintes características:

- Ho
- i. Limite mínimo de resistência à tração - 76 Mpa
 - ii. Limite mínimo de escoamento - 24 MPa
 - iii. Alongamento mínimo (c.p. 50 mm) - 25%
 - iv. Condutividade elétrica mínima a 20°C - 57%IACS
 - v. Dureza Brinell - 20

Nota: Ho, têmpera especificada na ASTM-B-209

d) Elementos extrudados diversos, destinados a conectores de parafuso, devem ser em uma das três ligas de alumínio abaixo, referência ASTM B221/B221M, não recozido, com as seguintes características:

| | Liga A | Liga B | Liga C |
|--|---------|---------|---------|
| i. Limite mínimo de resistência à tração | 262 MPa | 155 MPa | 207 MPa |
| ii. Limite mínimo de escoamento | 242 MPa | 136 MPa | 172 MPa |
| iii. Alongamento mínimo (c.p. 50 mm) | 10% | 15% | 10% |
| iv. Condutividade elétrica mínima a 20°C | 41%IACS | 55%IACS | 53%IACS |


e) Parafusos, porcas, grampos U ou partes de fixação sujeitas a esforços mecânicos devem ser em liga de alumínio com teor máximo de cobre de 4,9%, referência ASTM B221/B221M, com as seguintes características:

- i. Limite mínimo de resistência à tração – 380 MPa;
- ii. Limite mínimo de escoamento – 270 MPa;
- iii. Alongamento mínimo (c.p. 50 mm) – 10%.

f) Se previamente combinado entre comprador e fabricante, os parafusos, porcas, grampos U ou partes de fixação sujeitas a esforços mecânicos podem ser fabricados em aço zincado, com as seguintes características:

- i. Limite mínimo de resistência à tração – 420 MPa;

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 4 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

- ii. Limite mínimo de escoamento – 300 MPa;
 - iii. Alongamento mínimo (c.p. 50 mm) – 25%.
- g) O material para confecção de arruelas de pressão (dispositivos elásticos) deve ser em liga de alumínio classificada na ASTM B221/B221M como liga 7075, como têmpera T6, apresentando as seguintes características:
- i. Limite mínimo de resistência à tração – 550 MPa;
 - ii. Limite mínimo de escoamento – 490 MPa;
 - iii. Alongamento mínimo (c.p. 50 mm) – 70%.
- h) Mediante acordo entre comprador e fabricante, pode ser usado aço inoxidável para os itens f) e g) acima, observando-se as mesmas características mínimas exigidas para os respectivos aços zincados.
- i) O composto antióxido a ser aplicado nos conectores deve atender as seguintes condições:
- i. Ser insolúvel em água, não tóxico, quimicamente neutro em relação aos materiais em contato e resistente à atmosfera industrial e marítima;
 - ii. Suportar, sem alterar suas características, a execução do ensaio de ciclos térmicos;
 - iii. Ter ponto de gota mínimo de 170°C;
 - iv. Manter suas propriedades em temperatura de até -5°C;
 - v. Ter ponto de fulgor superior a 200°C;
 - vi. Ter grau de penetração 290;
 - vii. Ser bom condutor elétrico;
 - viii. Ter teor de partículas de zinco em suspensão variando entre 16% e 40%, desde que atendidas todas as exigências relacionadas de a a g.

O revestimento de zinco dos parafusos, porcas, grampos U e arruelas de aço devem ser obtidos pelo processo de imersão a quente conforme especificado na ABNT NBR 6323. O zinco do revestimento deve ser do tipo comum com teor máximo de alumínio de 0,01%.

O fabricante pode utilizar outros materiais que não os indicados acima, desde que estes atendam aos requisitos e características físicas exigidos neste capítulo e os conectores finais fabricados com estes materiais resistam aos ensaios de tipo indicados em 6.9.1.

6.4 Fabricação

O conector deve ter superfície lisa, ser isento de trincas, inclusões, rebarbas, etc. As bordas não devem apresentar arestas vivas que possam danificar o condutor.


Os conectores do tipo compressão devem ser projetados e fabricados de modo que, quando submetidos à compressão com ferramentas e matrizes circunferenciais, ovais ou hexagonais apropriadas ao conector, a compressão resultante seja uniforme de maneira a não danificar o encordoamento dos condutores e a impossibilitar a penetração de água ou umidade.

Os grampos de ancoragem e luvas de emenda de compressão para cabos CAA devem possuir orifícios adequados à aplicação do composto antióxido e respectivos dispositivos destinados à vedação destes cabos.

Os conectores devem ser do tipo anticorona, de forma arredondada, de modo a atender às exigências relativas aos níveis de rádio interferência e corona visual.

Os parafusos e porcas devem ter rosca métrica e estar conforme as ABNT NBR/ISO 261, ABNT NBR/ISO 68-1 e ABNT NBR 10107.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 5 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Os parafusos, porcas, arruelas, grampos U e demais dispositivos de fixação sujeitos a esforços mecânicos devem ser anodizados e selados com cromatos como medida adicional de proteção anticorrosiva. A espessura desse revestimento deve ser de 5 µm, no mínimo.

O revestimento de zinco dos parafusos, porcas, grampos U e arruelas de aço deverá:

- Ser aplicado após usinagem das roscas, devendo-se remover o excesso de zinco. Somente roscas internas das porcas podem ser repassadas, de modo a permitir um deslocamento manual ao tango do parafuso, sem uso de ferramentas;
- Estar isento de irregularidades como inclusões de fluxo, borras e outros. Eventuais diferenças de brilho, cor ou cristalização não são consideradas defeitos;
- Ser contínuo e uniforme, devendo suportar no ensaio de uniformidade (Preece) o seguinte número de imersões:
 - Partes lisas: seis imersões;
 - Roscas externas e arestas: quatro imersões;
 - Roscas internas: não exigido;
- Ter massa e espessura mínima como indicado na Tabela 1;
- Ter aderência que satisfaça ao indicado na ABNT NBR 7398.

Nos conectores de parafuso devem ser utilizadas as arruelas lisa e de pressão para impedir o afrouxamento dos parafusos. Se utilizado parafuso de aço, a arruela de pressão deve ser de aço e do tipo simples ou cônica (beleville) ou outro tipo qualquer que tenha a mesma finalidade.

6.5 Identificação

Os conectores devem ser identificados de modo legível e indelével através das seguintes indicações mínimas:

- Nome ou marca comercial do fabricante e código de catálogo;
- Bitola em mm² e/ou AWG/MCM do maior e do menor condutor a que se aplica;
- Tipo do condutor a que se aplica.

Os conectores de compressão devem, além do citado acima, trazer indicações do índice da matriz aplicável e do número de compressões, com indicação das partes a serem comprimidas.

Os conectores de parafuso devem indicar o torque de aperto em daN.m para montagem indicado na Tabela 8.2 dos ANEXOS, a ser aplicado nos parafusos através de marcação no corpo do conector ou na cabeça destes parafusos.


6.6 Acabamento

6.7 Características mecânicas

Os conectores devem ser submetidos aos ensaios conforme 6.9.6.1, suportando, sem escorregamento do condutor ou ruptura do conector ou do condutor no trecho da conexão, os seguintes esforços mecânicos:

- Conectores de tração total – 95% do limite de resistência à tração do condutor de menor resistência à tração aplicável;
- Conectores de tração parcial – 40% do limite de resistência à tração do condutor de menor resistência à tração aplicável;
- Conectores de tração mínima – 5% da resistência nominal do mais fraco dos condutores emendados ou 900N, sendo considerado sempre o valor maior para conectores que

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 6 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

alojam condutores dos quais o menor e maior do que 13mm² (6AWG), ou 450N se o menor dos condutores for de 13mm² (6AWG), ou menos.

Os conectores que sustentam barramentos de tubo devem suportar, sem ruptura, deformação permanente ou ocorrência de trincas, a aplicação dos esforços horizontais e verticais decorrentes de cargas estáticas e de cargas dinâmicas de curtos-circuitos, a serem fixados pelo comprador.

Os conectores de parafuso devem suportar, sem ruptura ou deformação permanente, a aplicação dos torques de instalação de seus parafusos estabelecidos na Tabela 8.2 dos 8. ANEXOS, acrescidos de mais 20% desses valores. Após a aplicação do torque e desmontado o conector, a porca deve deslizar manualmente ao longo do parafuso sem apresentar problema de agarramento. Os ensaios devem ser realizados conforme 6.9.6.2.

6.7.1 Teor de cobre nas ligas de alumínio

A percentagem de cobre na composição das ligas de alumínio utilizadas nos conectores, a ser verificada conforme 6.9.6.4, deve ser, no máximo, de 0,2%, à exceção das ligas referidas em e) e g).

6.8 Características elétricas

6.8.1 Resistência elétrica e aquecimento

A resistência elétrica do conector deve ser, no máximo, igual à resistência elétrica do condutor a que se aplica, quando medida como indicado em 6.9.5.2.

A elevação de temperatura em qualquer ponto do conector não deve exceder a elevação de temperatura do condutor que apresenta a maior elevação de temperatura para o qual foi projetado, quando ensaiado como indicado em 6.9.5.1.

6.8.2 Ciclos térmicos com curtos-circuitos


Os conectores devem ser submetidos aos ensaios de ciclos térmicos e curtos-circuitos conforme 6.9.5.3 e terem as duas séries de ciclos térmicos de envelhecimento e o conjunto intercalado de curtos-circuitos definidos conforme abaixo:

- Primeira série de 200 ciclos térmicos de envelhecimento aplicada em qualquer conector;
- Conjunto de quatro curtos-circuitos aplicado em qualquer conector;
- Segunda série final de 500 ciclos térmicos de envelhecimento.

A elevação de temperatura do condutor de referência em relação à temperatura ambiente, em cada período de aquecimento das duas séries de ciclos térmicos de envelhecimento, deve ser igual a 100°C ± 2°C e ser mantida estabilizada neste valor durante 15 min, pelo menos. O resfriamento subsequente pode ser obtido através de resfriamento natural ou ventilação forçada, com a finalidade de se reduzir a duração de cada ciclo, e deve ser prolongada até que a temperatura do condutor de referência atinja, no máximo, 5°C acima da temperatura ambiente.

Na aplicação do conjunto de quatro curtos-circuitos, para cada um deles, deve ser aplicada, com duração de 1s, a corrente com densidade de 100 A/mm² para condutores de até 300 mm² de seção útil efetiva, ou de 30 kA para condutores de seção útil efetiva acima de 300 mm². Na aplicação do primeiro curto-circuito, o condutor de referência deve estar na temperatura ambiente para condutores de seção útil efetiva de até 300 mm² ou com uma elevação de 70°C

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 7 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

acima da temperatura ambiente para condutores de seção útil efetiva acima de 300 mm². O intervalo de tempo entre duas aplicações sucessivas de curtos-circuitos deve ser suficiente para que a temperatura do conector atinja o máximo de 5°C acima de sua temperatura inicial de aplicação dos curtos-circuitos.

Os critérios de desempenho a serem utilizados são os seguintes:

- A resistência elétrica inicial de montagem da conexão deve ser no máximo igual a resistência elétrica do condutor de referência.
- Nos primeiros 200 ciclos de aquecimento, antes da aplicação do conjunto de curtos-circuitos, devem ser feitas leituras dos valores de resistência da conexão de 10 em 10 ciclos, não devendo nenhum destes valores superar em 5% o valor médio obtido destes valores. Os 20 primeiros ciclos devem ser utilizados para estabilizar a corrente de ensaio.
- Após a série de curtos-circuitos devem ser feitas leituras de resistência da conexão de 25 em 25 ciclos, não devendo nenhum dos valores medidos ultrapassar 5% do valor médio obtido destes valores.
- Devem ser calculadas as médias das 10 últimas leituras de resistências do primeiro e segundo conjunto de medidas, não devendo o segundo valor médio ultrapassar 5% do primeiro valor médio.
- A temperatura dos conectores não deve exceder a temperatura do condutor de referência no fim do período de aquecimento de cada ciclo.
- Nos primeiros 200 ciclos de aquecimento, antes da aplicação do conjunto de curtos-circuitos, devem ser feitas leituras dos valores de temperatura dos conectores de 10 em 10 ciclos e a variação máxima das sobrelevações das temperaturas na conexão em relação ao valor médio obtido destes valores deve ser de 5°C. A sobrelevação da temperatura deve ser considerada em relação à temperatura ambiente da sala de ensaio.
- Após a série de curtos-circuitos devem ser feitas leituras de temperatura dos conectores de 25 em 25 ciclos e a variação máxima das sobrelevações das temperaturas na conexão em relação ao valor médio obtido destes valores deve ser de 5°C.
- Devem ser calculadas as médias das 10 últimas sobrelevações de temperatura do primeiro e segundo conjunto de medidas, não devendo o segundo valor médio ultrapassar 5°C do primeiro valor médio.

Nota: Para os conectores de massa muito reduzida, podem surgir dificuldades na obtenção dos valores limites especificados nas alíneas d) e e) acima, devendo estes critérios de desempenho serem acordados entre comprador e fabricante até a obtenção de dados experimentais significativos que permitam definir valores adequados.


Após o término do ensaio, o conector deve ser aberto, não devendo apresentar sinais visíveis de aquecimento local ou partes fundidas ou danificadas.

6.8.3 Radio interferência e corona

O comprador deve indicar a tensão máxima de operação do sistema em que deve ser utilizado o conector anticorona.

A tensão de extinção do corona visual deve ser igual ou superior a 110% da tensão máxima de operação do sistema e o nível de tensão de radio interferência deve ser, no máximo, 200 µV nesta tensão, salvo especificação diferente do comprador.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 8 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

6.9 Ensaios

Os conectores, seus componentes e a matéria-prima para sua fabricação deverão ser submetidos a todos os ensaios de tipo e de recebimento, indicados neste capítulo.

A CPFL reserva-se o direito de inspecionar os conectores e os materiais abrangidos por esta Especificação, tanto no período de fabricação como no de ensaios finais e, também, na época do embarque. A inspeção deve incluir uma verificação geral e a execução dos ensaios de tipo e de recebimento.

Os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratórios oficiais reconhecidos pela CPFL. Os ensaios de recebimento devem ser executados por ocasião do recebimento, nas instalações do fabricante.

De comum acordo com a CPFL, o fabricante pode substituir a execução de qualquer ensaio de tipo pelo fornecimento de relatório/certificado de ensaio executado em conector idêntico, com data não superior a 24 meses.

Fica assegurado ao inspetor da CPFL o direito de presenciar os ensaios, familiarizar-se detalhadamente com as instalações e equipamentos de ensaios, verificar e dirigir calibrações de aparelhos e instrumentos, conferir resultados e exigir a repetição de ensaios, se necessários e a seu critério. Fica ainda assegurado ao inspetor da CPFL o direito de assistir a quaisquer das fases de fabricação desses conectores.

Os conectores rejeitados nos ensaios de recebimento, mas pertencentes a lotes aceitos, devem ser substituídos por unidades novas e perfeitas, pelo fabricante, sem ônus para a CPFL.

Os custos envolvidos na realização dos ensaios de tipo e de recebimento são de inteira responsabilidade do fabricante.

A inspeção e ensaios deverão ser programados para dias úteis e durante o horário comercial, exceto para ensaios cuja realização se comprove ser necessária fora deste período. Casos excepcionais serão analisados e aprovados ou não pela CPFL.

As inspeções a serem executados durante a fabricação deverão ter a data de sua realização comunicada à CPFL com pelo menos 30, trinta, dias de antecedência, em cumprimento ao Plano de Controle de Qualidade.


A inspeção e ensaios finais somente poderão ser realizados após a aprovação dos modelos dos relatórios de inspeção e ensaios. Caso contrário, a CPFL terá o direito de não aceitar os resultados obtidos, exigindo a repetição da inspeção ou ensaios pertinentes, sendo os resultados, então, transcritos nos modelos aprovados. Os atrasos decorrentes e os encargos pela repetição dessa inspeção ou ensaios serão de inteira responsabilidade do Fornecedor.

A CPFL deverá ser comunicada pelo Fornecedor, com pelo menos 10, dez, dias de antecedência, da data em que o conector estiver pronto para a inspeção final. Para tanto deverá ser enviada uma programação de inspeção contendo as datas de início de realização de todos os ensaios, indicando os locais de realização e a duração prevista de cada um deles.

No caso de falha do conector em quaisquer dos ensaios a que for submetido, o Fornecedor, na presença do Inspetor CPFL, deverá verificar e determinar as causas da falha ou ocorrência, emitindo um relatório detalhado antes de proceder a qualquer modificação ou reparo. Esse relatório deverá conter:

- Tipo e causas do defeito ou falha;
- Correção a ser adotada;
- Referências do conector;
- Demais informações que forem julgadas necessárias.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|---------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 9 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

No prazo máximo de 10, dez, dias o Fornecedor deverá enviar 03, três, vias desse relatório à CPFL, que analisará a amplitude do defeito, com base no disposto no item 6.9.7 desta Especificação, antes de determinar a sequência e os tipos de ensaios a serem requeridos em prosseguimento, sem quaisquer ônus à CPFL.

6.9.1 Ensaios de tipo

São ensaios de tipo os indicados a seguir:

- a) Verificação geral;
- b) Tração do conector;
- c) Torque dos parafusos;
- d) Tração com cunha nos parafusos;
- e) Efeito mecânico sobre o condutor tronco;
- f) Medição da condutividade da liga;
- g) Revestimento de zinco dos parafusos, porcas e demais partes ferrosas;
- h) Aquecimento;
- i) Medição da resistência elétrica;
- j) Dureza em conectores de compressão;
- k) Ciclos térmicos com curtos-circuitos;
- l) Tensão de rádio interferência e corona;
- m) Determinação da composição química;
- n) Névoa salina.

6.9.2 Ensaios de recebimento

São ensaios de recebimento:

- a) Verificação geral;
- b) Tração do conector;
- c) Torque dos parafusos;
- d) Tração com cunha nos parafusos;
- e) Efeito mecânico sobre o condutor tronco;
- f) Medição da condutividade da liga;
- g) Revestimento de zinco dos parafusos, porcas e demais partes ferrosas;
- h) Aquecimento;
- i) Medição da resistência elétrica;
- j) Dureza em conectores de compressão.

6.9.3 Critérios de amostragem e aceitação

Devem ser seguidos nos ensaios de recebimento os critérios de amostragem e aceitação conforme indicado na ABNT NBR 5426.


6.9.4 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:

- a) Nome ou marca comercial do fabricante;
- b) Identificação do laboratório de ensaio;

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 10 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

- c) Quantidade de conectores do lote e quantidade ensaiada;
- d) Identificação completa do conector ensaiado, conforme indicado em 6.5;
- e) Dimensões básicas e massa do conector, bem como, condutores utilizados nos ensaios;
- f) Relação e resultados dos ensaios executados;
- g) Certificado de aferição dos aparelhos utilizados nos ensaios, com data inferior a 24 meses;
- h) Número da ordem de compra;
- i) Data de início e de término de cada ensaio;
- j) Nomes legíveis e assinaturas do fabricante e do inspetor do comprador e data da emissão do relatório.

6.9.5 Procedimentos de Ensaios

Com exceção do item 6.7, último parágrafo, e 6.9.6.2, os conectores de parafusos devem ser instalados com os torques dos parafusos indicados na Tabela 8.2 do 8 ANEXOS, limitados estes torques ao valor de 2,5 da N.m.

Os conectores de compressão devem ser instalados, utilizando-se a matriz apropriada.

O composto antioxidante deve ser aplicado, quando for o caso, sobre as superfícies de contato dos condutores e do conector após escovamento destas com a escova de cerdas de aço.

Antes de serem efetuados os ensaios, o inspetor deve verificar o acabamento, os detalhes construtivos, o ajuste e deslizamento das porcas nos parafusos, dimensões, identificação e acondicionamento dos conectores.

6.9.5.1 Aquecimento

Para conectores que se aplicam a uma gama de seções de condutores, o ensaio deve ser executado usando-se o conector em combinação com:

- a) Condutores de menor capacidade de corrente;
- b) Condutores de maior capacidade de corrente, porém sob a condição de que as seções sejam as mais próximas possíveis, entre si.

Se o conector é aplicável a ligações de condutores de alumínio com alumínio e de alumínio com cobre, este deve ser ensaiado nas diversas combinações destas duas alternativas.

A distância entre o conector e a fonte de tensão ou outro conector deve ser de, no mínimo, 1000 mm ou 100 vezes o diâmetro do condutor, prevalecendo o maior valor. A extremidade do condutor, quando for o caso, deve sobressair 12 mm para além da borda da canaleta do contato do conector.


O ensaio deve ser feito à temperatura ambiente, em local abrigado, livre de correntes de ar, aplicando-se gradualmente a corrente alternada de ensaio até se atingir o valor indicado na Tabela 4 do Anexo, que deve ser mantido até a estabilização da temperatura.

Deve ser medida a temperatura do ponto mais quente do conector e esta não pode exceder a temperatura do ponto mais quente do condutor que apresente maior elevação de temperatura, ponto este localizado a uma distância mínima do conector igual a 50 vezes o diâmetro do condutor e não inferior a 500 mm.

6.9.5.2 Resistência elétrica da conexão

Devem ser comparadas as resistências elétricas de uma parte contínua do condutor e de um conjunto de mesmo comprimento total formado por duas partes do mesmo condutor conectadas pelo conector sob ensaio, tendo cada uma, comprimento L igual ao valor indicado na Tabela

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 11 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

8.3 do item 8. ANEXOS, de acordo com a área de seção reta do condutor. O condutor utilizado neste ensaio deve ser o de maior seção admitido pelo conector.

Deve ser utilizada corrente contínua de intensidade inferior a um vigésimo (1/20) da corrente utilizada para o aquecimento, conforme a Tabela 8.4 Tabela 8.3 do item 8. ANEXOS. A medição deve ser efetuada com as indicações dos instrumentos devidamente estabilizadas e estando as conexões e condutores à mesma temperatura ambiente. O valor da resistência deve ser tomado como a média aritmética de duas medidas efetuadas com polaridade oposta.

6.9.5.3 Ciclos térmicos com curtos-circuitos

Devem ser executados de acordo com a ABNT NBR 9326.

6.9.6 Mecânicos

6.9.6.1 Resistência à tração

O ensaio deve ser executado com o conector ligado aos cabos de maior resistência mecânica e também os de menor seção nominal, de tempera mais dura, respectivamente, para os quais foi projetado.

A tração mecânica deve ser aplicada gradualmente a uma velocidade das garras da máquina de tração de 15 a 20 mm por minuto por metro de distância entre garras, após o que deve ser mantida por 1 min.

O comprimento livre do condutor entre o conector e a garra da máquina de tração deve ser de, no mínimo, 4000 mm.

O valor da tração mecânica deve ser medido com precisão de 1% para conectores de tração total e de 5% para conectores de tração parcial e tração mínima.

A porção do condutor a ser inserida no conector deve ser limpa com escova de cerdas de aço e impregnada com composto antióxido, a menos que este já acompanhe o conector.

6.9.6.2 Resistência ao torque dos parafusos

O valor do torque aplicado deve ser medido com uma precisão de 5%.

Deve ser realizada esta verificação, utilizando-se todas as combinações extremas de bitolas de condutores admitidas pelo conector.

6.9.6.3 Tração com cunha nos parafusos

Este ensaio deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 8855/2013.

Este ensaio deve ser realizado apenas nos conectores de compressão.


Medições de dureza na superfície metálica dos conectores de compressão devem ser realizadas apenas naquelas áreas a serem comprimidas por ocasião da instalação desses conectores.

O valor da dureza deve atender ao que especifica 6.3 item c) ou às recomendações do fabricante para cada um de seus projetos, devendo ser medida conforme NBR 6394.

6.9.6.4 Determinação da composição química

Deve ser verificado neste ensaio, a ser realizado conforme ASTM E3061, se o teor de cobre nas ligas de alumínio não supera os percentuais indicados em 6.3 itens e) e g).

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 025/10/2022 | 12 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

6.9.6.5 Medição da composição química

Deve ser executada de acordo com a ASTM E1004.

6.9.6.6 Efeito mecânico sobre o condutor-tronco

O ensaio de efeito mecânico sobre o condutor-tronco deve ser executado de acordo com a ANSI/NEMA CC3/1983.

6.9.6.7 Revestimento de zinco

Os parafusos, porcas, arruelas, grampos U e demais componentes de aço zincado dos conectores devem ser submetidos, de acordo com a ABNT NBR 7397, aos ensaios de determinações da massa de zinco por unidade de área, de aderência, de espessura e da uniformidade desse revestimento, respectivamente.

6.9.6.8 Névoa salina

Os conectores, ensaiados de acordo com a ABNT NBR 8094, devem suportar uma exposição de 15d, no mínimo.

Os conectores, após esta exposição, devem apresentar as seguintes condições:

- Resistir aos ensaios constantes de 6.9.5.1, 6.9.5.2 e 6.9.6.1;
- Estar isento de quaisquer pontos de corrosão localizada profunda, em sua superfície, e de manchas características distribuídas de corrosão, visíveis a olho nu, nas áreas de contato elétrico do conector. Esta verificação deve ser efetuada desfazendo-se a conexão e examinando-se o conector.

6.9.6.9 Radio interferência ou corona

O ensaio deve ser executado conforme ANSI/NEMA CC-1.

6.9.7 Aceitação e Rejeição

Devem ser aceitos os conectores que satisfizerem a todos os requisitos desta Especificação Técnica, em caso contrário devem ser rejeitados.

A inspeção ou sua omissão, bem como a aceitação do conector pela CPFL não eximirão de modo algum o Fornecedor de sua responsabilidade em fornecer o conector 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 conectores inadequados ou defeituosos.


A aprovação indevida por parte do Inspetor CPFL, de material ou equipamento não será motivo de impedimento para a reprovação, posteriormente, por parte da CPFL.

A CPFL poderá rejeitar qualquer parte ou partes dos serviços os quais, após inspeção e ensaios, estiverem em desacordo com esta Especificação. Tal rejeição será feita por escrito e conterà 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 conector.

Se o número de falhas for tal que a CPFL venha a suspeitar do controle de qualidade, o lote inteiro poderá ser rejeitado.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 13 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

A rejeição do conector em virtude de falhas constatadas através de inspeção e 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 do conector 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.

6.10 Fornecimento e acondicionamento

Os conectores devem ser acondicionados de modo adequado ao transporte previsto, às condições de armazenagem e ao manuseio.

Se fornecidos em caixas, estas devem ser cintadas para maior rigidez e não devem ter pontas de pregos, parafusos ou grampos que possam danificar os conectores.

Se fornecidos com composto antióxido, os conectores devem ser embalados, individualmente, de preferência em sacos ou cápsulas de polietileno transparente incolor de espessura mínima de 0,10 mm, fechados por solda eletrônica de modo a evitarem a penetração da umidade e a reterem o composto antióxido. Esta embalagem não deve ser utilizada nas luvas de emenda e similares que devem apenas ser seladas nas extremidades e orifícios com elementos apropriados.

Não é permitida a utilização de papel e papelão simples ou ondulado, cor parda, tipo Kraft, em contato direto com os conectores, ou de maneira que, sob o efeito d'água ou da umidade, possa vir a corroê-los.

Externamente, os volumes que constituem tanto as embalagens finais como as unitárias devem trazer as seguintes indicações:

- Nome ou marca do fabricante e código de catálogo;
- Destinatário e local de entrega;
- Identificação completa do conteúdo;
- Número da ordem/contrato de compra;
- Massas bruta e líquida;
- Número de peças.

6.10.1 Armazenagem


Após a aceitação do conector na inspeção e ensaios a que for submetido, o Fornecedor deverá tomar todas as precauções e providências necessárias para o adequado armazenamento dos materiais e acessórios que, por sua natureza, fiquem sujeitos à espera para fins de transporte ou montagem na fábrica antes da entrega.

Caso os conectores e seus componentes não sejam despachados após 30, trinta, dias de sua aceitação na inspeção e ensaios, por responsabilidade única e exclusivamente imputável ao Fornecedor, a CPFL poderá determinar, a seu critério, a realização por parte do Fornecedor e sob a responsabilidade deste, de novos ensaios julgados necessários nos conectores, sem qualquer ônus à CPFL. Tais ensaios serão acompanhados pelo Inspetor, devendo o Fornecedor emitir os respectivos relatórios.

6.10.2 Embalagem e transporte

Ao término da inspeção final e liberação dos conectores, o Fornecedor poderá iniciar o processo de embalagem para posterior transporte e armazenagem.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 14 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

A embalagem dos conectores é de exclusiva responsabilidade do Fornecedor, devendo ser apropriada para transporte rodoviário.

A embalagem deverá ser feita obedecendo fundamentalmente os seguintes princípios:

- O acondicionamento dos conectores deverá ser efetuado de modo a garantir um transporte seguro em quaisquer condições, forma de transporte e limitações que possam ser encontradas, inclusive condições ambientais adversas e agressivas;
- O sistema de embalagem deverá ser tal que proteja todo o material contra quebras, danos e perdas por ruptura do encaixotamento desde a saída da fábrica até o local do destino;
- A embalagem deve ser projetada de modo a suportar e facilitar as operações de embarque e desembarque, sem prejuízo à segurança dos operadores e integridade do conector. Ela deve ser confeccionada em madeira com espessura mínima de 10 mm;
- As embalagens e o acondicionamento exclusivamente para os conectores de expansão deverão ser efetuados de tal maneira que impeçam o contato direto entre as partes para não se danificarem;

Cada volume deverá ser identificado indelevelmente, de forma legível, compatível através de uma etiqueta dentro e fora da embalagem, com no mínimo as seguintes informações: "CPFL"; Nome do Conector; Código da CPFL; Número da Nota Fiscal; Número seqüencial da caixa ou embalagem; Quantidade de peças; Peso Bruto; "Para Cima" em um ou mais lados indicando o topo da embalagem; Nome do Fornecedor.

Qualquer dano ao conector decorrente de embalagem inadequada ou defeituosa será de responsabilidade do Fornecedor, que se obrigará a substituir os conectores danificados, sem quaisquer ônus para a CPFL.

6.11 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 12, doze, meses à partir da entrada em operação ou 18, dezoito, meses à partir da data de entrega no ponto de destino citado no contrato.


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

Se após 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 conector.

7. CONTROLE DE REGISTROS

Não se aplica.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 15 de 29 |

| | |
|---|---|
|  | Tipo de Documento: Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: Conectores de Alumínio para Subestações |

8. ANEXOS

ANEXO 1 – Tabelas

Tabela 8.1 - Massa e espessura do revestimento de zinco de parafusos, porcas, grampos U e arruelas de aço

| Material | Características Construtivas (mm) | | Massa* (g/m ²) | Espessura* (μm) |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------|-----------------|
| | Diâmetro | Espessura | | |
| Parafusos e Porcas | > 9,5 | - | 380/300 | 54/43 |
| | < 9,5 | - | 300/260 | 43/37 |
| Arruelas | - | 4,8 - 6,4 | 380/300 | 54/43 |
| | - | < 4,8 | 300/260 | 43/37 |

*Valores correspondentes à média individual

Tabela 8.2 - Torque de instalação dos parafusos

| Parafuso | Torque (daN.m) | |
|----------|----------------|--------------------|
| | Alumínio | Aço/Bronze-Silício |
| M8 | 0,8 | 2,1 |
| M10 | 1,5 | 3,0 |
| M12 | 3,0 | 4,7 |
| M14 | 4,5 | 6,5 |
| M16 | 6,5 | 7,6 |

Tabela 8.3 - Comprimento L de acordo com a seção reta do condutor

| Área (mm ²) | ≤ 25 | > 25 ≤ 50 | > 50 ≤ 120 | > 120 ≤ 240 | > 240 ≤ 400 | > 400 ≤ 630 |
|-------------------------|------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| L (mm) | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | 650 |

Tabela 8.4 - Correntes para ensaio de aquecimento

| Fios e Cabos Condutores | | | Tubos Condutores | | | | |
|-----------------------------------|--------------|----------|-------------------------------------|--------------|--------|----------|--------|
| Seção Nominal mm² (AWG/MCM) | Corrente (A) | | Diâmetro Nominal mm (IPS)* | Corrente (A) | | | |
| | Cobre | Alumínio | | Cobre | | Alumínio | |
| | | | | Normal | Pesado | Normal | Pesado |
| 8 (8) | 60 | - | 15 (1/2) | 380 | 420 | 335 | 383 |
| 13 (6) | 80 | 70 | 20 (3/4) | 540 | 590 | 426 | 484 |
| 21 (4) | 110 | 90 | 25 (1) | 650 | 750 | 569 | 644 |
| 34 (2) | 155 | 120 | 32 (1 1/4) | 870 | 975 | 724 | 830 |
| 53 (1/0) | 200 | 160 | 40 (1 1/2) | 1020 | 1150 | 841 | 968 |
| 67 (2/0) | 230 | 185 | 50 (2) | 1250 | 1500 | 1064 | 1250 |
| 85 (3/0) | 265 | 215 | 65 (2 1/2) | 1700 | 1975 | 1452 | 1670 |
| 107 (4/0) | 305 | 250 | 80 (3) | 2175 | 2475 | 1777 | 2059 |
| 127 (250) | 345 | - | 90 (3 1/2) | 2575 | 2875 | 2069 | 2410 |
| 152 (300) | 390 | 315 | 100 (4) | 2850 | 3100 | 2373 | 2772 |
| 170 (336,4) | - | 335 | 125 (5) | 3450 | 3850 | 3027 | 3570 |
| 203 (400) | 460 | - | 152 (6) | 4000 | 4500 | 3724 | 4474 |
| 242 (477) | - | 406 | - | - | - | - | - |

*IPS – Iron Pipe Size

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 16 de 29 |


| | |
|---|---|
|  | Tipo de Documento: Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: Conectores de Alumínio para Subestações |


Tabela 8.5 - Procedimento para amostragem e critério de aprovação para ensaios de recebimento

| Tamanho do Lote | Inspeção Visual Verificação Dimensional | | | | Resistência à Tração Resistência à Torção Efeito Mecânico sobre os Condutores | | | | Condutividade Dureza Superficial Aquecimento Resistência Elétrica da Conexão Espessura da Camada de Estanho Revestimento de Zinco | | | | Tração com Cunha nos Parafusos | | |
|-----------------|--|------|----|----|---|------|----|----|--|------|----|----|--------------------------------|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Amostra | | Ac | Re | Amostra | | Ac | Re | Amostra | | Ac | Re | Amostra | Ac | Re |
| | Seq. | Tam. | | | Seq. | Tam. | | | Seq. | Tam. | | | | | |
| Até 150 | - | 13 | 0 | 1 | - | 13 | 0 | 1 | - | 8 | 0 | 1 | 5 | 0 | 1 |
| 151 a 500 | 1ª | 32 | 0 | 2 | - | 13 | 0 | 1 | - | 8 | 0 | 1 | | | |
| | 2ª | 32 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 501 a 1200 | 1ª | 50 | 0 | 3 | - | 13 | 0 | 1 | - | 8 | 0 | 1 | 20 | 1 | 2 |
| | 2ª | 50 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | |
| 1201 a 3200 | 1ª | 80 | 1 | 4 | 1ª | 32 | 0 | 2 | - | 8 | 0 | 1 | | | |
| | 2ª | 80 | 4 | 5 | 2ª | 32 | 1 | 2 | | | | | | | |
| 3201 a 10000 | 1ª | 125 | 2 | 5 | 1ª | 32 | 0 | 2 | 1ª | 20 | 0 | 2 | | | |
| | 2ª | 125 | 6 | 7 | 2ª | 32 | 1 | 2 | 2ª | 20 | 1 | 2 | | | |
| 10001 a 35000 | 1ª | 200 | 3 | 7 | 1ª | 32 | 0 | 2 | 1ª | 20 | 0 | 2 | | | |
| | 2ª | 200 | 8 | 9 | 2ª | 32 | 1 | 2 | 2ª | 20 | 1 | 2 | | | |

Notas:

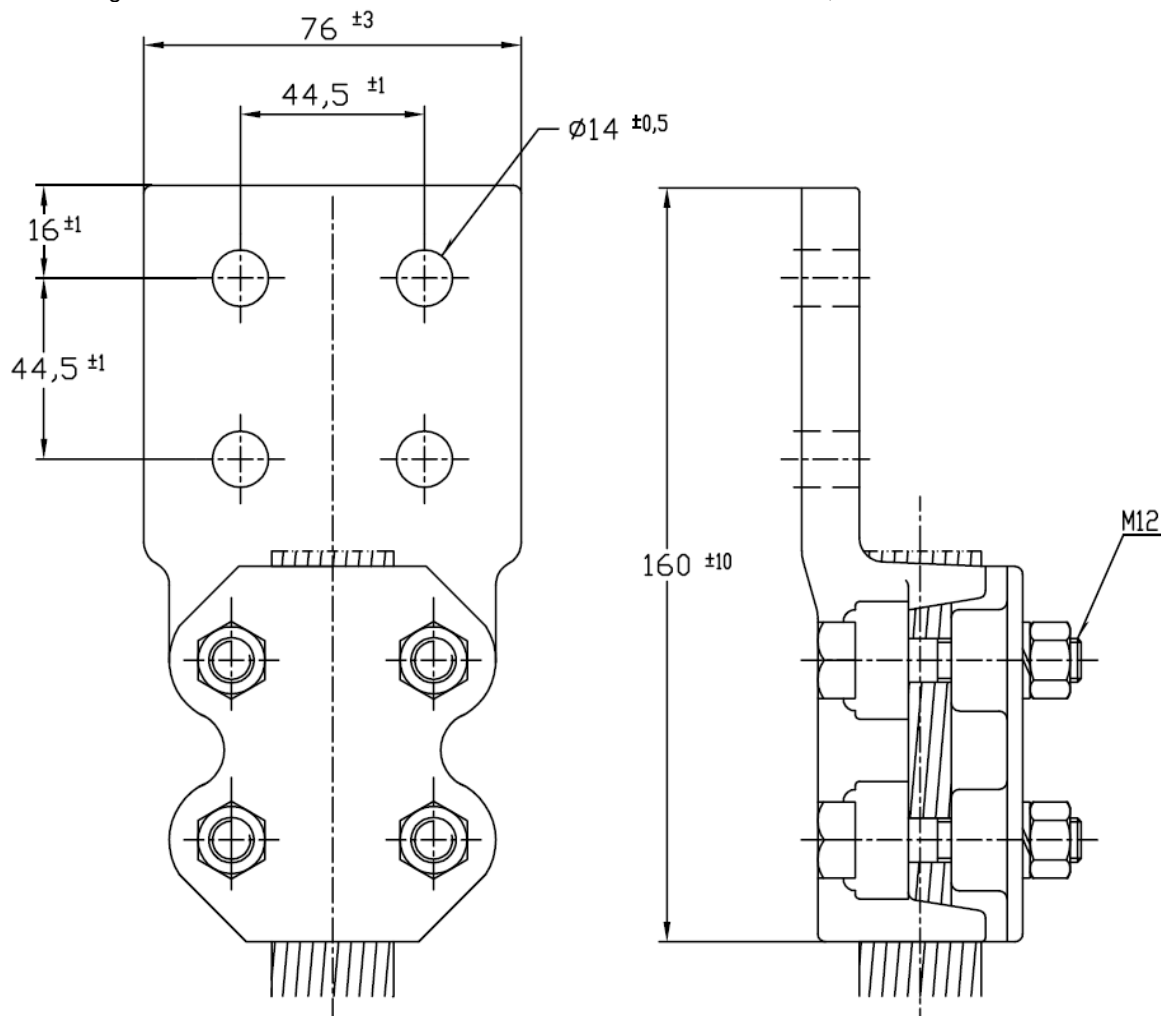
- Ac – número de conectores defeituosos que ainda permite aceitar o lote; Re - número de conectores defeituosos que implica a rejeição do lote.
- Para a amostragem dupla, o procedimento deve ser o seguinte: ensaia-se um numero inicial de unidades igual ao da primeira amostra obtida na Tabela. Se o número de unidades defeituosas encontrado estiver compreendido entre Ac e Re (excluindo estes valores), deve-se ensaiar a segunda amostra. O total de unidades defeituosas encontrado após ensaiadas as duas amostras deve ser igual ou inferior ao maior Ac especificado.
- A amostra dos parafusos para o ensaio de tração com cunha nos parafusos de aço deve ser constituída retirando-se, aleatoriamente, um parafuso de cada conector pertencente ao lote.
- Planos de amostragem (NBR 5426),
 - Verificação geral: amostragem dupla, nível II , NQA 1,0%;
 - Tração, torque dos parafusos, efeito mecânico sobre o condutor-tronco: amostragem dupla, nível S4, NQA 1,0%;
 - Condutividade, revestimento de zinco, aquecimento e resistência elétrica: amostragem dupla, nível S3, NQA 1,5%;
 - Tração com cunha nos parafusos de aço: amostragem simples, nível S3, NQA 2,5%.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 17 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

ANEXO 2 – Desenhos e Código dos Materiais

Figura 1 - A – CONECTOR TERMINAL RETO CABO 4/0 AWG A 397,5 MCM CA – CHAPA 4N

**CÓDIGO MATERIAL: 10-000-030-809**

Aplicação: Ligação de condutores de Alumínio (CA ou CAA) de 4/0 AWG a 397,5 MCM a barramento com 4 furos NEMA (Chapa 4N).

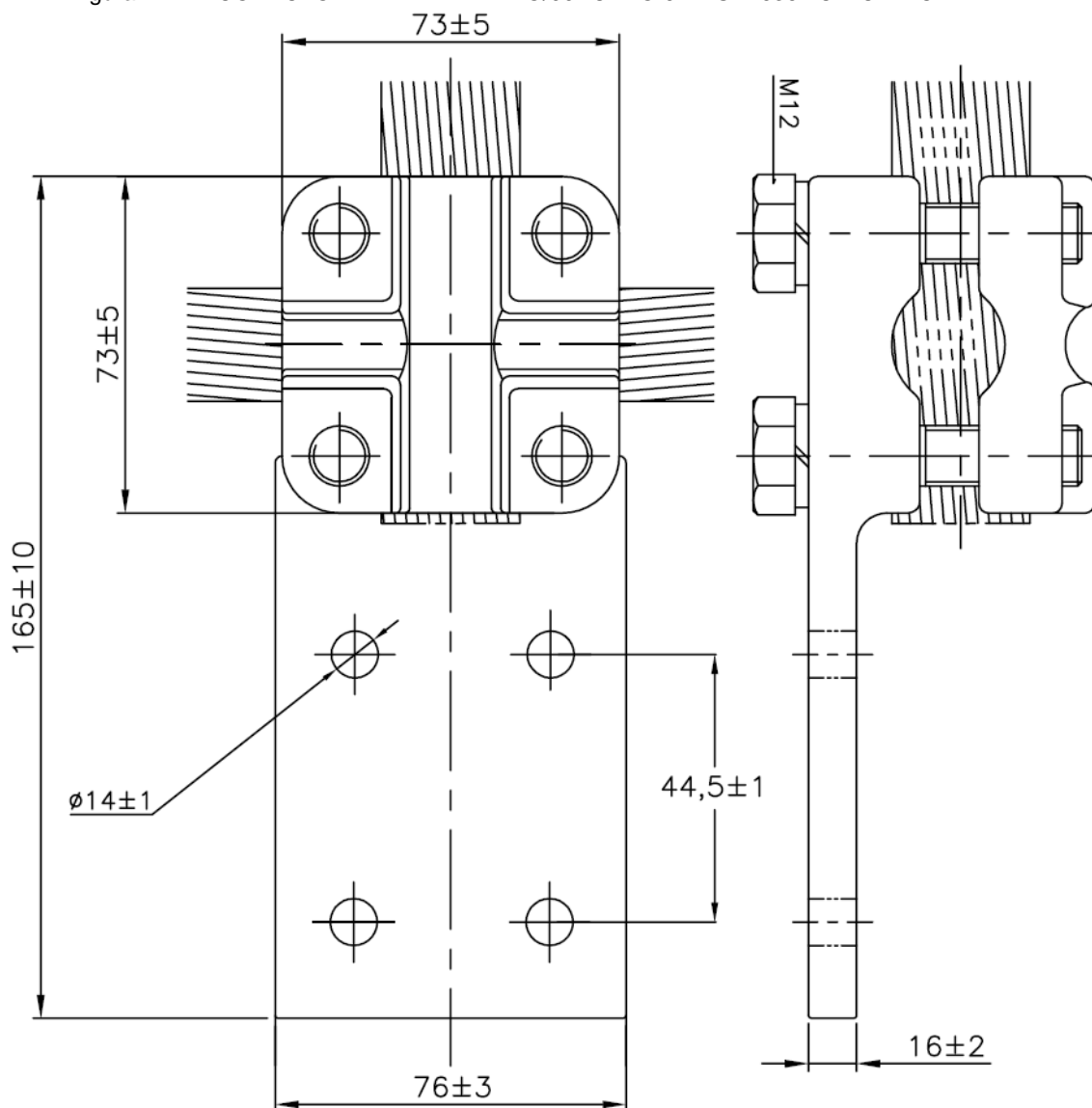
Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas (inclusive da chapa) em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 18 de 29 |



| | |
|----------------------|---|
| Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 2 - B – CONECTOR TERMINAL RETO/90° CABO 6AWG A 636MCM CA – CHAPA 4N



CÓDIGO MATERIAL: 10-000-039-976

Aplicação: Ligação reta ou 90° de condutores de Alumínio (CA ou CAA) de 6AWG a 636MCM a barramento com 4 furos NEMA (Chapa 4N).

Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas (inclusive da chapa) em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 19 de 29 |


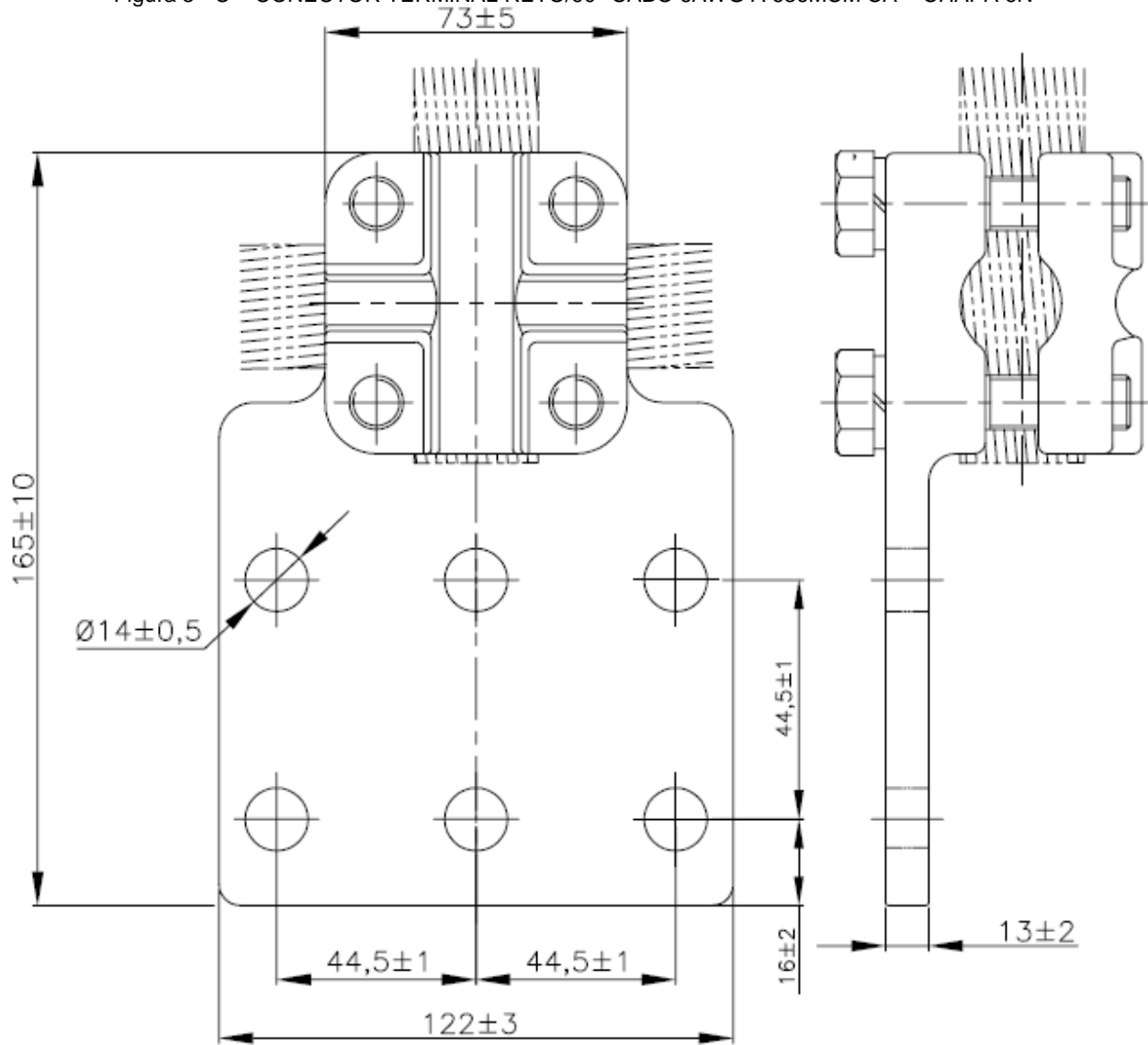
| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 3 - C – CONECTOR TERMINAL RETO/90° CABO 6AWG A 636MCM CA – CHAPA 6N



CÓDIGO MATERIAL: 10-000-030-826

Aplicação: Ligação reta ou a 90° de condutores de Alumínio (CA ou CAA) de 6AWG a 636MCM a barramento com 6 furos NEMA (chapa 6N).

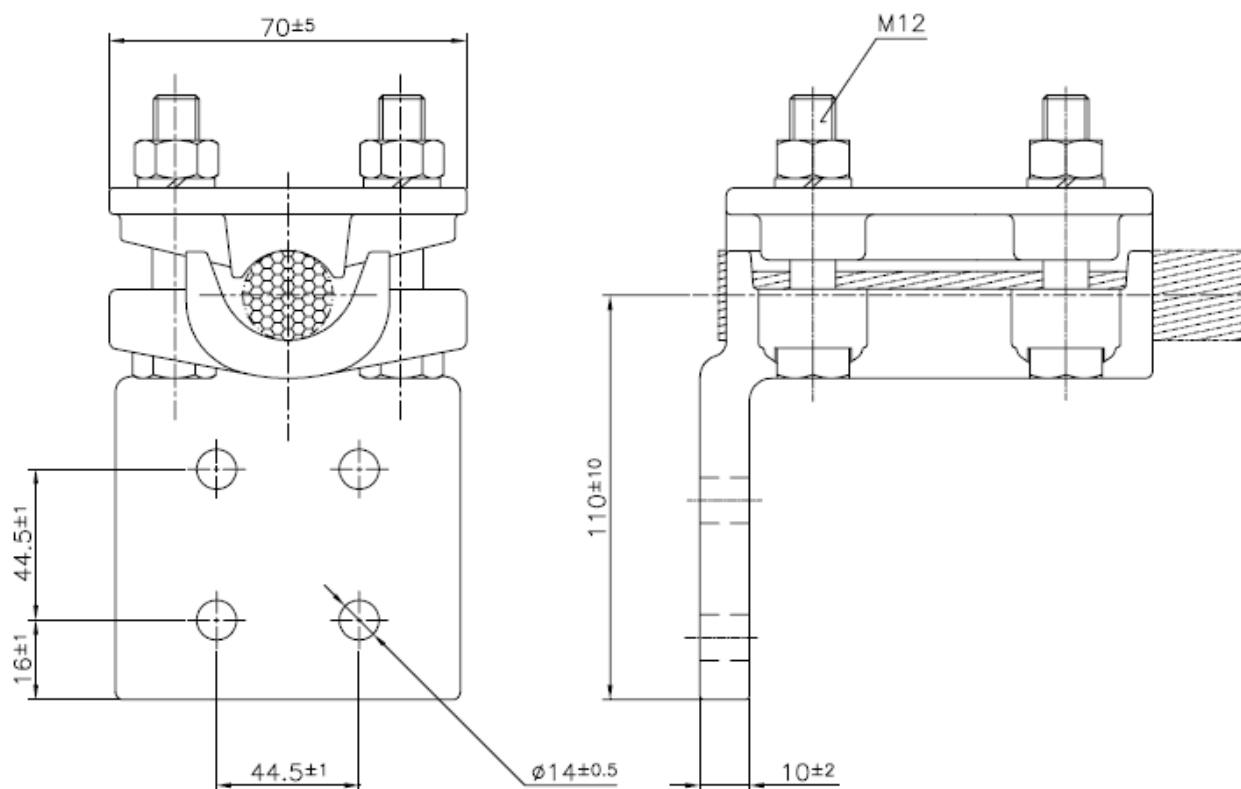
Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas (inclusive da chapa) em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 20 de 29 |



| | |
|----------------------|---|
| Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 4 - D – CONECTOR TERMINAL 90° CABO 336 A 477MCM CA – CHAPA 4N



CÓDIGO MATERIAL: 10-000-030-857

Aplicação: Ligação a 90° de condutores de Alumínio (CA ou CAA) de 336 a 477MCM CA a barramento com 4 furos NEMA (chapa 4N).

Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas (inclusive da chapa) em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 21 de 29 |


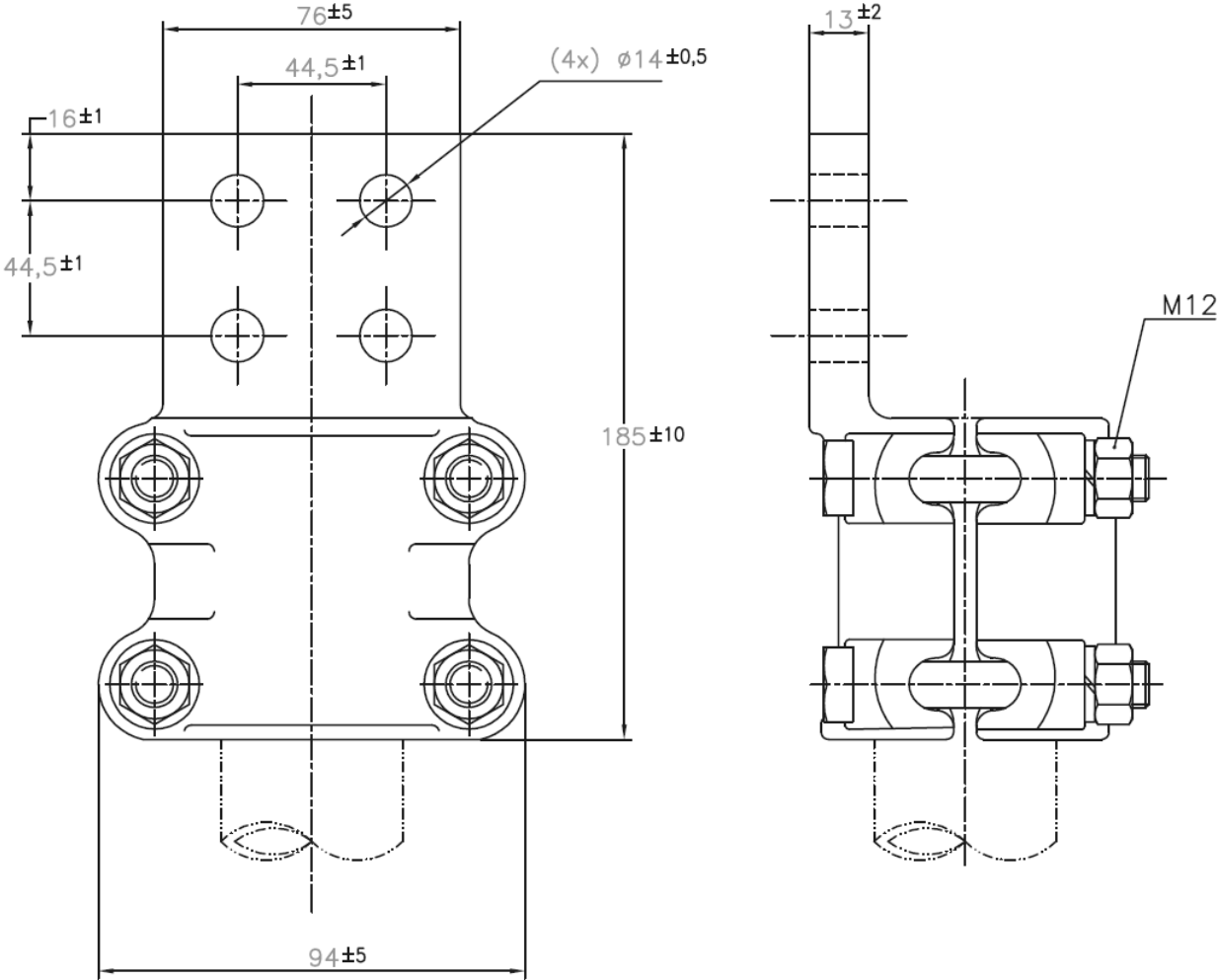
| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 5 - E – CONECTOR TERMINAL RETO TUBO 1 ½ " IPS – CHAPA 4N



CÓDIGO MATERIAL: 10-000-030-797

Aplicação: Ligação tubo de Alumínio 1 ½ " IPS a barramento com 4 furos NEMA (chapa 4N).

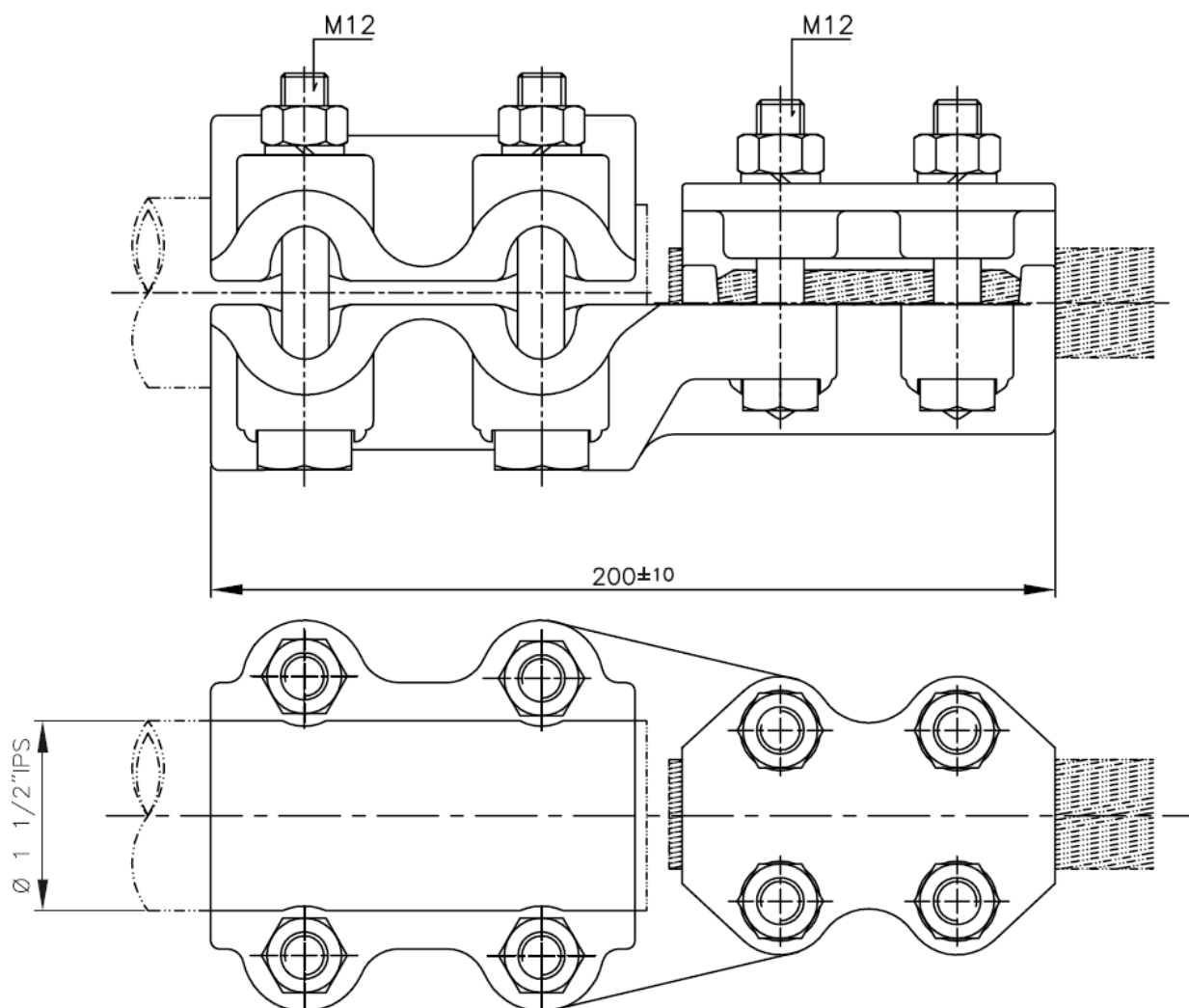
Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas (inclusive da chapa) em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 22 de 29 |



| | |
|----------------------|---|
| Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 6 - A – CONECTOR ADAPTAÇÃO TUBO 1 1/2" IPS A CABO 336 A 477MCM



CÓDIGO MATERIAL: 10-000-039-957

Aplicação: Emenda reta de tubo de Alumínio 1 1/2" IPS a condutor de Alumínio (CA ou CAA) de 336 a 477 MCM.

Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 23 de 29 |


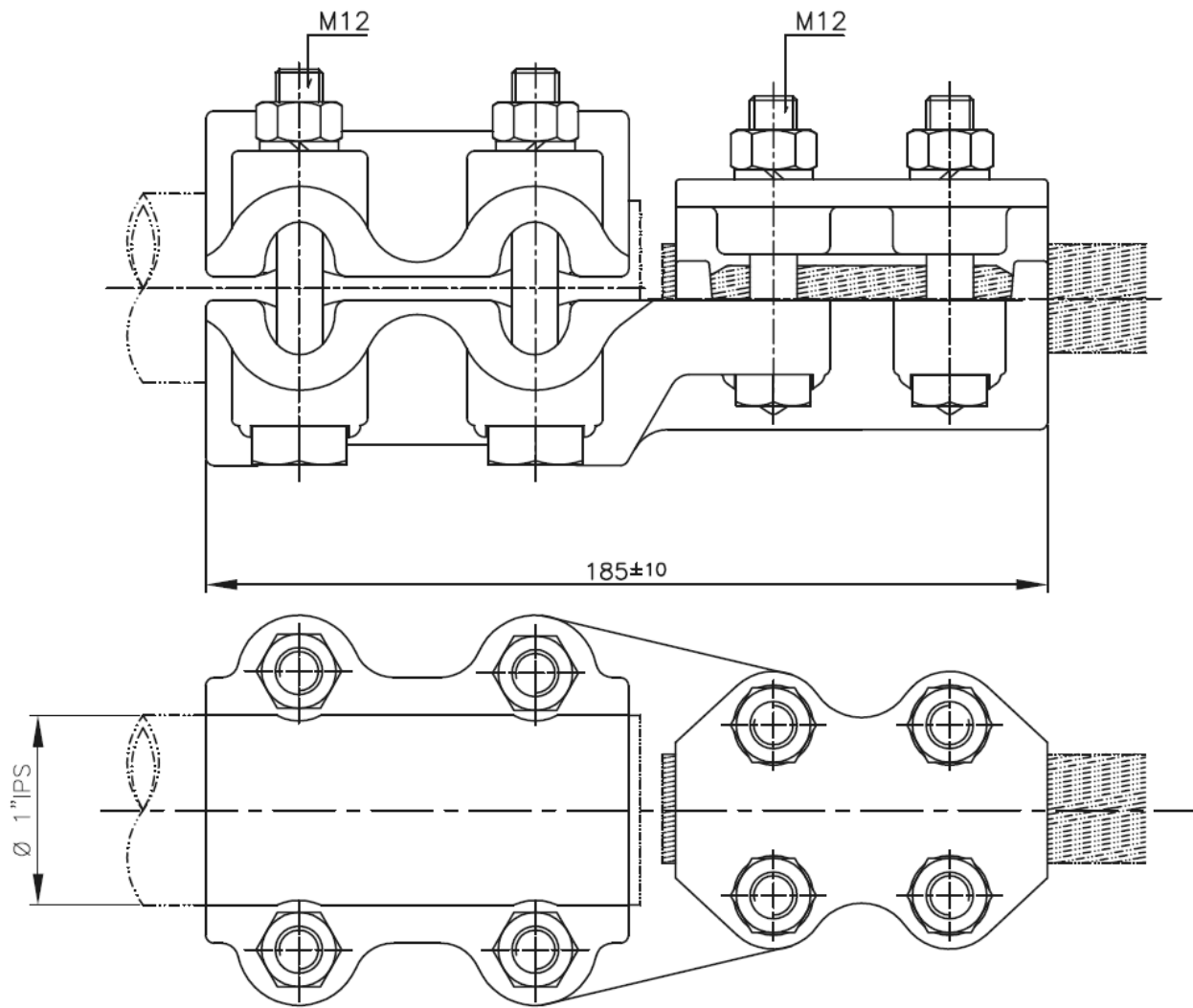
| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 7 - B – CONECTOR ADAPTAÇÃO TUBO 1” IPS A CABO 336 A 477MCM



CÓDIGO MATERIAL 10-000-030-568

Aplicação: Emenda reta de tubo de Alumínio 1" IPS a condutor de Alumínio (CA ou CAA) de 336 a 477 MCM.

Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 24 de 29 |


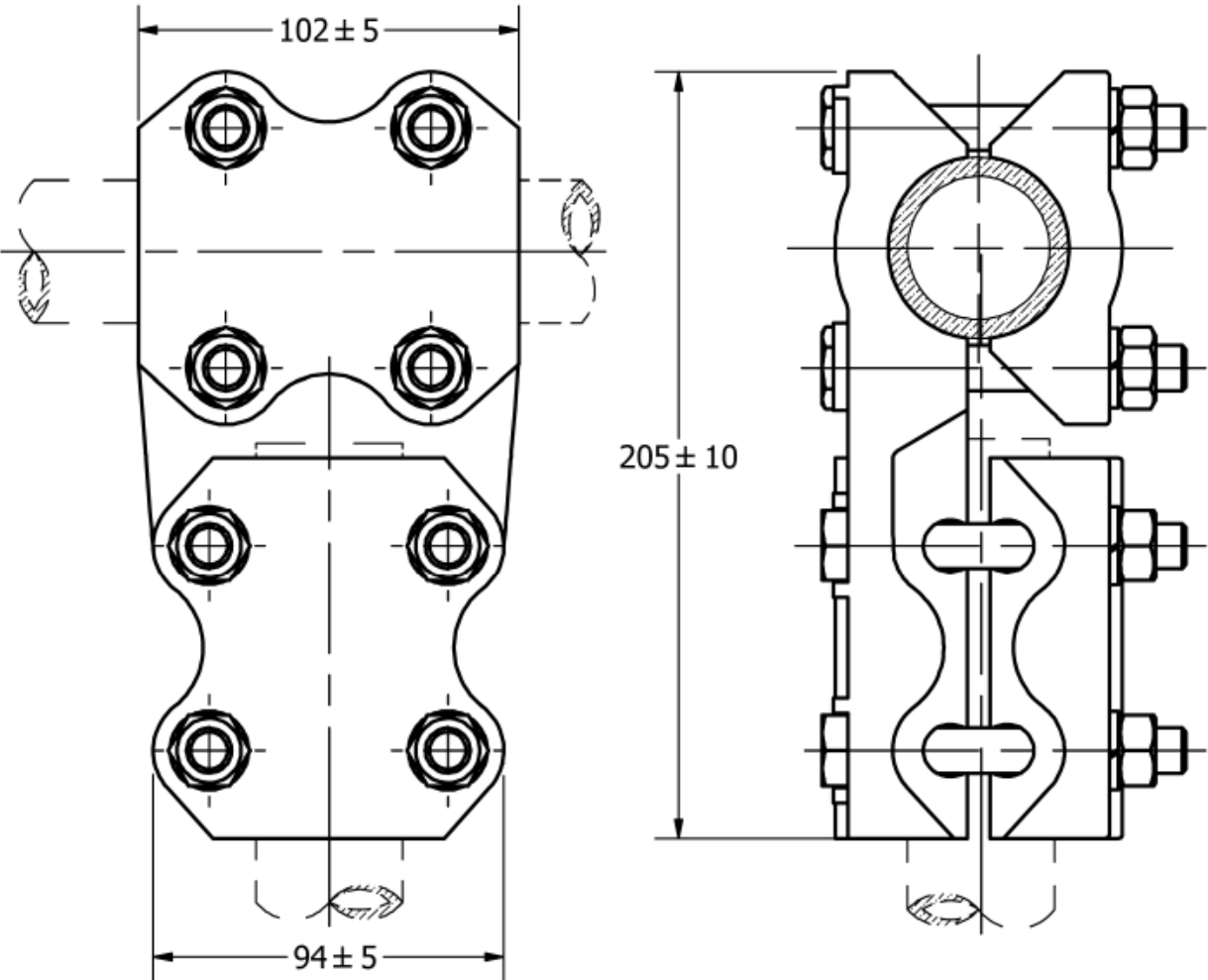
| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 8 - A – CONECTOR DERIVAÇÃO EM “T” TUBO 1 ½ ” IPS



CÓDIGO MATERIAL 10-000-030-588

Aplicação: Derivação em “T” para tubo de Alumínio 1 ½ ” IPS na Principal e Derivação.

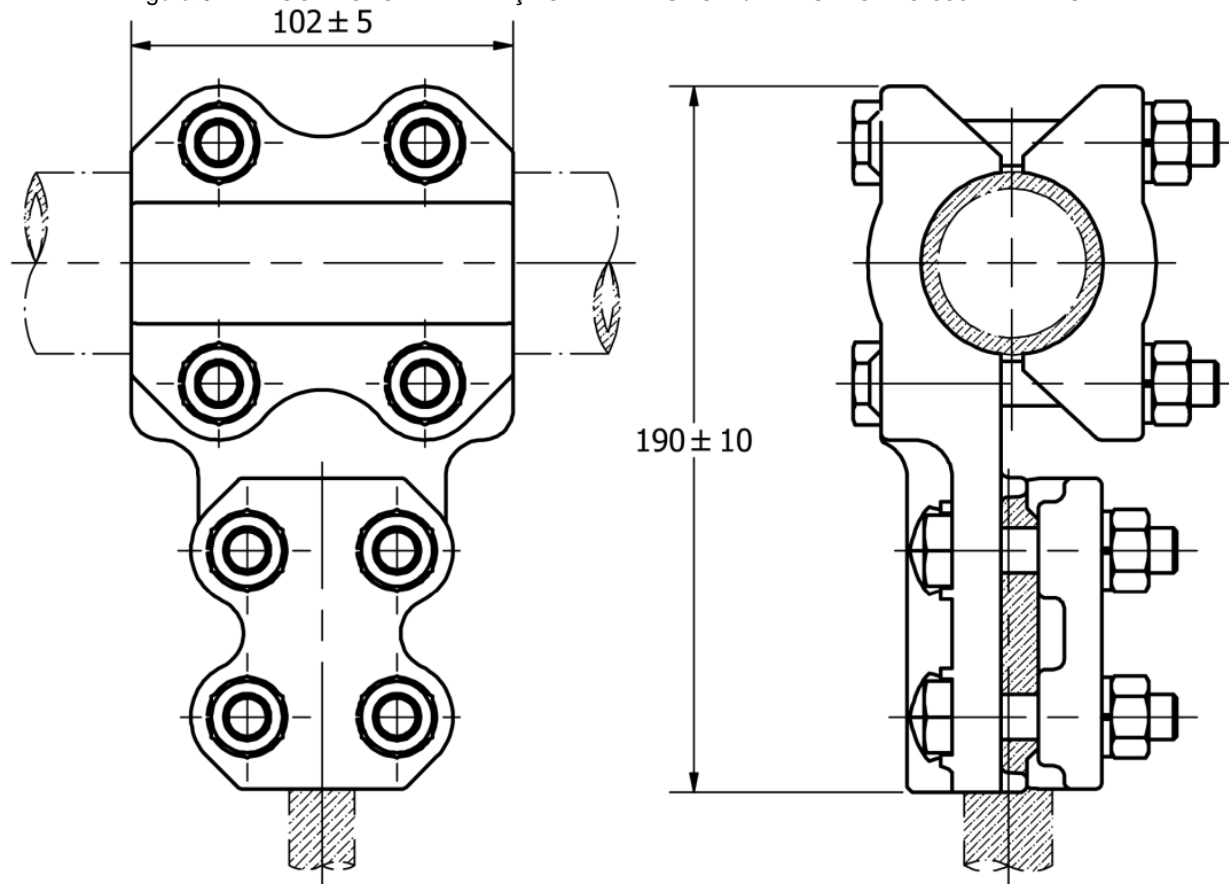
Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 25 de 29 |



| | |
|----------------------|---|
| Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 9 - B – CONECTOR DERIVAÇÃO EM “T” TUBO 1 ½ ” IPS A CABO 336 A 477 MCM



CÓDIGO MATERIAL 10-000-032-404

Aplicação: Derivação em “T” para tubo de Alumínio 1 ½ ” IPS na Principal e cabo de Alumínio (CA ou CAA) de 336 a 477 MCM na Derivação.

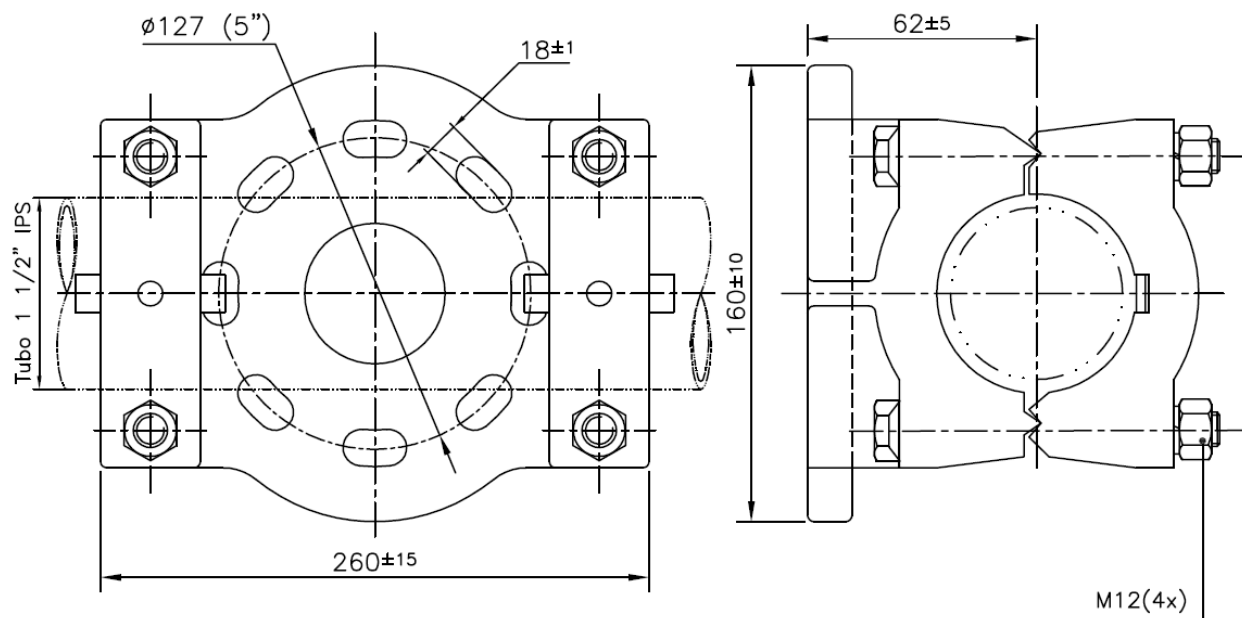
Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 26 de 29 |



| | |
|----------------------|---|
| Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |

Figura 10 - A – CONECTOR SUPORTE TUBO 1 1/2" IPS – BASE 5 CF

**CÓDIGO MATERIAL 10-000-030-652**

Aplicação: Suporte para tubo de Alumínio 1 1/2 " IPS. A rotação das tampas a 180° permite deslizamento ou fixação do tubo a uma base com círculo de furação 127mm (5").

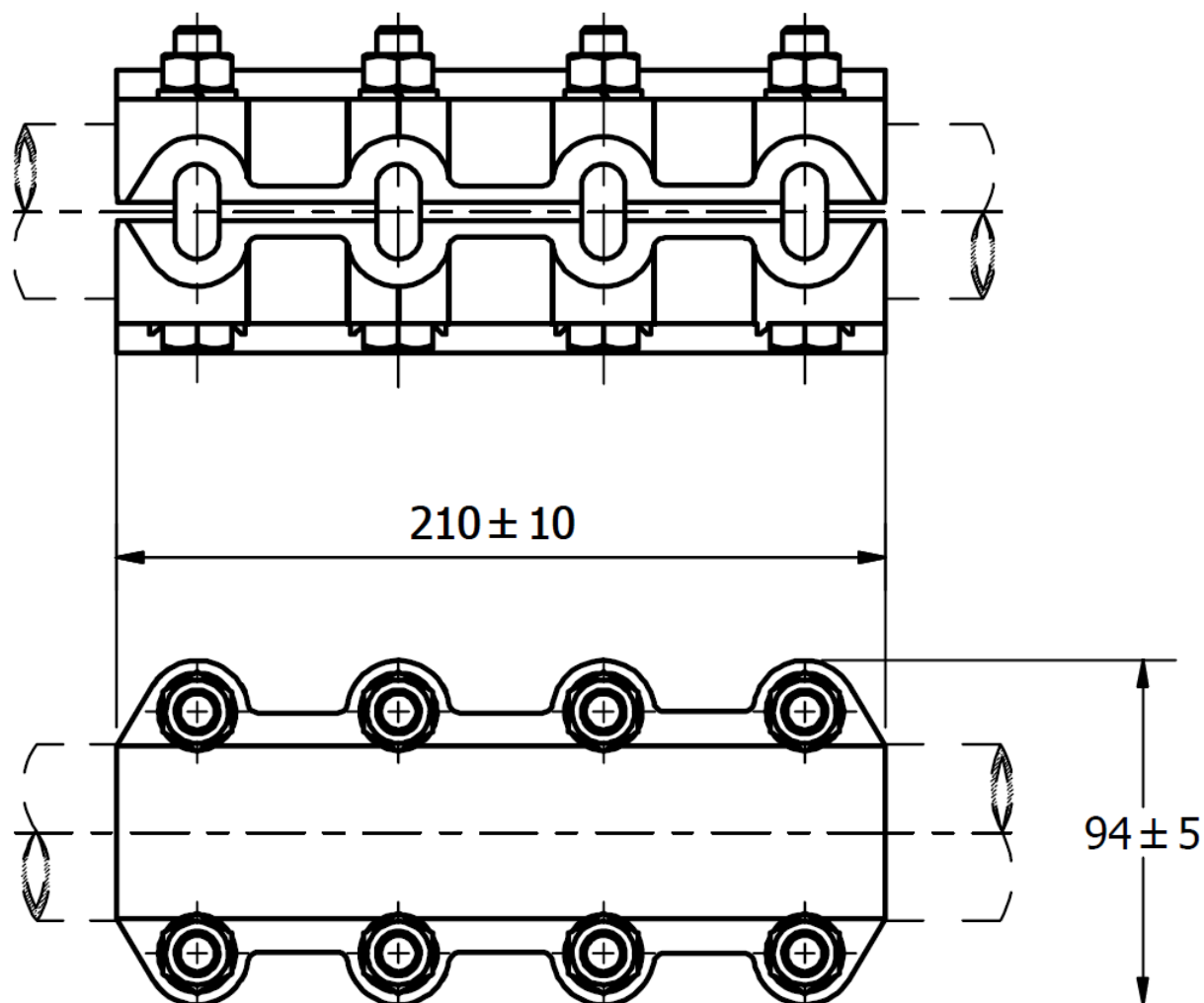
Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 27 de 29 |



| | |
|----------------------|---|
| Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| Título do Documento: | Conectores de Alumínio para Subestações |


Figura 11 - A – CONECTOR EMENDA TUBO 1 ½" IPS

**CÓDIGO MATERIAL 10-000-030-608**

Aplicação: Emenda reta para tubo de Alumínio 1 ½ " IPS.

Nota: Fornecer conector com parafusos, porcas e arruelas em aço galvanizado a quente.

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 28 de 29 |

| | | |
|---|----------------------|---|
|  | Tipo de Documento: | Especificação Técnica |
| | Área de Aplicação: | Engenharia de Normas e Padrões |
| | Título do Documento: | Conectores de Alumínio para 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 | 15/06/2016 | - Emissão inicial |
| 1.1 | 30/08/2022 | - Atualizadas as normas associadas - Ajustada formatação do documento conforme norma interna vigente |

| | | | | | |
|--------------|------------|---------|--------------------------|------------------|----------|
| N.Documento: | Categoria: | Versão: | Aprovado por: | Data Publicação: | Página: |
| 16829 | Instrução | 1.1 | JOSE CARLOS FINOTO BUENO | 25/10/2022 | 29 de 29 |