

ELETROPAULO

DIRETORIA DE DISTRIBUIÇÃO

SUPERINTENDÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

GERÊNCIA DE PADRÕES E MATERIAIS

NTE-022-1

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

CONECTORES DE ALUMÍNIO PARA LIGAÇÕES

DE CONDUTORES ELÉTRICOS

DIRETORIA DE DISTRIBUIÇÃO
SUPERINTENDÊNCIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
GERÊNCIA DE PADRÕES E MATERIAIS

**NTE-022-1 CONECTORES DE ALUMÍNIO PARA LIGAÇÕES DE CONDUTORES
ELÉTRICOS
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

Esta Norma Técnica:

- a) Foi elaborada pela Supervisão de Qualidade de Materiais;
- b) Cancela a Norma NTE-022-0

REVISÃO	DATA	ITENS
0	07/95	
1	01/96	6.1.1, 6.2.2, 6.3.5.3, 6.3.5.4

Palavra chave: Conectores

ÍNDICE

1- OBJETIVO03

2- NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	03
3- DEFINIÇÕES	03
4- CONDIÇÕES GERAIS	04
4.1- Material	04
4.2- Dimensões	05
4.3- Marcação	05
4.4- Acondicionamento	05
4.5- Garantia	06
5- CONDIÇÕES ESPECIFICAS	06
5.1- Resistência Elétrica	06
5.2- Aquecimento	06
5.3- Ciclos Térmicos com Curto-Circuitos	06
5.4- Características Mecânicas	07
5.5- Composição Química	07
6- INSPEÇÃO.....	08
6.1- Generalidades	08
6.2- Ensaio	08
6.2.1- Ensaio de Tipo	09
6.2.2- Ensaio de Recebimento.....	09
6.2.3- Ensaio de Conformidade	09
6.2.4- Amostragem	09
6.3- Execução dos Ensaio	10
6.3.1- Verificação Geral e Dimensional	10
6.3.1- Ensaio de Aquecimento	11
6.3.3- Resistência Elétrica da Conexão.....	12
6.3.4- Ensaio de Ciclos Térmicos com Curtos-Circuitos	12
6.3.5- Resistência à Tração da Conexão	16
6.3.6- Determinação do Efeito Mecânico sobre o Condutor	16
6.3.7- Determinação da Composição Química	16
6.3.8- Determinação da Condutividade da Liga de Alumínio	16
6.3.9- Névoa Salina	17
6.3.10- Ensaio da Dureza Brinell	17
7- ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO	18
7.1- Aceitação nos Ensaio de Tipo	18
7.2- Aceitação nos Ensaio de Recebimento	18
7.3- Responsabilidades do Fabricante.....	18
8- INFORMAÇÕES DETALHADAS	18
ANEXO A: Informações Detalhadas – Características Técnicas Garantidas	19
ANEXO B: Exemplos de Disposição de Fixação de TP-Termopares.....	20
ANEXO C: Resistência Elétrica do Conector.....	21
ANEXO D: Circuitos de Ensaio.....	22
ANEXO E: Classificação dos Conectores de Alumínio	23

CONECTORES DE ALUMÍNIO PARA LIGAÇÕES DE CONDUTORES ELÉTRICOS

1- OBJETIVO

1.1 Esta Norma Técnica estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o fornecimento de conectores de alumínio, utilizados para unir mecânica e eletricamente condutores de alumínio, alumínio com alma de aço ou com condutores de cobre, ou a equipamentos elétricos de potência, destinados à ELETROPAULO – ELETRICIDADE DE SÃO PAULO S.A.

1.2 Esta Norma Técnica não se aplica a conectores tipo cunha, pré-formados e conectores elétricos isolados para linhas aéreas de distribuição.

2- NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

2.1 Na aplicação desta Norma Técnica é necessário consultar:

NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos

NBR 6394 – Conectores elétricos – Terminologia

NBR 6394 – Determinação da dureza Brinell de materiais metálicos – Método de Ensaio

NBR 8094 – Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina – Método de Ensaio.

NBR 9326 – Conectores para cabos de potência – Ensaio de Ciclos térmicos e curto-circuitos – Método de Ensaio.

NBR 11788 – Conectores de alumínio para ligações aéreas de condutores elétricos em sistemas de potência – Especificação.

ASTM E – 34 – Chemical analysis of aluminum and aluminum – alloys

ASTM E – 1004 – Standar teste method for eletromagnetic (Eddy – Current) measurements of electrical conductivity.

2.2 Desenhos Padronizados da ELETROPAULO:

MP – 07.01 – Conector elétrico de compressão de alumínio para condutores de alumínio ou alumínio e cobre (crimpt).

MP-07.03 – Luva de compressão para uso em condutores de alumínio.

MP-07.15 – Conector elétrico tipo luva composta para conectores de alumínio ACSR.

MP-07.22 – Conector elétrico tipo terminal.

MP-159-004 – Conector de derivação T tipo gaveta à compressão (Al/Cu).

MP-3129-0 Luva de emenda de redução sem tensão à compressão (Al/Cu).

3- DEFINIÇÕES

3.1 Para fins desta Norma Técnica, os termos devem estar de acordo com a NBR 5475, complementados pelas seguintes definições.

3.2 CONECTOR CLASSE A

Conector para aplicações nas quais possa estar submetido a curtos-circuitos de alta intensidade e duração.

3.3 CONECTOR CLASSE B

Conector para aplicações nas quais as subcorrentes não causem aumento de temperatura superior aos valores exigidos no ensaio de ciclos térmicos.

3.4 CONECTOR DE PRESSÃO

Conector no qual a conexão é obtida por meios como parafusos, porcas, cunhas ou outros dispositivos similares atuando o condutor.

3.5 CONDUTOR DE COMPRESSÃO

Conector que se fixa ao condutor por deformação plástica de ambos, resultante de compressão exercida por ferramenta adequada.

3.6 CONECTOR DE TRAÇÃO TOTAL

Conector que transmite forças mecânicas reduzidas em relação às forças de ruptura dos condutores que interliga.

3.7 CONECTOR DE TRAÇÃO REDUZIDA

Conector que transmite forças mecânicas reduzidas em relação às forças de ruptura dos condutores que interliga.

4- CONDIÇÕES GERAIS

4.1 MATERIAIS

4.1.1 os elementos extrudados ou fundidos para conectores devem ser de liga de alumínio e liga de alumínio de primeira fusão respectivamente.

4.1.2 A condutividade e a dureza Brinell da liga de alumínio usada nos conectores ficam condicionadas à aprovação dos ensaios de tipo. O fabricante poderá optar por diversos materiais de diferentes condutividades, desde que esta condutividade em relação à massa atenda aos valores especificados nos ensaios de aquecimento e de ciclos térmicos com curtos-circuitos. Os valores médios da condutividade e da dureza Brinell obtidos no ensaio de tipo devem ser considerados como valores de referência para os ensaios de recebimento, com uma tolerância de +/- 5%. No documento de aprovação dos ensaios de tipo deve constar: cópia do desenho aprovado do protótipo do fabricante, número da norma técnica, valor obtido da condutividade elétrica, da dureza Brinell e da massa do conector completo, além do preenchimento completo das características garantidas mencionadas no Anexo A.

4.1.3 O composto anti-óxido que acompanha o conector de alumínio deve atender às seguintes condições:

- a) ser insolúvel em água, não tóxico, quimicamente neutro em relação aos materiais em contato e resistente a atmosfera ambiente;
- b) suportar a execução do ensaio de ciclos térmicos;
- c) possuir ponto de gota mínimo de 170°C;
- d) ter ponto de fulgor superior a 200°C;
- e) ter ponto de fulgor superior a 200°C;
- f) ter grau de penetração 290;
- g) ter partículas de zinco em suspensão (entre 16% à 40%);
- h) ser bom condutor elétrico.

4.1.4 O conector deve ter superfície lisa, ser isento de trincas, inclusões, rebarbas, etc. As bordas não devem danificar o encordoamento dos condutores e devem impossibilitar a penetração de água ou umidade.

4.2 DIMENSÕES

Os conectores devem alojar as bitolas dos condutores para os quais foram projetados, e ter dimensões conforme indicado nos desenhos padronizados: MP-07-01; MP-07-03. MP-07-16; MP-07-21, MP-07-22, MP-159-004, MP159-001 e RA-3129-0.

4.3 MARCAÇÃO

Devem ser gravadas, em baixo relevo, no corpo do conector de modo legível e indelével, as seguintes indicações;

- a) nome, marca ou logotipo do fabricante;
- b) seção e/ou bitola dos condutores principal e de derivação (em mm² e/ou AWG/MCM) CA, CAA ou CU;
- c) índice de matriz aplicável e número de compressões;
- d) marcação das partes a serem comprimidas.

Nota: quando aplicável a conectores à compressão.

4.4 ACONDICIONAMENTO

4.4.1 Os conectores devem ser acondicionados de modo a não sofrer danos no transporte, armazenamento e manuseio,

4.4.2 Os conectores contendo o composto anti-óxido, devem ser embalados individualmente, em cápsulas de polietileno transparente e incolor, de espessura mínima de 0,10 mm, fechados por solda eletrônica de modo a evitar a penetração da umidade e a reter o composto anti-óxido. Essa embalagem não deve ser utilizada nas luvas de emenda, que devem apenas ser seladas nas extremidades e orifícios, com material apropriado. Nos conectores tipo morsa, a embalagem devem ser individual em caixas de papelão ou por outro meio adequado.

4.4.3 Se os conectores forem fornecidos em caixas de madeira estas devem ser cintadas para maior rigidez e não devem ter pontas de pregos, parafusos ou grampos que possam danificá-los.

4.4.4 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 da água ou da umidade, possa vira corroê-los.

4.4.5 Externamente, os volumes que constituem as embalagens finais desses conectores devem trazer as seguintes indicações.

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) tipo do conector
- c) destinatário ou local de entrega;
- d) número do pedido de compra;
- e) massas bruta e líquida em kg;
- f) quantidade de peças.

4.5 GARANTIA

4.5.1 A aceitação do pedido de compra pelo fabricante implica na aceitação incondicional de todos os requisitos desta Norma.

4.5.2 O fabricante deve garantir a eficiência de operação do conector por 24 (vinte e quatro) meses a partir da data de emissão da nota fiscal.

Qualquer defeito que ocorrer neste período, por responsabilidade do fabricante, deve ser reparado às suas custas sem ônus para a ELETROPAULO.

5- CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

As características mencionadas nos itens 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 foram baseadas na Norma NBR 11788.

5.1 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A resistência elétrica de conexão deve ser no máximo igual a resistência elétrica do condutor a que se aplica, quando medida como indicado em 6.3.3.

5.2 AQUECIMENTO

A elevação de temperatura em qualquer ponto do conector não deve exceder a elevação de temperatura do condutor que apresente a maior elevação de temperatura para o qual foi projetado quando ensaiado como indicado em 6.3.2.

5.3 CICLOS TÉRMICOS COM CURTOS-CIRCUITOS

5.3.1 O ensaio deve ser realizado de acordo com a NBR 9326, na seguinte seqüência:

- a) primeira série de 200 ciclos térmicos de envelhecimento aplicada em qualquer conector;
- b) conjunto de quatro curtos-circuitos aplicado em qualquer conector;
- c) segunda série final de 500 ciclos térmicos de envelhecimento

5.3.2 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 $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e ser mantida estabilizada neste valor durante 15 minutos, pelo menos. O esfriamento 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 referências atinja no máximo 5°C acima da temperatura ambiente.

5.3.3 Na aplicação d conjunto de quatro curtos-circuitos, para cada um deles, deve ser aplicada, com duração de 1s, a corrente com densidade de 100 A/mm^2 para condutores de seção útil efetiva acima de 300 mm^2 . Aplicação do primeiro curto-circuito, o condutor de referência deve estar na temperatura ambiente para condutores de seção útil efetiva de até 300 mm^2 , ou com uma elevação de 70°C acima da temperatura ambiente para condutores entre duas aplicações sucessiva de curtos circuitos deve ser suficiente para que a temperatura do conector atinja o máximo de 5°C de sua temperatura inicial de aplicação dos curtos-circuitos.

5.3.4 Os critérios de desempenho são os seguintes:

- a) a resistência elétrica inicial de montagem da conexão deve ser no máxima igual a resistência elétrica do condutor de referência;
- b) nos primeiros 200 ciclos de aquecimento, antes da aplicação do conjunto de curto-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 destes valores. Os 20 primeiros ciclos devem ser utilizados para estabilizar a corrente de ensaio;

- c) 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;
- d) devem ser calculadas as médias das 10 últimas leituras de resistência do primeiro e segundo conjunto de medidas, não devendo o segundo valor médio ultrapassar 5% do primeiro valor médio;
- e) a temperatura dos conectores não deve exceder a temperatura do condutor de referência no fim do período de aquecimento de cada ciclo;
- f) 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.
- g) 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.
- h) 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.

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

5.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA CONEXÃO

Os conectores devem suportar sem escorregamento do condutor ou ruptura do conector ou condutor no trecho da conexão, os seguintes esforços:

- a) conectores de tração total – 95% limite de resistência à tração do condutor de menor resistência à tração aplicável;
- b) conectores de tração parcial – 40% do limite de resistência a tração do condutor de menor resistência à tração aplicável;
- c) conectores de tração mínima – 5% da resistência nominal do mais fraco dos condutores emendados ou 900 N, sendo considerado sempre o valor maior para conectores que alojam condutores os quais o menor dos condutores for igual ou menor de 13 mm² (6AWG), ou menos.

5.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

5.5.1 Os parafusos, porcas, grampos U, ou partes de fixação sujeitos a esforços mecânicos devem ser em liga de alumínio com teor máximo de cobre de 4,9%.

5.5.2 A porcentagem de cobre na composição das ligas de alumínio utilizadas nos conectores deve ter no máximo de 0,2%, com exceção das ligas referidas em 5.5.1 e ligas usadas na fabricação de arruelas de pressão.

6- INSPEÇÃO

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Todos os ensaios de recebimento, com exceção do ensaio de resistência à tração da conexão, que poderá ser realizado conforme item 6.3.5.4, os demais ensaios de recebimento devem, obrigatoriamente, ser realizados nas instalações do fabricante na presença do inspetor da

ELETROPAULO. Se o fabricante não estiver equipado para a realização de algum ensaio de tipo, que não seja também de recebimento, o mesmo deve ser realizado em laboratório de reconhecida idoneidade, de comum acordo com a ELETROPAULO, com a presença d inspetor desta Empresa.

6.1.2 Em qualquer fase de fabricação, o inspetor deve ter acesso, durante as horas de serviço, a todas as partes da fabrica onde os conectores estejam sendo fabricados.

6.1.3 O fabricante deve propiciar, às suas expensas, todos os meios necessários, inclusive pessoal auxiliar, para que o inspetor possa certificar-se de que os conectores estão de acordo com a presente Norma. O inspetor deve ter acesso a todos os equipamentos, instrumentos e desenhos associados aos ensaios e deve verificar a calibração dos aparelhos.

6.1.4 Ficam às expensas do fabricante todas as despesas decorrentes das amostras, equipamentos, acessórios, bem como da realização dos ensaios previstos nesta Norma, independente do local de sua realização.

6.1.5 O fabricante deve substituir, sem ônus para a ELETROPAULO, qualquer conector defeituoso contido nos lotes aceitos.

6.1.6 Antes da realização dos ensaios de recebimento e de tipo, deve ser feita em cada lote uma verificação visual para que sejam verificados o acabamento e o acondicionamento, assim como a conformidade geral com esta Norma.

6.2 ENSAIOS

6.2.1 Ensaio de Tipo

6.2.1.1 Antes de qualquer fornecimento de conectores, o protótipo deve ser aprovado através da realização dos ensaio de tipo indicados a seguir:

- a) verificação geral e dimensional do conector;
- b) resistência à tração da conexão;
- c) determinação do efeito mecânico sobre o condutor-tronco;
- d) medição da condutividade da liga de alumínio;
- e) determinação do aquecimento da conexão;
- f) determinação da resistência elétrica;
- g) medição da dureza Brinell nos conectores de compressão
- h) ciclos térmicos com curtos-circuitos;
- i) determinação da composição química
- j) névoa salina; - Este ensaio só deve ser realizado a critério da Eletropaulo

Notas:

- a) Além dos ensaios de tipo e de recebimento , o fabricante deve apresentar os relatórios, de laboratório oficial, dos ensaios para determinação das características do composto anti-óxido, que deve estar de acordo com o item 4.1.3.
 - b) No caso de haver alteração no projeto e/ou fabricação dos conectores, o fabricante deve comunicar o fato com antecedência, submetendo-os à aprovação da ELETROPAULO através da realização de novos ensaios de tipo.
-

c) Para realização dos ensaios consultar o Anexo E.

6.2.2 Ensaios de Recebimento

Com exceção do ensaio de resistência à tração de conexão, que poderá ser realizado conforme item 6.3.5.4, os demais ensaios de recebimento devem ser executados nas instalações do fabricante e em presença do inspetor da Eletropaulo, em amostra colhida ao acaso do lote apresentado. São os seguintes os ensaios de recebimento:

- a) verificação geral e dimensional do conector;
- b) resistência à tração da conexão;
- c) determinação do efeito mecânico sobre o condutor-tronco;
- d) determinação do aquecimento da conexão;
- e) determinação da resistência elétrica;
- f) medição da condutividade da liga de alumínio;
- g) medição da dureza Brinell nos conectores de compressão

6.2.3 Ensaios de Conformidade

A critério da ELETROPAULO, em qualquer ocasião e sem aviso prévio, poderão ser realizados ensaios de conformidade ao modelo aprovado, para verificar se o fabricante está mantendo a qualidade estabelecida pelos ensaios de tipo. Para essa verificação devem ser realizados todos os ensaios de tipo prescritos no item 6.2.1.

6.2.4 Amostragem

6.2.4.1 Amostragem para ensaios de Tipo

Para aprovação do protótipo do conector, devem ser extraídos no mínimo 9 (nove) conectores para serem submetidos ao conjunto de ensaios de tipo.

6.2.4.2 Amostragem para os ensaios de recebimento

Após o lote ser submetido a uma verificação geral podem ser realizados os ensaios de recebimento, aplicando-se o plano de amostragem conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Amostragem dupla para os ensaios de recebimento

Tamanho do lote	Verificação geral NQA 1,5 Nível				Verificação dimensional; condutividade, resistência à tração NQA 1,5, Nível S4				Aquecimento, resistência elétrica, efeito mecânico sobre o condutor tronco, dureza, NQA 4,0, Nível S2			
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re
	Seq	Tam			Seq	Tam			Seq	Tam		

1 a 3	-	100%	0	1	-	100%	0	1	-	100%	0	1
4 a 8	-	100%	0	1	-	100%	0	1	-	3	0	1
9 a 280	-	8	0	1	-	8	0	1	-	3	0	1
281 a 500	1 2	20 20	0 1	2 2	-	8 8	0 0	1 1	-	3 3	0 0	1 1
501 a 1200	1 2	20 20	0 1	2 2	1 2	20 20	0 1	2 2	-	3 3	0 0	1 1
1201 a 3200	1 2	32 32	0 3	3 4	1 2	20 20	0 1	2 2	1 2	8 8	0 1	2 2
3201 a 10000	1 2	50 50	1 4	4 5	1 2	20 20	0 1	2 2	1 2	8 8	0 1	2 2
10001 a 35000	1 2	80 80	2 6	5 7	1 2	32 32	0 3	3 4	1 2	8 8	0 1	2 2
35001 a 15000	1 2	125 125	3 8	7 9	1 2	50 50	1 4	4 5	1 2	8 8	0 1	2 2

Tabela de amostras de acordo com a NBR 5426

Ac – número de conectores defeituosos que permite a aceitação do lote;

Re – número de conectores defeituosos que obriga a rejeição do lote;

Se o número de unidades defeituosas encontrado estiver compreendido entre Ac e Re (excluindo esses valores) deve ser ensaiada a segunda amostra.

O total de unidades defeituosas encontradas após ensaiadas as duas amostras deve ser igual ao maior Ac especificado.

6.3 EXECUÇÃO DOS ENSAOS

6.3.1 Verificação Geral e Dimensional

6.3.1.1 Antes de serem realizados outros ensaios (quando as conexões estiverem montadas) deve ser feita uma verificação geral e dimensional nos conectores, inclusive verificação de detalhes construtivos, identificação e acondicionamento.

6.3.1.2 Para os demais ensaios, os conectores devem ser montados no condutor tronco e de derivação utilizando-se a matriz apropriada (quando aplicável). O composto anti-oxidante deve ser aplicado sobre as superfícies de contato dos condutores e do conector após escovamento das mesmas com escovas de cordas de aço.

6.3.2 Ensaio de Aquecimento

6.3.2.1 Este ensaio deve ser feito com conector fazendo a ligação dos condutores de maior e menor capacidade de condução de corrente. Se o conector é aplicável a ligações de condutores de alumínio com alumínio e de alumínio com cobre, o mesmo deve ser ensaiado nas diversas combinações destas duas alternativas.

No caso de conectores fazendo a ligação de condutores de seções diferentes, deve-se utilizar a corrente do cabo de menor capacidade.

6.3.2.2 A distância entre o conector e a fonte de tensão ou outro conector deve ser no mínimo de 100 mm. A extremidade do condutor deve sobressair 12mm além da borda de contato do conector.

6.3.2.3 O ensaio deve ser feito à temperatura ambiente, em local abrigado, livre de correntes de ar, aplicando-se gradualmente a corrente de ensaio (C.A.) até atingir o valor indicado na Tabela 2, que deve ser mantida até a estabilização da elevação da temperatura. A estabilização da elevação da temperatura é entendida como uma variação de mais ou menos 1°C entre 3 medidas consecutivas com intervalos de 1 hora cada.

Tabela 2 – Correntes para Ensaio de Aquecimento

Condutores (Fios e Cabos)		Correntes em ampères (C.A.) (ambiente fechado)		Tubos Condutores	Correntes em Ampères (C.A.) (ambiente fechado)	
Seção nominal	Bitola	Alumínio (CA e CAA)	Cobre	Diâmetro nominal Mm (IPS-Polegadas)	Alumínio	Cobre
mm ²	(AWG/MCM)					
6		-	45	12,7 (1/2)	335	380
8	8	-	60	19,0 (3/4)	426	540
10		-	62	25,4 (1)	569	650
13	6	70	80	31,8 (1 1/4)	724	870
16		-	98	38,1 1 1/2)	841	1020
21	4	90	110	50,8 (2)	1064	1250
25		-	130	63,5 (2 1/2)	1452	1700
34	2	120	155	76,5 (3)	1777	2175
35		-	160	80,2 (3 1/2)	2069	2575
50		-	189	101,6 (4)	2373	2850
54	1/0	160	200	127,0 (5)	3027	3450
70		206	240	152,4 (6)	3724	4000
85	3/0	215	265	-		
95		230	270	-		
120		290	326	-		
170	336,4	335	-	-		
253	500	435	530	-		
500		-	795	-		

6.3.2.4 Deve ser medida a temperatura do ponto mais quente do conector que não pode exceder a do ponto mais quente do condutor, que apresente maior elevação de temperatura, ponto este localizados a uma distância mínima de 500 mm.

6.3.3 Resistência Elétrica da Conexão

6.3.2.1 Devem ser comparadas as resistências elétricas de uma parte contínua do condutor com um conjunto de mesmo comprimento total, formado por duas partes do mesmo condutor ligados pelo conector sob ensaio, tendo cada uma comprimento L igual ao valor indicado na Tabela 3, de acordo com a área de seção reta do condutor.

Tabela 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	≥630 ≤ 1000	≥ 1300
L (mm)	150	200	300	400	500	650	750	950

6.3.2.2 A medida da resistência deve ser feita por uma ponte aferida, ou por outro meio adequado. A temperatura de medição deve ser anotada e a resistência medida corrigida para 20°C. No caso do condutor utilizado ser cabo encordoado, os fios componente devem estar uniformemente ligados às extremidades de contato do aparelho.

6.3.2.3 O resultado deve estar de acordo com o item 5.1 desta Norma.

Nota: O ensaio deve ser feito utilizando-se corrente contínua de intensidade inferior a um vigésimo (1/20) da corrente utilizada para o ensaio de aquecimento conforme Tabela 2.

6.3.4 Ensaio de Ciclos Térmicos com Curtos-Circuitos

6.3.4.1 Aparelhagem

Para a realização deste ensaio é necessária a utilização da seguinte aparelhagem:

- a) fonte variável de corrente alternada, para aquecimento;
- b) fonte variável de corrente contínua, para medição de resistência elétrica;
- c) medidores e registradores de temperatura e seus acessórios;
- d) transformador de corrente para medição de corrente de aquecimento;
- e) "shunt" para medição de corrente contínua necessária para medição da resistência elétrica;
- f) ponte Kelvin para medição de baixas resistências;
- g) voltímetro de múltiplas escalas para corrente contínua;
- h) amperímetro de múltiplas escalas para corrente alternada;
- i) sistema controlador programável de temperatura e de tempo.

6.3.4.2 Execução do Ensaio

6.3.4.2.1 O ensaio deve ser feito da seguinte seqüência:

- a) aplicação da 1ª série de ciclos térmicos de envelhecimento;
- b) aplicação de curtos-circuitos;
- c) aplicação da 2ª série de ciclos térmicos de envelhecimento.

O ensaio deve ser efetuado em 4 conectores idênticos para uma única seção do condutor ou em 8 amostras para mais de uma seção dos condutores das quais conectores idênticos sobre os condutores da maior seção admissível e quatro conectores idênticos sobre os condutores da maior seção admissível.

6.3.4.2.2 Os conectores devem ser montados sobre condutores em bom estado, sem isolação e segundo as instruções de montagem fornecidas pelo fabricante.

6.3.4.2.3 Os ensaios devem ser realizados em local que apresente as seguintes condições ambientais:

- a) não possuir correntes de ar;
 - b) não permitir a incidência direta da luz solar sobre os conectores ou a sua proximidade a qualquer fonte de calor;
 - c) temperatura ambiente entre 15°C a 35°C;
 - d) não ter incidência de contaminantes de ar, como vapores corrosivos ou composto químicos, que possam atacar os metais por qualquer efeito.
-

6.3.4.2.4 Os circuitos devem ser conforme indicado nas figuras 5, 6 e 7 do Anexo D, de acordo com o tipo de conector a ser ensaiado. A disposição do circuito, em forma de “U” ou de “W” deve estar num plano horizontal, observando-se as seguintes distâncias mínimas:

- a) entre os dois condutores paralelos: 20 cm;
- b) entre qualquer condutor e qualquer parede vertical do local de ensaio: 30 cm;
- c) entre dois circuitos de ensaio e entre um circuito de ensaio e o piso ou o teto do local: 60 cm.

6.3.4.2.5 O comprimento dos condutores, sobre os quais são montados os conectores sob ensaio, deve ser tal que a distância entre o centro dos conectores e cada uma das tomadas de potencial adjacentes seja igual ao valor L, indicando na Tabela 4.

Tabela 4 – Distâncias entre conectores e tomadas de potencial

Seção nominal do condutor S	Distância L (mm)
$S \leq 16$	125
$16 < S \leq 50$	200
$50 < S \leq 120$	300
$120 < S \leq 240$	400
$240 < S \leq 400$	500
$400 < S \leq 630$	650
$630 < S \leq 1000$	750
$S > 1000$	950

Nota: Os condutores auxiliares, para ligação do circuito de ensaio à fonte de alimentação, devem ter, no mínimo, o comprimento L.

6.3.4.2.6 O condutor de referência deve fazer parte do circuito de ensaio, em série com os conectores sob ensaio e se destina a:

- a) controlar a corrente de aquecimento;
- b) comparar sua resistência elétrica com a resistência elétrica dos demais condutores contendo conectores;
- c) comparar sua temperatura com a temperatura dos conectores sob ensaio;

O condutor de referência deve estar em série no circuito de ensaio, situado entre dois equalizadores e ter as mesmas características que os condutores sobre os quais são montados os conectores sob ensaio.

6.3.4.2.7 Quando os condutores, sobre os quais estão montados os conectores, forem encordoados, dois equalizadores equidistantes dos conectores devem ser montados sobre os condutores. Estes são os fios que compõem o condutor e a facilitar a instalação de tomada de potencial, necessárias às necessárias às medições de resistência. Os equalizadores podem ser formados por uma luva de compressão de mesmo material que o condutor, ter um diâmetro interno que exceda no máximo de 1 mm o diâmetro do condutor e ter um comprimento igual ou inferior ao diâmetro do condutor. Quando o condutor for sólido não são feitas sobre o próprio condutor, nos pontos onde seriam instaladas os equalizadores, caso fossem necessários.

6.3.4.2.8 No circuito de ensaio deve ser aplicada um corrente elétrica, de frequência 60 Hz, de modo a aquecer os conectores sob ensaio e a manter estabilizada a temperatura do condutor de referência no valor e pelo tempo estabelecidos no item 5.3.

A tabela 5 indica valores indicativos de correntes de ensaio para ciclos térmicos, para uma temperatura no condutor de 120°C sem correntes de ar, a 20°C.

TABELA 5 – Valores indicativos de correntes de ensaio para ciclos térmicos, para uma temperatura no condutor de 120°C sem correntes de ar, a 20°C.

Alumínio		Cobre	
Seção nominal (mm ²)	Corrente (A)	Seção nominal (mm ²)	Corrente (A)
		10	106
16	102	16	157
25	139	25	200
35	175	35	253
50	225	50	323
70	283	70	407
95	350	95	500
120	412	120	590
150	480	150	687
185	545	185	795
240	670	240	950
300	780	300	1110
400	950	400	1350
500	1110	500	1670
630	1300	630	1840
800	1550	800	2170
1000	1800	1000	2520
13000	2160	1300	3000

6.3.4.2.9 Cada ciclo térmico é constituído por um período de aquecimento, seguido de um período de resfriamento. São especificados no item 5.3 os valores de:

- temperatura de aquecimento e tolerância;
- tempo durante o qual, ciclicamente, essa temperatura deve ser mantida;
- temperatura ao final do período de resfriamento.

6.3.4.2.10 Após a 1ª série de ciclos térmicos, os conectores são submetidos ao ensaio de curtos-circuitos, sendo que antes da aplicação de cada curto-circuito, a temperatura dos conectores não deve exceder a temperatura ambiente em mais de 5°C.

6.3.4.2.11 As medições de temperatura são feitas com termopares ou qualquer outros meios apropriados, colocados sobre os conectores, sobre o condutor de referência e no ambiente. A disposição de fixação dos termopares é indicada no Anexo B. Tanto na aplicação da 1ª como na 2ª série de ciclos térmicos, a leitura de temperatura deve ser efetuada no final do período de aquecimento do primeiro ciclo térmico da série e a cada final de ciclos térmicos, do mesmo modo.

6.3.4.2.12 A resistência de um conector pode ser medida fazendo-se circular no circuito uma corrente contínua de valor inferior a um décimo da corrente de aquecimento, medindo-se a queda de tensão entre os equalizadores adjacentes ao conector, como indica o Anexo C, ou por medição direta através de ponte de Kelvin. As medições de resistência devem ser efetuadas após os condutores e as conexões atingirem a temperatura ambiente no fim do período de resfriamento e os valores obtidos devem ser corrigidos para a temperatura de 20°C.

6.3.4.2.13 O condutor de referência deve atender as prescrições de 6.3.4.2.6. Para os conectores de emenda, onde os condutores são conectados topo a topo, o comprimento L_r do condutor de referência, em função da seção nominal S , é determinado pela seguintes fórmula:

$$L_r = 2L + 2d, \text{ onde}$$

L_r = comprimento do condutor de referência

L = valor indicado na Tabela 4.

d = diâmetro do condutor de referência.

6.3.4.2.14 Para o ensaio de conectores de derivação, o circuito é montado de acordo com a Figura 6 do Anexo D, distinguindo-se três tipos de condutores: o condutor principal, o condutor derivação e o condutor de referência. O conector é montado entre o condutor principal e o condutor de derivação, conforme a instrução de montagem do fabricante. O condutor principal deve ser um comprimento de $1,5L$ para cada lado do equalizador, sendo o conector montado a uma distância L do mesmo equalizador. Desta forma, o comprimento $0,5L$ do condutor principal excede cada conector de derivação montado no circuito de ensaio. L deve ser tomado na Tabela 4, em função da seção do condutor principal. O condutor de derivação deve ter um comprimento igual a L , medido entre o centro do conector e a tomada potencial do dutor de derivação e seu comprimento L_r deve ter o valor calculado de acordo com a NBR 9326.

6.3.4.2.15 Para ensaio de conectores de terminal, o circuito é montado de acordo com a Figura 7, do Anexo D, distinguindo-se três tipos de condutores: O condutor principal, a barra de conexão e o condutor de referência. O comprimento do condutor principal deve ser determinado como em 6.3.4.2.5. O comprimento do condutor de referência deve ser determinado como em 6.3.4.2.13.

A barra de conexão deve ter uma forma adequada ao conector de terminal e sua seção e comprimento deve ser tais que a resistência elétrica entre uma tomada de potencial, localizada no centro da barra, e um conector, seja idêntica à resistência elétrica de um comprimento L do condutor principal. Nos casos em que a seção da barra de conexão é idêntica à do condutor principal, e ambos são do mesmo material no centro da barra, será também idêntico ao comprimento L do condutor principal.

6.3.4.2.16 Os resultados do ensaio devem atender o especificado no item 5.3 desta Norma.

Nota: Para maiores esclarecimentos sobre o método de ensaio consultar a NBR 9326.

6.3.5 Resistência à Tração da Conexão

6.3.5.1 O ensaio deve ser realizado em duas condições:

- a) com conector ligando os condutores de maior resistência mecânica e de temperatura mas dura;
- b) com conector ligando os condutores de menor resistência mecânica e também de têmpera mais dura.

6.3.5.2 Quando a conexão for colocada na máquina de tração cuidados devem ser tomados, para colocar todos os fios componentes do condutor encordado simultaneamente sob carga. A carga deve ser aplicada a uma velocidade máxima de 20mm/minuto, por metro de distância entre garras e mantida por 1 minuto.

6.2.5.3 O comprimento livre do condutor entre o conector e a garra da máquina deve ser no mínimo de 100 vezes o diâmetro do cabo, de cada lado.

6.3.5.4 Na impossibilidade da realização deste ensaio na fábrica, o mesmo poderá ser realizado em outro laboratório, de comum acordo com a ELETROPAULO, desde que seja acompanhado por um inspetor desta Empresa.

6.3.5.5 A resistência à tração deve ser determinada como a máxima carga aplicada antes da ruptura, para condutores novos. Esta carga deve ser medida com 5% de precisão. O valor da ruptura deve ser anotada.

6.3.6 O resultado deve estar de acordo com o item 5.4 desta Norma.

6.3.6 Determinação do Efeito mecânico sobre o Condutor-Tronco

6.3.6.1 Este ensaio tem por finalidade determinar se, após a montagem do conector, o condutor tronco não sofreu danos que afastem sua resistência mecânica.

6.3.6.2 Um conector deve ser instalado num condutor-tronco, que está sendo tracionado em 20% de sua tensão nominal, tomando-se cuidado para que a carga não sofra relaxamento durante o processo de montagem.

6.3.6.3 Em seguida, o condutor tronco deve ser submetido a um esforço crescente até a ruptura, que deve ocorrer no mínimo com o valor especificado para o condutor.

6.3.6.4 O comprimento do condutor tronco entre as garras da máquina deve ser no mínimo igual a 1000 mm.

6.3.6.5 O resultado deve estar de acordo com o item 5.4 desta Norma.

6.3.7 Determinação da Composição Química

A composição da liga de alumínio dos conectores deve ser determinada de acordo com a ASTM E-34, através do uso de um espectrômetro de absorção atômica.

6.3.8 Determinação da Condutividade da Liga de Alumínio

6.3.8.1 A determinação da condutividade deve ser feita de acordo com a ASTM E-1004, através do uso de um medidor de condutividade com escala em % IACS.

6.3.8.2 O resultado deve estar de acordo com o item 4.1 desta Norma.

6.3.9 Névoa Salina

6.3.9.1 Os conectores ensaiados conforme a NBR 8094 devem suportar uma exposição a névoa salina de 15 dias, no mínimo.

- a) utilizar uma solução aquosa de aproximadamente 5% de cloreto de sódio (NaCl), preparada pela dissolução de (50 ± 5) g de cloreto de sódio num volume de água que permita a obtenção de 1 litro de solução à temperatura ambiente;
 - b) O cloreto utilizado não pode conter mais do que 0,3% de impurezas totais e a água usada no preparo da solução deve ser água destilada, devendo a solução ser filtrada e pulverizada apenas uma vez.
-

- c) O pH da solução, após a pulverização a 35°C deve estar na faixa de 6,5 a 7,2, determinado a $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- d) O ar comprimido usado para a formação da névoa salina deve estar isento de óleo e impurezas e deve ser mantido a um valor constante de pressão entre 70 kPa (0,7kgf/mm²) e 170 kPa (1,7 kgf/mm²);
- e) Os corpos de prova, em número mínimo de 03 (três) devem ser limpos e os corpos de prova de controle devem ser no mínimo 01 (um);
- f) Os corpos de prova devem ser colocados a câmara de ensaio, onde o meio corrosivo satisfaça a todos os parâmetros especificados para as condições da câmara;
- g) A zona de exposição da câmara de ensaio deve ser mantida a uma temperatura de $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$, e a distribuição da névoa deve ser uniforme;
- h) A concentração de cloreto de sódio na solução deve ser de $(5 \pm 1) \%$, com pH entre 6,5 a 7,2.

Nota: Para maiores informações sobre o ensaio deve-se consultar a NBR 8094.

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

- a) resistir à repetição dos ensaios indicados nas seções 6.3.2, 6.3.3 e 6.3.5;
- b) estar isentos de quaisquer pontos de corrosão profunda em sua superfície, e de manchas características distribuídas de corrosão, visíveis à olho nu, nas áreas de contato elétrico do conector. Esta verificação deve ser efetuada após a repetição dos ensaios da alínea (a), desfazendo-se a conexão e abrindo-se o conector.

6.3.10 Ensaio de Dureza Brinell

6.3.10.1 As medições de dureza na superfície dos conectores devem ser realizadas na áreas a serem comprimidas quando da instalação dos conectores (Aplicável apenas a conectores de compressão).

6.3.10.2 O valor médio da dureza obtido em cada conector deve atender o indicado no item 4.1 e estar de acordo com a NBR 6394, com a medição feita através de um durômetro, sendo necessária a designação completa do valor Brinell, citando o diâmetro da esfera, a força aplicada e a duração e a duração de ação da força.

7- ACEITAÇÃO OU REJEIÇÃO

7.1 ACEITAÇÃO NOS ENSAIOS DE TIPO

O protótipo do conector deve ser aceito se os resultados dos ensaios de tipo indicados no item 6.2.1 desta Norma forem satisfatórios.

7.2 ACEITAÇÃO NOS ENSAIOS DE RECEBIMENTO

7.2.1 Inspeção Visual

As unidades do lote sob inspeção devem ser aceitas se os resultados da verificação geral e dimensional, como especificado no item 6.1.6 desta Norma forem satisfatórios.

7.2.2 Ensaio de Recebimento

7.2.2.1 Nas unidade aprovadas no item 7.2.1 devem ser executados os ensaios de recebimento do item 6.2.2.

7.2.2.2 As unidades do lote deve ser aceitas se os resultados dos ensaios do item 6.2.2. desta Norma Técnica, forem satisfatórios, de acordo com o plano de amostragem da Tabela 1.

7.3 RESPONSABILIDADE DO FABRICANTE

A aceitação do lote não invalida qualquer posterior reclamação que esta Empresa possa fazer devido a conector defeituoso, nem isenta o fabricante da responsabilidade de fornecer os mesmos de acordo com o pedido e com esta Norma Técnica.

8- INFORMAÇÕES DETALHADAS

8.1 O proponente deve apresentar, juntamente com a sua proposta, as características dos conectores indicados no Anexo A. A apresentação das informações pelo fabricante deve ser de sua total responsabilidade.

8.2 Nenhum conector pode ser aceito com as dimensões e características que não atendam a esta Norma, a não ser que haja uma autorização prévia, por escrito, da ELETROPAULO, nesse sentido.

ANEXO A – INFORMAÇÕES DETALHADAS – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIDAS

Tipo do conector..... ()

Material do Conector e dos Elementos de Fixação (quando houver)..... ()

Dimensões do Conector (conforme desenho) (mm)

Valor obtido no Ensaio do Efeito Mecânico do Conector sobre o Condutor Tronco.....(N)

Valor de Resistência à Tração do Conector Emendado (% IACS)

Valor de Condutividade de liga de Alumínio a 20°C..... (°C)

Valores dos Parâmetros do Ensaio de Ciclos Térmicos (Ohm)

Composição Química da liga de alumínio..... ()

Duração da exposição à névoa salina e resultados dos ensaios aplicados após a
exposição à névoa salina ()

Valor da dureza Brinell ()

ANEXO B – EXEMPLO DE DISPOSIÇÃO DE FIXAÇÃO DE TP = TERMOPARES

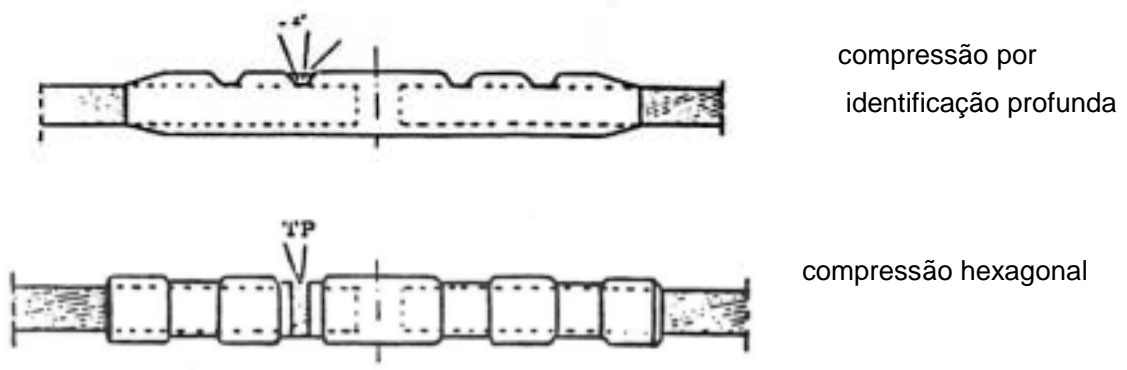
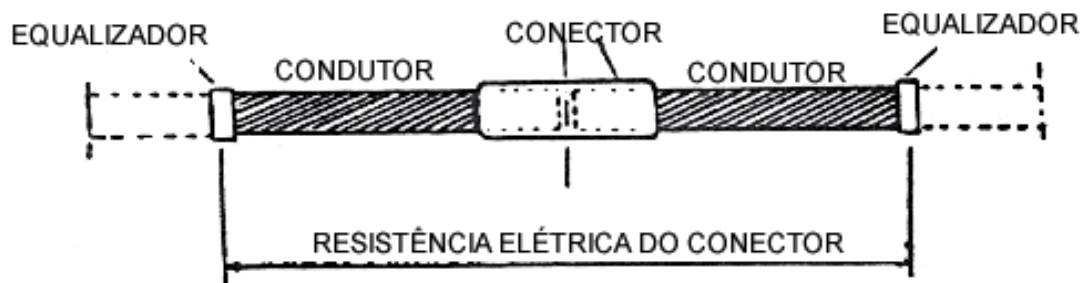


Figura 1



ANEXO C – RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO CONECTOR



ANEXO D – CIRCUITOS DE ENSAIO – CONECTORES DE TERMINAL

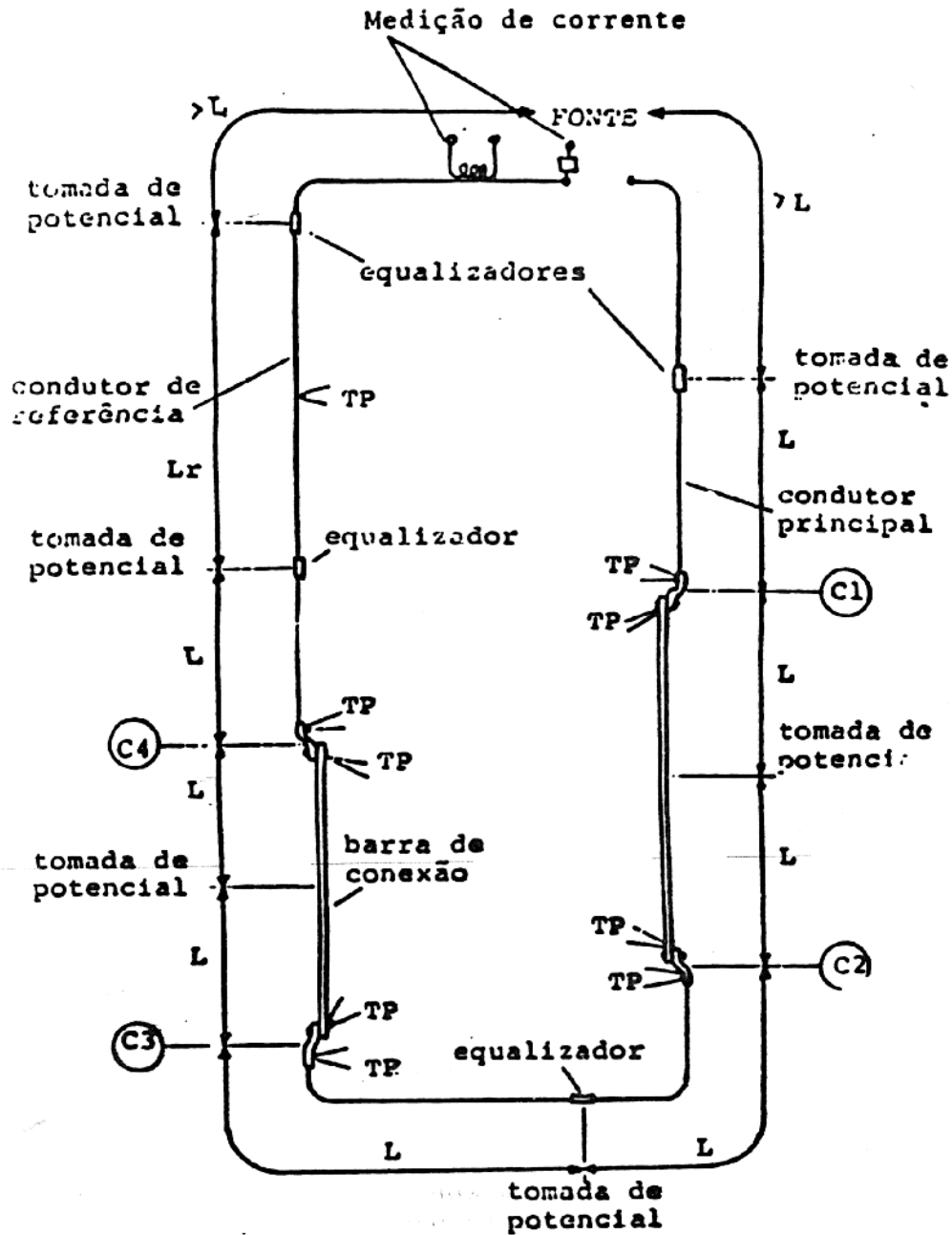


FIGURA 7 – Esquema de circuito de ensaio para conectores de terminal

Nota: TP – Termopar

ANEXO E – CLASSIFICAÇÃO DOS CONECTORES DE ALUMÍNIO

Desenho	Conector	Classe (*)	Ensaio aplicáveis item 6.2.1., Anexo
---------	----------	------------	--------------------------------------

		(*)	alíneas
MP-0701		3	a, b, c, d, e, f, g, h, i
MP-0703		1	a, b, d, e, f, g, i
MP-0715		1	a, b, d, e, f, g, i
MP-0716		2	a, b, c, d, e, f, g, h, i
MP-0721		1	a, b, d, e, f, g, i
MP-0722		3	a, b, c, d, e, f, g, h, i
MP-159-004		1	a, b, d, e, f, g, i
MP-159-001		1	a, b, d, e, f, g, i
RA-3129-0		1	a, b, d, e, f, g, i

(*) Classe de conectores

Classe 1: Conectores de tração total

Classe 2: Conectores de tração parcial

Classe 3: Conectores de tração mínima
