



ET.FE01.CELG

FERRAGENS ELETROTÉCNICAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO E SUBESTAÇÕES
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

ÍNDICE

1. GERAL
 2. CARACTERÍSTICAS E EXIGÊNCIAS GERAIS
 3. ACONDICIONAMENTO
 4. ENSAIOS DE RECEBIMENTO
 - 4.1 Geral
 - 4.2 Ensaios de Rotina
 - 4.3 Ensaios de Tipo
 5. RELATÓRIOS DE ENSAIOS
- ANEXO 1 - PRESCRIÇÕES PARA OS ENSAIOS DE ROTINA
ANEXO 2 - PRESCRIÇÕES PARA OS ENSAIOS DE TIPO
ANEXO 3 - CORRENTES PARA O ENSAIO DE AQUECIMENTO

1. GERAL
 - 1.1 Esta Especificação se aplica às ferragens de linha aérea, utilizada em linhas de transmissão e em subestações para fins de fixação, emenda, proteção elétrica ou mecânica, reparação, separação, amortecimento de vibrações etc., de condutores ou de cabos pára-raios.
 - 1.2 As ferragens deverão atender as exigências da norma NBR7095 "Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão".
 - 1.3 Salvo casos especiais, as características particulares de cada ferragem deverão atender as exigências dos respectivos desenhos normalizados.
2. CARACTERÍSTICAS E EXIGÊNCIAS GERAIS
 - 2.1 Todas as ferragens deverão ser projetadas e construídas de modo a permitir a máxima mobilidade das cadeias de isoladores.
 - 2.2 Nas partes diretamente em contato deverão ser utilizados materiais com diferença entre seus potenciais galvânicos a mais baixa possível.
 - 2.3 Os materiais em contato direto com os cabos deverão ter dureza e coeficiente de dilatação térmica o mais próximo possível do material destes.
 - 2.4 Os materiais devem suportar, sem deformações permanentes, oscilações do condutor e esforços resultantes de curto-circuito.
 - 2.5 Sob a ação de cargas dinâmicas, devidas as oscilações dos cabos, as ferragens devem suportar a abrasão resultante, sem que ocorra o desacoplamento do conjunto.
 - 2.6 As ferragens devem apresentar facilidade para montagens e desmontagem com ferramentas usuais.
 - 2.7 As ferragens devem ser projetadas para permitir os trabalhos com ferramentas de linha viva.
 - 2.8 As perdas magnéticas deverão ser reduzidas ao mínimo, evitando-se, sempre que possível, o uso de materiais magnéticos próximos ao condutor. Circuitos magnéticos fechados em torno do condutor não são admitidos.
 - 2.9 No projeto de ferragens para tensões iguais ou superiores a 138 kV, deverá ser dada especial atenção aos detalhes destinados a evitar o efeito corona.
 - 2.10 As ferragens de cadeia são caracterizadas pela resistência mecânica à tração. Ficam estabelecidas as seguintes classes de resistência mecânica definidas pela sua carga de ruptura:

<u>kN</u>	<u>(kgf)</u>	<u>Diâmetro do pino do isolador</u>
80	8000	16
120	12000	16
160	16000	20
240	24000	24

- 2.11 Os grampos de suspensão deverão:
 - a) Possuir menor peso próprio possível;
 - b) O aperto do cabo deve ser circunferencial, a fim de minimizar a concentração dos esforços;

- c) Devem possuir leitos retos de superfície lisa e isenta de rebarbas. Para permitir a mobilidade do cabo, os contornos da superfície interna e principalmente as extremidades do grampo, devem ter curvaturas adequadas e, ainda, não devem apresentar ângulos vivos mormente na embocadura. O ângulo de saída das bocas dos grampos deve ser de 15°, salvos casos especiais;
- d) O grampo deve apresentar a máxima liberdade de movimento sob as diversas oscilações;
- e) O momento de inércia do grampo em relação ao seu eixo de suspensão deve ser o mínimo possível;
- f) A distância dos pinos de suspensão ao eixo do condutor nos grampos de suspensão deverá ser a menor possível, respeitando-se contudo, o espaço necessário à instalação de outras ferragens.
- 2.12 Os grampos de ancoragem deverão:
- a) Possuir seu leito com superfície lisa e isenta de rebarbas ou outras irregularidades. Os contornos da superfície interna e principalmente as extremidades do grampo de ancoragem passante, devem ter curvaturas adequadas; não devem apresentar ângulos vivos mormente na embocadura para evitar o amassamento ou o corte dos fios da camada externa do cabo;
- b) O aperto do cabo deve ser circunferencial, a fim de minimizar a concentração dos esforços;
- c) Os grampos de ancoragem à compressão devem apresentar hermeticidade à infiltração de água.
- d) A resistência elétrica do trecho compreendendo um grampo de ancoragem a compressão não deve ser superior à do condutor de mesmo comprimento desenvolvido.
- 2.13 Nas fixações por parafuso, deverão ser previstos meios que evitem seu afrouxamento devido à vibração, através do emprego de arruelas de pressão, contra-porcas, contra-pinos ou outros dispositivos adequados.
- 2.14 As luvas de emenda e de reparo deverão:
- a) Possuir superfície interna com forma adequada para evitar o amassamento ou corte dos fios da camada externa do cabo
- b) Devem apresentar hermeticidade à infiltração de água.
- c) A resistência elétrica do trecho compreendendo uma luva de emenda ou de reparo à compressão não deve ser superior à do condutor de mesmo comprimento.
- 2.15 As características mecânicas das ferragens deverão estar de acordo com as indicações dos desenhos normalizados.
- 2.16 Os materiais das partes condutoras deverão apresentar as seguintes condutividades mínimas, referidas ao Padrão Internacional de Cobre Recozido, a 20° C:
- Alumínio (EC Grade) 61%
 - Liga de Alumínio 35%
 - Cobre 98%
 - Liga de Cobre 27%
- 2.17 As ligas de cobre utilizadas nas ferragens deverão ter, no máximo, 3,5% de zinco.
- 2.18 As varetas de proteção deverão ser construídas com liga de alumínio, com as seguintes características mecânicas:
- Tensão de ruptura, mínimo 120 N/mm²
 - Alongamento na ruptura, mínimo 5%

- 2.19 As pastas antioxidantes empregadas nas luvas de emenda e grampos de ancoragem a compressão deverão:
- a) Ser insolúveis em água;
 - b) Ser quimicamente neutras com relação aos materiais com os quais ficarão em contato, mesmo em presença de umidade;
 - c) Ser estáveis em contato com a atmosfera ambiente;
 - d) Manter as características anticorrosivas, elétricas e mecânicas da conexão, na faixa de temperatura prevista para a linha;
 - e) Ser não tóxica.
- 2.20 As ferragens deverão apresentar superfícies uniformes e sem imperfeições, evitando-se quinas vivas e pontas. As quinas vivas de porcas e de cabeças e pontas de parafusos deverão ser rebaixadas, chanfrando-as a 30° e 45° respectivamente, antes do tratamento anticorrosivo.
- 2.21 Deverão ser zincadas de acordo com a NBR-6323, "Aço ou Ferro Fundido - Revestimento do Zinco por Imersão a Quente", todas as partes ferrosas que admitirem este tratamento.
- 2.22 As partes ferrosas internas (de luvas, etc), que não possam ou não devam ser zincadas, devem ser protegidas com pasta antioxidante e vedadas para efeito de transporte e armazenagem.
- 2.23 As ferragens, quando aplicável, deverão ser marcadas de forma legível e indelével, com o nome ou marca comercial da fabricante e mais:
- a) Ferragens de cadeia - Classe de resistência mecânica;
 - b) Grampos de suspensão e grampos de ancoragem passantes - diâmetros de abraçamento (máximo e mínimo) e cargas de ruptura;
 - c) Grampos de ancoragem e luvas (de emenda ou reparo) a compressão - tipo do condutor e identificação da matriz de compressão.
3. ACONDICIONAMENTO
- 3.1 As ferragens deverão ser agrupadas em volumes adequados ao transporte rodoviário e ferroviário, devendo o fabricante atender as exigências das condições gerais de compra no que se refere à embalagem.
4. ENSAIOS DE RECEBIMENTO
- 4.1 Geral
- 4.1.1 Os ensaios de recebimento compreenderão a execução dos ensaios de rotina e, quando exigidos na CFM (Contrato de Fornecimento de Material), a execução dos ensaios de tipo.
- 4.1.2 O Fabricante deverá dispor, para execução dos ensaios, de pessoal e aparelhagem necessários, próprio ou contratado. Todas as normas e documentos citados nesta especificação deverão estar à disposição do inspetor da CELG por ocasião da inspeção. Fica assegurado ao inspetor da CELG o direito de familiarizar-se em detalhe com as instalações ou equipamentos usados, estudar suas instruções e desenhos, verificar calibrações, além de presenciar os ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.

4.1.3 Para cada lote, deverá ser adotado, para os ensaios de rotina o critério de amostragem e aceitação do Quadro.

NOTA: Cada lote consiste de todas as ferragens de mesmas características a serem entregues de uma só vez.

QUADRO
CRITÉRIOS DE AMOSTRAGEM PARA OS ENSAIOS DE ROTINA

NÚMERO	UNIDADES DO LOTE	INSPEÇÃO GERAL	RESISTÊNCIA MECÂNICA LÍQUIDO PENETRANTE	AQUECIMENTO, CONDUTIVIDADE, UNIFORMIDADE DA CAMADA DE ZINCO (PREECE)	DESCONTINUIDADE			
AMOSTRA	NA	NR	AMOSTRA	NA	NR	AMOSTRA	NA	NR
AT[- 300]	20	] 0] 1]	7	] 0] 1]	10	] 0] 1]		
] 301 - 600]	35	] 1] 2]	12	] 1] 2]	18	] 1] 2]		
] 601 - 1200]	50	] 2] 3]	12	] 1] 2]	18	] 1] 2]		
]1201 - 3200]	65	] 3] 4]	16	] 2] 3]	25	] 2] 3]		
]3201 -10000]	85	] 4] 5]	16	] 2] 3]	25	] 2] 3]		
]ACIMA -10000]	90	] 5] 6]	16	] 2] 3]	25	] 2] 3]		

NOTAS: 1) NA - Número de Aceitação:

- número máximo de unidades defeituosas para aceitar o lote;

2) NR - Número de Rejeição:

- número mínimo de unidades defeituosas para recusar o lote.

4.1.4 Se previamente acordado, o fabricante poderá substituir a execução de qualquer ensaio de tipo pelo fornecimento do relatório do mesmo ensaio executado em ferragens idênticas.

4.1.5 As prescrições para os ensaios estão indicadas nos Anexos 1 e 2.

4.2 Ensaio de Rotina

4.2.1 Inspeção Geral

4.2.1.1 Antes de serem efetuados os demais ensaios, o inspetor da CELG fará uma inspeção geral verificando dimensões, acabamento, marcação e acondicionamento das ferragens ofertadas.

4.2.2 Ensaio das ferragens condutoras (exemplos: grampos terminais de compressão e luvas de emenda).

4.2.2.1 Inicialmente deverá ser executado o ensaio de aquecimento. Se o lote for aprovado neste ensaio, deverão ser realizados os ensaios de resistência mecânica e medição da condutividade.

4.2.3 Ensaio das ferragens complementares das cadeias de isoladores.

4.2.3.1 Inicialmente, deverá ser realizado o ensaio de verificação da uniformidade da camada de zinco (Preece). Se o lote for aprovado neste ensaio, deverá ser realizado o ensaio de resistência mecânica.

4.2.4 Se indicado no Contrato de Fornecimento de Material - CFM ou, a critério do inspetor da CELG, deverão ser realizados ensaios

para verificação de descontinuidades (tais como bolhas, inclusões, trincas, etc).

- 4.3 Ensaaios de Tipo
São considerados ensaios de tipo:
a) Tensão de rádio-interferência;
b) Envelhecimento acelerado das ferragens condutoras tipo compressão;
c) Resistência à corrosão;
d) Determinação da composição química.
5. RELATÓRIO DOS ENSAIOS
- 5.1 Se os ensaios forem realizados na fábrica (o que será definido no Contrato de Fornecimento de Material - CFM) deverá ser observado o seguinte:
- 5.1.1 O relatório dos ensaios deverá conter:
a) Identificação e quantidade do material no lote;
b) Número de unidades ensaiadas, identificando-se os pontos falhos de cada uma delas, se houver;
c) Descrição breve dos métodos de ensaio e aparelhagem utilizados;
d) Memórias de cálculos efetuados;
e) Todos os resultados obtidos.
- 5.1.2 Deverão ser fornecidos relatórios separados para ferragens de características diferentes, mesmo quando fornecidos pelo mesmo Contrato de Fornecimento de Material - CFM.
- 5.1.3 O material não será liberado pelo inspetor da CELG enquanto a este não forem enviadas (03) três vias dos relatórios dos ensaios.

ANEXO 1

PRESCRIÇÕES PARA OS ENSAIOS DE ROTINA

1. ENSAIO DE AQUECIMENTO
 - 1.1 A ferragem deverá ser instalada a uma distância mínima, da fonte de tensão ou de outra ferragem, igual ao maior dos seguintes valores: 1,5 m ou 100 vezes o diâmetro do condutor.
 - 1.2 Se a ferragem é destinada a trabalhar a tração, deverá ser aplicado ao condutor durante 5 minutos, um esforço de tração igual a 20% de sua carga de ruptura, antes do ensaio de aquecimento.
 - 1.3 O ensaio deverá ser efetuado a temperatura ambiente, aplicando-se gradualmente a corrente, de ensaio, até atingir o valor indicado no gráfico do Anexo 3, mantendo-se este valor durante 60 minutos.
 - 1.4 Deverão ser medidas:
 - a) A temperatura do ponto mais quente da superfície externa da ferragem;
 - b) A temperatura do condutor a uma distância mínima da ferragem igual 50 vezes o diâmetro do condutor, sendo que esta não deverá ser inferior a 50 cm.
 - 1.5 A primeira etapa do ensaio será considerada satisfatória se a temperatura medida no ponto mais quente da ferragem não superar a temperatura medida no condutor.
 - 1.6 Em seguida, os valores indicados no gráfico do Anexo 3, deverão ser aumentados de 10%.
 - 1.7 A segunda etapa do ensaio será considerada satisfatória se a temperatura do ponto mais quente da ferragem não superar a temperatura medida no condutor.
2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA
 - 2.1 Grampos, Ferragens Condutoras e Ferragens Integrantes de Cadeia de Isoladores.
 - 2.1.1 Deverão ser executados conforme indicado nos respectivos desenhos normalizados CELG.
 - 2.1.2 Todas as ferragens deverão ser montadas de maneira usual, não sendo permitido meios especiais para aumentar a pressão sobre o condutor ou a resistência da ferragem.
 - 2.1.3 Nas ferragens de cadeia, a carga aplicada na ferragem deverá ser aumentada gradualmente, até atingir 60% da carga de ruptura especificada, durante 1 minuto. Em seguida a ferragem deve ser tracionada até a ruptura, e o valor obtido deve atender ao indicado em 2.10 nessa especificação.
 - 2.1.4 Nos grampos de suspensão, a carga aplicada deverá ser aumentada gradualmente, até atingir 80% da carga de ruptura especificada, durante 1 minuto. Em seguida a ferragem deve ser tracionada até a ruptura, e o valor obtido deve atender ao indicado em 2.1.9 nessa especificação.
 - 2.1.5 No ensaio de escorregamento dos grampos de suspensão, a carga é aplicada gradualmente até atingir o valor da carga de escorregamento do grampo, sendo mantida durante 1 minuto para certificar-se que não houve escorregamento.

- 2.1.6 Os grampos de ancoragem deverão ser ensaiados com uma barra de aço no lugar do cabo, com resistência suficiente para tracionar o grampo até a carga especificada. A carga aplicada deverá ser aumentada gradualmente, até atingir a ruptura do grampo e o valor obtido deve atender ao indicado em 2.1.9 nessa especificação.
- 2.1.7 No ensaio de escorregamento dos grampos de ancoragem, a carga é aplicada gradualmente até atingir o valor da carga de escorregamento do grampo, sendo mantida durante 1 minuto para certificar-se que não houve escorregamento.
- 2.1.8 O ensaio será considerado satisfatório quando, durante o mesmo, a ferragem não manifestar afrouxamento dos elementos de fixação, dano ou ruptura, e escorregamento ou dano apreciável sobre a superfície do condutor.
- 2.1.9 Valores recomendados para os ensaios de tração:

Tipos de ferragem	% da carga mínima de ruptura à tração do cabo especificado	
	Ruptura	Escorregamento
Grampo de suspensão, do condutor ou do pára-raios	60	25
Grampo de ancoragem, do condutor ou do pára-raios	100	90
Grampo passante reto	80	50
Luva de emenda, do condutor ou do pára-raios	-	90

3. MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE

- 3.1 O ensaio consiste em comparar a resistência elétrica de dois pedaços do condutor (emendados pela ferragem) com a resistência de um trecho contínuo do condutor, de mesmo comprimento que o conjunto emendado. Os comprimentos emendados não podem ser inferiores a 1,5m ou 100 vezes o diâmetro do condutor.
- 3.2 A prova é satisfatória quando a resistência elétrica do conjunto emendado for igual ou inferior à do condutor não emendado.

4. VERIFICAÇÃO DA UNIFORMIDADE DA CAMADA DE ZINCO (PREECE)

- 4.1 Este ensaio se aplica as partes ferrosas zincadas e deverá ser realizado de acordo com a NBR-7400, "Produto de Aço ou Ferro Fundido - Verificação da Uniformidade do Revestimento - Método de Ensaio".
- 4.2 O número mínimo de imersões deverá ser:
- | | |
|---------------------------------|--------------|
| Partes lisas: | 6 |
| Roscas externas e quinas vivas: | 4 |
| Roscas internas: | não exigido. |

5. VERIFICAÇÃO DE DESCONTINUIDADES

- 5.1 Inspeção com Partícula Magnética

- 5.1.1.1 Deverá ser realizado de acordo com a norma ASTM-E-709 "Magnetic Particle Inspection", nas ferragens de material ferromagnético, antes da zincagem.
- 5.2 Inspeção com Líquidos Penetrantes
 - 5.2.1 Deverá ser realizado de acordo com a NBR10127, "Descontinuidades Detectadas por Líquido Penetrante"
- 5.3 Inspeção Radiográfica
 - 5.3.1 Deverá ser realizado de acordo com a NBR8049 "Materiais Metálicos - Detecção de Descontinuidades Ensaio Radiográfico".
- 5.4 Inspeção com Ultra-Som
 - 5.4.1 Deverá ser realizado de acordo com a NBR9440 "Materiais Metálicos - Detecção de descontinuidades por ultra-som".

ANEXO 2

PRESCRIÇÕES PARA OS ENSAIOS DE TIPO

1. TENSÃO DE RÁDIO-INTERFERÊNCIA
 - 1.1 Deverá ser executado de acordo com a norma NEMA 107 "Methods of Measurement of Radio Influence Voltage (RIV) of High Voltage Apparatus".
 - 1.2 As tensões para o ensaio e os limites de rádio-interferência, serão fornecidas juntamente com o Contrato de Fornecimento de Material - CFM, quando da solicitação do ensaio.

2. ENVELHECIMENTO ACELERADO DAS FERRAGENS CONDUTORAS A COMPRESSÃO
 - 2.1 A ferragem deverá ser instalada entre dois pedaços de condutor tendo cada um, no mínimo, o dobro de seu comprimento, e ser submetida 20 vezes ao ciclo térmico abaixo descrito.
 - 2.2 A ferragem deverá ser aquecida até 120°C, de preferência por meio de corrente elétrica, ou em estufa. Após manter esta temperatura durante 15 minutos, a ferragem deverá ser resfriada, naturalmente ou por meio de ventiladores, até a temperatura ambiente.
 - 2.3 Antes do primeiro e após o vigésimo ciclo, mede-se a temperatura ambiente, a resistência elétrica do conjunto ferragem-condutor de comprimento aproximadamente igual a 3 vezes o comprimento da ferragem, com esta no terço médio do conjunto.
 - 2.4 A resistência elétrica medida após o vigésimo ciclo não deverá ser superior a 120% do valor inicial, nem superior aquela de um comprimento igual do mesmo condutor.

3. RESISTÊNCIA A CORROSÃO
 - 3.1 Ensaio de Corrosão em Névoa Salina (Salt Spray)
 - 3.1.1 Deverá ser executado segundo as prescrições gerais da norma NBR8094, "Material Metálico Revestido e Não Revestido - Corrosão por Exposição à Névoa Salina".
 - 3.1.2 A ferragem deverá ser montada numa camada de neblina na mesma posição e com o mesmo condutor que será usado em serviço.

NOTA: Nas ferragens de ligação cobre-alumínio, estas deverão ser colocadas de maneira que a água depositada sobre elas, não possa escorrer do cobre para o alumínio.
 - 3.1.3 O ensaio deverá durar 360 horas e, no decorrer de sua realização, deverá ser controlado o eventual efeito da corrosão sobre a resistência elétrica, e verificado, com exame visual e micrográfico, se existem pontos ou zonas de corrosão.
 - 3.2 Ensaio de Corrosão Acelerada para Ligas de Cobre
 - 3.2.1 As ferragens deverão ser imersas durante 15 minutos, numa solução aquosa de nitrato mercurioso e ácido nítrico (100 gramas de HgNO₃ e 13 cm³ de HNO₃ por litro).
 - 3.2.2 Findo o período de imersão, as ferragens não deverão apresentar indício de corrosão ou fendilhamento.

ANEXO 3

CORRENTES PARA O ENSAIO DE AQUECIMENTO

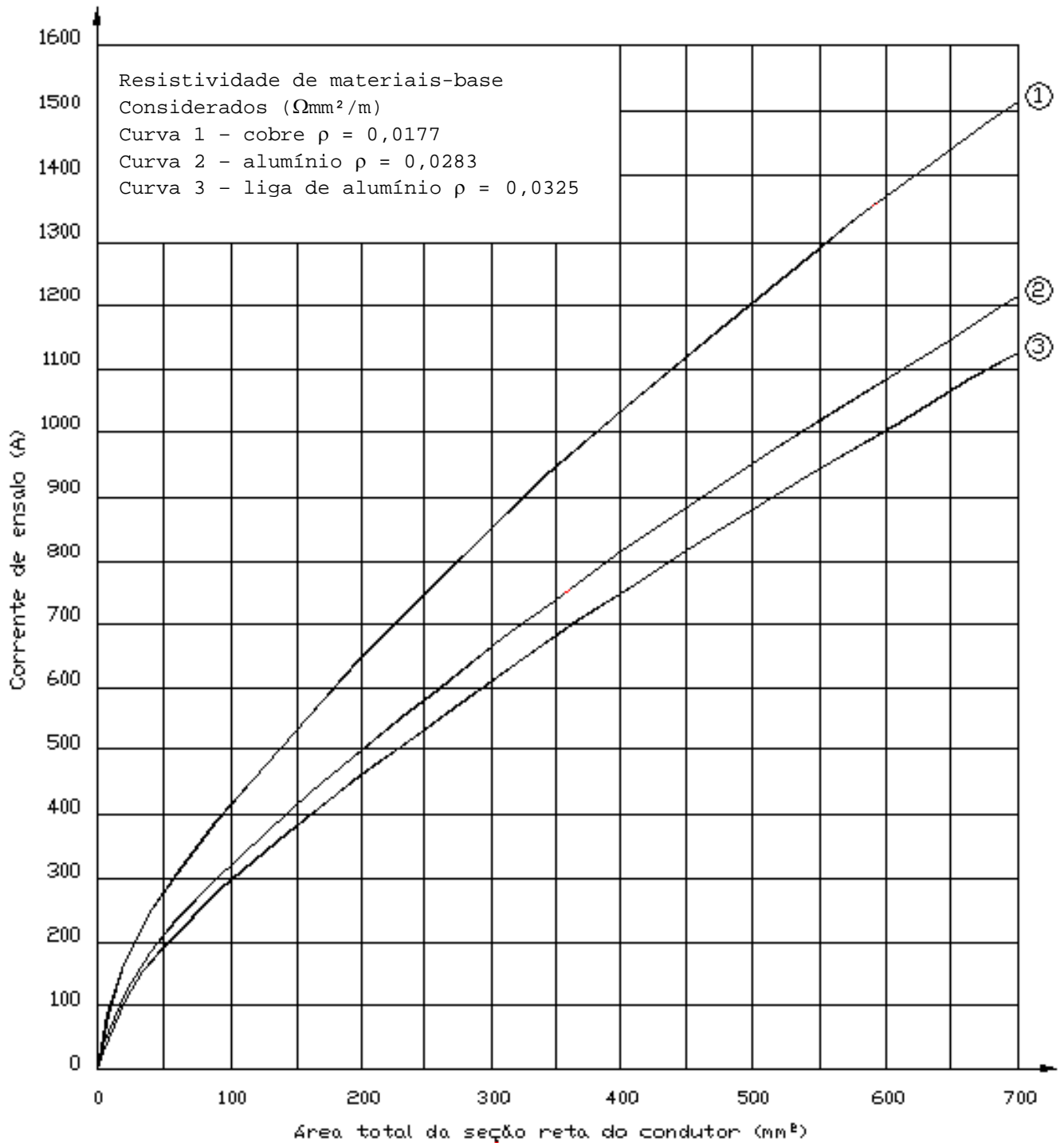


Gráfico 1

NOTAS: Para condutores de materiais diversos dos indicados no gráfico 1, a corrente de ensaio é obtida multiplicando-se o valor encontrado nestes gráficos, pelo fator K correspondente:

a) Ligas de cobre e materiais associados ao cobre (curva 1)

K = 0,954 - bronze

K = 0,300 - aço tipo 130

K = 0,548 - aço revestido de cobre, condutibilidade 30%

K = 0,633 - aço revestido de cobre, condutibilidade 40%

b) Cabos CAA (curva 2) ou cabos em liga de alumínio com alma de aço (curva 3).

K = 0,902 - formação 30 x 7

K = 0,926 - formação 6 x 1 e 26 x 7

K = 0,941 - formação 54 x 7

c) Para outros materiais ou outras formações, os coeficientes são obtidos pelo gráfico 2.

d) Exemplo de aplicação do gráfico 2

- condutor de liga Al com sigma = 47,5% (RHO = 0,0363 OHM mm²/M)

- condutividade relativa (47,5/53) x 100 = 90

ou (0,0325/0,363)x 100 = 90

Condutividade relativa (A)

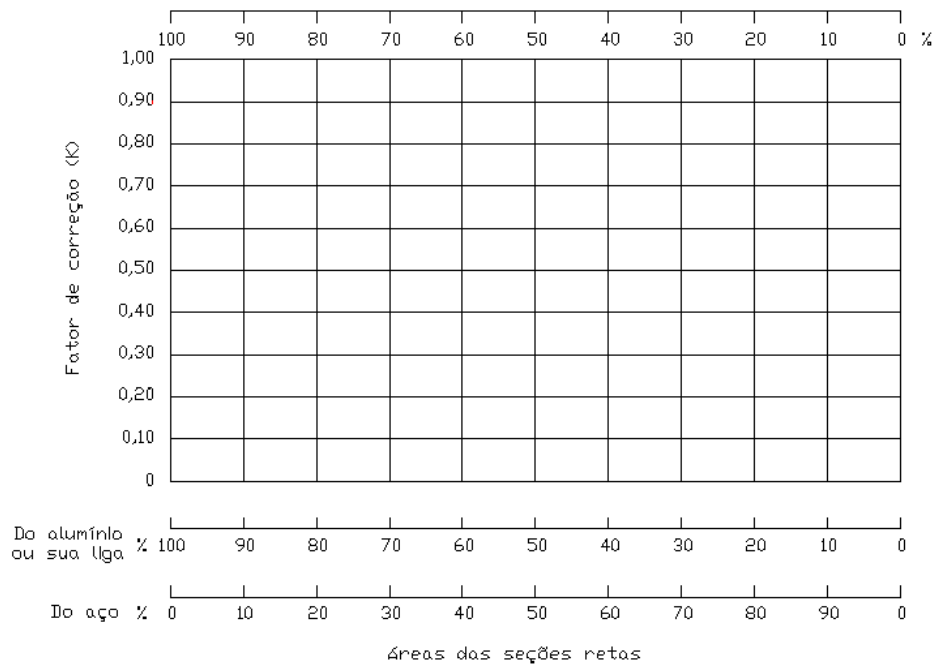


Gráfico 2

* Resistividade e condutibilidade relativa considerada de materiais de base:

COBRE $\rho = 0,0177$ OHM mm²/M (SIGMA = 97,4% IACS)

ALUMÍNIO $\rho = 0,0283$ OHM mm²/M (SIGMA = 61,0% IACS)

LIGA DE ALUMÍNIO $\rho = 0,0325$ OHM mm²/M (SIGMA = 53,0% IACS)