
Guia Técnico para a Instalação de Pára-Raios em Edifícios e outras Estruturas

DIRECÇÃO-GERAL DE ENERGIA

**LISBOA
4ª EDIÇÃO
JULHO 2000**

FICHA TÉCNICA

Título - Guia Técnico de Pára-Raios

Director - Engº Hermínio Moreira

Redacção - Direcção de Serviços de Energia Eléctrica

Coordenação Editorial e Distribuição - Divisão de Informação e Relações Externas

Edição - Direcção Geral de Energia

Av. 5 de Outubro, 87 - 1069-039 LISBOA

Tel: 21 792 2700

Linha Azul: 21 795 1980

Fax: 21 793 9540

Design: Ogilvy & Mather Portugal

Impressão - Grafifina, Indústria de Artes Gráficas, Lda.

Tiragem - 1000 exemplares

ISBN - 972-9030-06-5 (1ª edição)

972-8268-11-4 (3ª edição) - Maio de 1996

972-8268-11-4 (4ª edição) - Julho de 2000

Depósito Legal Nº - 100 386/96

ÍNDICE	Pág
NOTA INTRODUTÓRIA	7
1 — GENERALIDADES	7
1.1 — OBJECTIVO	7
1.2 — CAMPO DE APLICAÇÃO	8
1.3 — DEFINIÇÕES	8
1.3.1 — Captor	8
1.3.2 — Carga eléctrica	8
1.3.3 — Condutor de descida ou simplesmente descida	8
1.3.4 — Corrente de descarga	9
1.3.5 — Corrente de pico	9
1.3.6 — Descarga atmosférica	9
1.3.7. — Descarga lateral	9
1.3.8 — Descarregador de sobretensões	9
1.3.9 — Disruptor	9
1.3.10 — Eléctrodo de terra	9
1.3.11 — Pára-raios ou sistema de protecção contra descargas atmosféricas	9
1.3.12 — Traçador	10
1.3.13 — Volume a proteger	10
1.3.14 — Volume protegido	10
1.4 — CLASSIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E ESTRUTURAS	10
1.4.1 — Classificação das estruturas quanto às consequências das descargas (CD)	10
1.4.1.1 — Estruturas comuns (CD 1)	10
1.4.1.2 — Estruturas envolvendo riscos específicos (CD 2)	10
1.4.1.3 — Estruturas envolvendo riscos para as imediações (CD 3).....	11
1.4.2 — Classificação das estruturas quanto à altura e implantação (AI)	11
1.4.2.1 — Estruturas em situação de risco atenuado (AI 1).....	11
1.4.2.2 — Estruturas em situação de risco normal (AI 2)	11
1.4.2.3 — Estruturas em situação de risco agravado (AI 3).....	11

1.5 — NECESSIDADE DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICA	11
2 — CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTECÇÃO	12
2.1 — BASE TEÓRICA	12
2.1.1 — Modelo electrogeométrico	12
2.1.2 — Aplicação prática do modelo electrogeométrico	12
2.2 — CAPTORES	13
2.2.1 — Capttores artificiais	13
2.2.1.1 — Hastes verticais	13
2.2.1.2 — Condutores de cobertura	14
2.2.1.3 — Emalhado de condutores (Gaiola de Faraday)	14
2.2.2 — Capttores naturais	14
2.3 — DESCIDAS	15
2.3.1 — Descidas artificiais	15
2.3.1.1 — Objectivo	15
2.3.1.2 — Posicionamento e instalação dos condutores	16
2.3.1.3 — Traçado dos condutores	16
2.3.1.4 — Ligações amovíveis	17
2.3.2 — Descidas naturais	17
2.4 — LIGAÇÃO À TERRA	18
2.4.1 — Tipo de eléctrodo a utilizar	19
2.4.2 — Eléctrodos de terra naturais	20
2.4.3 — Ligações equipotenciais	20
2.4.4 — Prevenção da tensão de passo	21
2.5 — PREVENÇÃO DAS DESCARGAS LATERAIS	21
2.5.1 — Ligações equipotenciais	21
2.5.2 — Canalizações de energia eléctrica e de telecomunicações	22
2.6 — FIXAÇÃO E LIGAÇÃO DOS CONDUTORES	23
2.7 — CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE PROTECÇÃO	23
2.7.1 — Materiais	23
2.7.2 — Dimensões	24
2.8 — REGRAS INERENTES À PROTECÇÃO DE ESTRUTURAS ESPECIAIS	24
2.8.1 — Antenas de radiodifusão	24
2.8.2 — Chaminés industriais	25
2.8.3 — Postaletes e outros apoios fixados às estruturas	25
2.8.4 — Recintos desportivos	26
2.8.5 — Depósitos de produtos inflamáveis ou explosivos	26
2.8.5.1 — Depósitos enterrados	26
2.8.5.2 — Depósitos fora do solo	26
2.8.6 — Estruturas contendo produtos explosivos	27
2.8.6.1 — Capttores do tipo haste vertical	27
2.8.6.2 — Capttores suspensos	27

3 — CONSERVAÇÃO E EXPLORAÇÃO	28
3.1 — INSPECÇÕES	28
3.1.1 — Periodicidade	28
3.1.2 — Verificações e medições a realizar	29
3.2 — MANUTENÇÃO	29
Tabela 1 — Protecção contra descargas atmosféricas	30
Tabela 2 — Níveis de protecção e dimensões de verificação	30
Tabela 3a— Dimensões mínimas para captosres	31
Tabela 3b— Secções mínimas para descidas ou ligações equipotenciais essenciais	31
Tabela 3c— Secções mínimas para ligações equipotenciais não significativas	31
Tabela 4 — Dimensões mínimas para elementos do pára-raios enterrados directamente no solo	32
Tabela 5 — Periodicidade das inspecções	32
Fig. 1 — Verificação da protecção pela aplicação da "esfera fictícia" (nível de protecção normal)	33
Fig. 2 — Verificação da protecção pela aplicação do "ângulo de protecção" (nível de protecção normal)	34
Fig. 3.a — Exemplos de captosres naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios	35
Fig. 3.b — Exemplos de captosres naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios	36
Fig. 3.c — Exemplos de captosres naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios	37
Fig. 3.d — Exemplos de captosres naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios	38
Fig. 3.e — Exemplos de captosres e descidas naturais e suas interligações aos elementos artificiais do pára-raios	39
Fig. 3.f — Exemplos de captosres e descidas naturais e suas interligações aos elementos artificiais do pára-raios	40
Fig. 3.g — Exemplos de ligação da armadura do betão com os outros elementos do pára-raios	41
Fig. 4 — Anéis abertos no traçado dos condutores	42
Fig. 5 — Exemplos de eléctrodos de terra em "pata de ave" e sua interligação com outros	43
Fig. 6 — Exemplos de pára-raios em chaminés e edifícios industriais	44
Fig. 7 — Exemplo de protecção, por haste vertical, de uma estrutura contendo substâncias explosivas	45
Fig. 8 — Exemplo de captosres artificiais do tipo "haste vertical" e suas ligações às descidas	46
Fig. 9 — Exemplos de protecção, por "captosres suspensos" de estruturas contendo substâncias explosivas	47
Fig. 10 — Repartição da corrente de descarga atmosférica entre a estrutura e as canalizações que nela penetram	48

NOTA INTRODUTÓRIA

O presente **Guia Técnico** tem por objectivo reunir um conjunto de informações relativas à concepção, execução e conservação de sistemas de protecção contra os efeitos de descargas atmosféricas que incidam sobre edifícios ou outras estruturas cuja necessidade ou oportunidade de protecção tenha sido reconhecida.

Não havendo em Portugal legislação que permita estabelecer de uma forma sistemática quais os edifícios ou estruturas que devem ser dotados de pára-raios, a definição da necessidade de protecção terá de ser efectuada caso a caso, tomando em consideração o número esperado de descargas por ano sobre o volume a proteger, a sua situação relativamente a objectos ou acidentes de terreno circundantes, o tipo de construção, a sua utilização, o valor do seu conteúdo ou da continuidade do seu funcionamento, etc.

É de notar que, pelo carácter aleatório do fenómeno das trovoadas e nomeadamente devido ao facto de não serem ainda perfeitamente conhecidos os mecanismos geradores de algumas das suas características, não se torna possível obter uma garantia absoluta de protecção, existindo sempre um nível de risco cuja minimização será proporcional ao investimento a efectuar na implementação do sistema.

De qualquer forma, a aplicação dos procedimentos previstos neste guia técnico permitirá alcançar um nível de protecção estatisticamente satisfatório, não podendo, contudo, assegurar-se em absoluto que a ocorrência de circunstâncias excepcionais não possa vir a causar danos no interior do volume protegido.

Convirá referir que, embora as indicações do capítulo 2 pressuponham a opção por um sistema de protecção em contacto com a estrutura a proteger, as técnicas ali referidas são aplicáveis, com as necessárias adaptações, a sistemas total ou parcialmente isolados da estrutura a proteger (caso de 2.8.6).

O presente guia técnico aplica-se apenas à implementação de sistemas de protecção ditos convencionais, excluindo-se expressamente a utilização dos chamados pára-raios radioactivos.

Este guia-técnico não se aplica aos pára-raios ionizantes por, actualmente, ainda não existir, a nível do CENELEC e da IEC, normalização que os contemple.

Finalmente, sublinha-se que a não observância das regras técnicas adequadas no projecto, instalação e exploração de um pára-raios, conduz a uma situação em que os riscos associados à incidência de uma descarga resultam substancialmente agravados relativamente à ausência de qualquer sistema de protecção.

Sobre o assunto abrangido por este guia técnico existem as publicações internacionais seguintes:

- ENV 61 024-1 (1995);
- IEC 61 024-1 (1990).

1 — GENERALIDADES

1.1 — OBJECTIVO

Este guia tem por objectivo fornecer informação para a concepção, instalação, inspecção e conservação dos pára-raios em edifícios e outras estruturas.

Comentário:

Para que um pára-raios seja tanto quanto possível económico e eficaz, o correspondente projecto deve ser elaborado em coordenação com o projecto de construção civil da estrutura a proteger. Só assim é possível planear tempestivamente o aproveitamento de eventuais elementos condutores existentes na estrutura para a sua utilização como captosres, condutores de descida ou eléctrodos de terra naturais, bem como garantir durante a sua construção a continuidade eléctrica daqueles elementos.

1.2 — CAMPO DE APLICAÇÃO

Este guia aplica-se à concepção, instalação, inspecção e conservação de pára-raios em edifícios e outras estruturas, até 60 m de altura.

Este guia não se aplica aos pára-raios para:

- a) caminhos-de-ferro;
- b) sistemas de produção e distribuição de energia eléctrica exteriores aos edifícios;
- c) sistemas de telecomunicações exteriores aos edifícios;
- d) veículos, barcos, aviões e instalações “offshore”.

Comentário:

As condições de protecção para os sistemas referidos nas alíneas a) a d) constam da regulamentação específica.

1.3 — DEFINIÇÕES

Para efeitos de utilização do presente guia técnico adoptam-se as definições constantes dos números seguintes:

1.3.1 — Captor

Parte do pára-raios que se destina a interceptar as descargas atmosféricas incidentes no volume a proteger.

Comentário:

O captor pode ser “artificial” ou “natural”.

1.3.2 — Carga eléctrica

Quantidade de electricidade associada à corrente de descarga.

1.3.3 — Conductor de descida ou simplesmente descida

Parte do pára-raios destinada a conduzir a corrente de descarga desde os captosres até aos eléctrodos de terra.

Comentário:

A descida pode ser “artificial” ou “natural”.

1.3.4 — Corrente de descarga

Corrente que circula entre o ponto de impacto da descarga atmosférica e a terra.

1.3.5 — Corrente de pico

Máximo valor instantâneo atingido pela corrente de descarga.

1.3.6 — Descarga atmosférica

Descarga eléctrica de origem atmosférica ocorrida entre as nuvens e a Terra, consistindo num ou mais impulsos de corrente.

1.3.7 — Descarga lateral

Descarga eléctrica que se verifica no interior do volume a proteger devido a tensões originadas pela passagem da corrente de descarga.

1.3.8 — Descarregador de sobretensões

Aparelho destinado a proteger o equipamento eléctrico contra sobretensões transitórias elevadas e a limitar a duração e amplitude da corrente residual à frequência industrial.

1.3.9 — Disruptor

Dispositivo destinado a limitar as sobretensões transitórias elevadas entre duas partes no interior do volume a proteger.

1.3.10 — Eléctrodo de terra

Dispositivo constituído por um corpo condutor ou por um conjunto de corpos condutores em contacto íntimo com o solo assegurando uma ligação eléctrica com a terra.

Comentário:

O eléctrodo de terra pode ser “artificial” ou “natural”.

1.3.11 — Pára-raios ou sistema de protecção contra descargas atmosféricas

Conjunto de equipamentos cuja finalidade é proteger um edifício ou uma estrutura e o respectivo conteúdo contra os efeitos perniciosos das descargas atmosféricas directas neles incidentes.

Consideram-se partes principais de um pára-raios:

- a) captor;
- b) descida;
- c) eléctrodo de terra.

Comentário:

A finalidade de um pára-raios é a de interceptar, conduzir e dispersar na massa condutora da Terra as descargas provenientes de nuvens de tempestade, impedindo o aparecimento de diferenças de potencial perigosas no interior do volume protegido. O funcionamento do pára-raios deve evitar o aparecimento de arcos ou aquecimentos susceptíveis de provocar incêndios ou quaisquer danos em pessoas ou objectos vizinhos, dentro ou fora do volume protegido.

1.3.12 —Traçador

Canal ionizado que se destaca de uma nuvem carregada e se dirige, por saltos sucessivos, em direcção ao solo.

1.3.13 —Volume a proteger

Volume de uma estrutura ou de um local para o qual a protecção contra as descargas atmosféricas é necessária desde que executada de acordo com as prescrições do presente guia.

1.3.14 — Volume protegido

Volume no interior do qual existe, com elevada probabilidade, o efeito de protecção do pára-raios.

1.4 — CLASSIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E ESTRUTURAS

Com o fim de aconselhar quais os edifícios e as estruturas⁽¹⁾ a equipar com um pára-raios estes classificam-se quanto às consequências das descargas (CD) e quanto à altura e implantação (AI).

1.4.1 — Classificação das estruturas quanto às consequências das descargas (CD)**1.4.1.1 — Estruturas comuns (CD 1)**

São estruturas sem riscos especiais e não incluídas nos pontos 1.4.1.2 e 1.4.1.3.

1.4.1.2 — Estruturas envolvendo riscos específicos (CD 2)

São estruturas cujo tipo de construção e de utilização são tais que a incidência de descargas atmosféricas ocasiona risco no volume a proteger.

Comentário:

- a) edifícios frequentados por grande número de pessoas (escolas, hotéis, cinemas, centros comerciais, quartéis, hospitais, etc.);
- b) edifícios cujo conteúdo seja de elevado valor económico ou cultural (museus, bibliotecas, etc.);
- c) estruturas sujeitas a riscos de incêndio (armazéns de cortiça, papel, etc.);
- d) estruturas onde existam elementos especialmente sensíveis às sobretensões, nomeadamente componentes electrónicos (computadores, equipamentos de telecomunicações, etc.).

(1) No texto que se segue e a fim de facilitar a redacção, passa a utilizar-se "estrutura" com o significado de "edifício ou estrutura".

1.4.1.3 — Estruturas envolvendo riscos para as imediações (CD 3)

São estruturas cujo tipo de utilização pode fazer com que os riscos esperados como consequência de uma descarga atmosférica se estendam para o exterior do volume a proteger.

Comentário:

Apontam-se, como exemplos:

- a) estruturas contendo produtos tóxicos, radioactivos, etc.;
- b) estruturas sujeitas a risco de explosão.

1.4.2 — Classificação das estruturas quanto à altura e implantação (AI)

1.4.2.1 — Estruturas em situação de risco atenuado (AI 1)

São estruturas que, pela sua altura ou implantação, apresentam reduzida probabilidade de incidência das descargas atmosféricas.

Comentário:

A probabilidade de incidência das descargas atmosféricas vem reduzida se:

- a) a estrutura se localiza numa área relativamente extensa e contínua de estruturas de altura semelhante (cidade, florestas, etc.);
- b) a estrutura tem à sua volta e nas proximidades imediatas outras estruturas ou objectos isolados, de altura significativamente superior;
- c) a estrutura se localiza num vale escarpado, cuja profundidade exceda a altura da estrutura.

1.4.2.2 — Estruturas em situação de risco normal (AI 2)

São estruturas cuja altura e implantação não alteram significativamente a probabilidade de ocorrência de uma descarga atmosférica, relativamente à probabilidade de incidência de uma descarga no solo por elas ocupado.

1.4.2.3 — Estruturas em situação de risco agravado (AI 3)

São estruturas que pela sua altura ou implantação apresentam grande probabilidade de incidência de descargas atmosféricas.

Comentário:

A probabilidade de incidência das descargas atmosféricas considera-se grande se:

- a) a estrutura tem uma altura superior a 25 metros;
- b) a estrutura se salienta num terreno plano, afastado de árvores ou de outras estruturas;
- c) a estrutura se localiza no alto de uma elevação de terreno significativa;
- d) a estrutura está implantada junto de um desfiladeiro ou penhasco, nomeadamente, na orla marítima.

1.5 — NECESSIDADE DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Sem prejuízo da observância de legislação que especificamente a imponha, a necessidade de dotar qualquer estrutura de um pára-raios é indicada na tabela 1 anexa, elaborada tomando exclusivamente em consideração a classificação das estruturas definidas em 1.4.

Comentário:

Na determinação da conveniência de proteger estruturas para as quais seja apenas “aconselhável” a existência de um pára-raios, deve ser tomado em consideração um conjunto de elementos complementares, tais como:

- a) tipo de cobertura e respectivo material;
- b) existência de elementos condutores importantes na estrutura a proteger ou nas proximidades;
- c) características do terreno na perspectiva da realização dos eléctrodos de terra;
- d) valor económico da estrutura ou custos associados à sua indisponibilidade, etc.

2 — CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTECÇÃO

2.1 — BASE TEÓRICA

2.1.1 — Modelo electrogeométrico

De todas as metodologias até hoje ensaiadas para definir a arquitectura e o dimensionamento de pára-raios verificou-se ser o chamado “**modelo electrogeométrico**” aquele que permite uma maior aproximação às condições reais, resultando da sua adopção um processo relativamente simples para determinar o volume protegido por qualquer dos tipos de captos normalmente utilizados: hastes verticais, condutores de cobertura ou emalhado de condutores (gaiola de Faraday).

O estabelecimento do método baseia-se, fundamentalmente, em dois princípios:

- a) a distância de escorvamento do traçador é função da corrente de descarga que virá a ocorrer, sendo definida pela expressão:

$$d = 9,4 I^{2/3}$$

em que: **d** é a distância de escorvamento, em m;

I é a corrente de pico, em kA;

- b) o ponto de impacto da descarga é o primeiro alvo ao potencial da terra, à distância **d** da extremidade do traçador.

Da consideração sequencial dos dois princípios apontados resulta a forma prática de aplicação do modelo, a qual se reduz a admitir a existência de uma esfera fictícia de raio **d**, centrada na extremidade de um qualquer traçador em aproximação do volume a proteger. Os captos dos pára-raios devem ser posicionados de forma a que a esfera fictícia nunca possa atingir o volume a proteger sem que tenha primeiro contactado com um daqueles elementos ou com o solo circundante.

2.1.2 — Aplicação prática do modelo electrogeométrico

Embora o recurso ao método da esfera fictícia (ver fig. 1) seja o que traduz a aplicação do modelo electrogeométrico com maior aproximação, é usual a utilização de formas mais simplificadas de definição do volume a proteger, sem prejuízo do nível de segurança pretendido.

Assim, para os casos em que a protecção seja assegurada por hastes do tipo Franklin (ver 2.2.1) o volume protegido pode ser considerado como estando contido na superfície envolvente definida, para cada haste, por um cone de eixo vertical cuja cota do vértice e semi-ângulo satisfaçam as condições indicadas na tabela 2 (ver fig. 2).

Para os casos em que a protecção é efectuada por um emalhado de condutores do tipo "gaiola de Faraday" instalado directamente sobre a estrutura a proteger, o grau de protecção obtido é inversamente proporcional às dimensões das malhas da gaiola.

Comentário:

A diminuição das dimensões das malhas numa gaiola de Faraday reduz os efeitos de indução no interior do volume protegido, o que pode ser muito importante se naquele volume há grande número de componentes electrónicos.

O posicionamento dos captosres é adequado ao nível de protecção pretendido, se os valores indicados na tabela 2 estão cumpridos.

Na verificação da protecção pode ser utilizado, independentemente ou combinados, qualquer um dos métodos seguintes:

- a) ângulo de protecção;
- b) esfera fictícia;
- c) dimensões da malha.

A escolha do nível de protecção adequado a cada caso deverá ter em conta factores relevantes, tais como:

- a) maior ou menor concentração de pessoas na estrutura ou suas imediações;
- b) existência ou não de riscos especiais;
- c) maior ou menor valor da estrutura a proteger ou dos serviços por ela assegurados, etc.

2.2 — CAPTORES

2.2.1 — Captosres artificiais

As dimensões mínimas dos captosres artificiais são as indicadas na tabela 3.

2.2.1.1 — Hastes verticais

As hastes verticais (tipo Franklin) utilizadas como captosres de um pára-raios são constituídas por um ou mais elementos condutores da mesma natureza, electricamente contínuos e suficientemente dimensionados para suportar as solicitações mecânicas e térmicas a que possam vir a estar submetidas, nomeadamente em consequência da acção das intempéries ou de descargas atmosféricas.

A instalação deste tipo de captosres é efectuada por forma a proteger os pontos mais vulneráveis da estrutura, devendo a escolha dos materiais constituintes das hastes verticais, tanto quanto possível, garantir a rigidez dos captosres sem necessidade de espiamento.

Nos casos em que não seja possível evitar tal procedimento e se forem utilizadas espas metálicas, estas devem ser electricamente ligadas às hastes, por um lado, e à terra ou às descidas, por outro.

Os materiais utilizáveis para a execução de hastes verticais são o cobre, o ferro galvanizado por imersão a quente e o aço inoxidável (ver 2.7).

2.2.1.2 — Condutores de cobertura

Os condutores de cobertura destinam-se a conduzir a corrente de descarga desde os captadores até às descidas. Pela sua posição elevada, estes condutores podem servir, eles próprios, de captadores, integrando nesse caso sistemas de condutores emalhados do tipo gaiola de Faraday (ver 2.2.1.3).

Nos sistemas que usam hastes verticais como captadores, os condutores de cobertura devem, tanto quanto possível, interligar directamente todas as hastes instaladas no mesmo edifício, bem como os captadores naturais referidos em 2.2.2. Devem ainda ser ligados ao pára-raios todos os elementos metálicos existentes na cobertura e situados a menos de 10 m dos condutores do sistema, mesmo que não desempenhem, em princípio, as funções de captadores naturais.

A fixação dos condutores à cobertura deve ser efectuada por elementos de suporte apropriados, estabelecidos à razão de dois por metro, no mínimo.

2.2.1.3 — Emalhado de condutores (Gaiola de Faraday)

O sistema emalhado de condutores que forma uma gaiola de Faraday destinada à protecção contra descargas atmosféricas é composto, a nível da cobertura, por um polígono, formado por condutores instalados no perímetro superior da estrutura, e por condutores transversais e longitudinais estabelecidos por forma a constituir em malhas tanto quanto possível regulares. No caso de se tratar de uma cobertura inclinada, um dos condutores transversais ou longitudinais é estabelecido ao longo da sua parte mais elevada.

Comentário:

É admissível a instalação dos condutores constituintes do sistema de forma oculta, sobre as telhas ou placas de cobertura ficando neste caso, as telhas ou placas excluídas do volume de protecção. Como exemplo desta situação indica-se o caso em que a cobertura é assente sobre uma estrutura metálica composta por perfilados de secção suficiente (ver 2.2.2) e com continuidade eléctrica garantida e em que tal estrutura é utilizado como sistema de captura.

A fixação dos condutores do sistema à estrutura a proteger deve ser efectuada por elementos de suporte apropriados, estabelecidos à razão de dois por metro, no mínimo.

2.2.2 — Captadores naturais

Podem ser utilizados como captadores naturais os elementos metálicos existentes na parte superior da estrutura a proteger e suficientemente dimensionados para suportar o impacto directo de uma descarga, tais como coberturas de chaminés, clarabóias, depósitos, tomadas de ar dos sistemas de climatização, etc. Se pretender a não perfuração dos elementos metálicos pelas descargas atmosféricas, (caso de estruturas ou do seu conteúdo que apresentem risco de incêndio como por exemplo armazéns de lanifícios), estes elementos devem apresentar espessuras não inferiores a:

- 4 mm, para o ferro;
- 5 mm, para o cobre;
- 7 mm, para o alumínio.

Se for aceitável a perfuração dos elementos metálicos pelas descargas atmosféricas (caso em que desempenham apenas a função de condução da corrente de descarga), tais elementos devem apresentar espessuras não inferiores a:

- 0,5 mm, para o ferro;
- 0,3 mm, para o cobre;
- 0,7 mm, para o alumínio ou para o zinco;
- 2 mm, para o chumbo.

Os captosres naturais são integrados nos pára-raios através dos condutores de cobertura referidos em 2.2.1.2, devendo ser tomados os cuidados necessários para evitar a corrosão electrolítica das ligações sempre que o material que compõe o captor natural seja diferente do condutor de cobertura.

Nos casos em que os captosres naturais sejam compostos por mais do que um conjunto condutor, devem ser estabelecidas as continuidades necessárias para garantir uma total equipotencialização dos conjuntos.

Comentários:

1. Convém recordar que, em caso de descarga sobre um dispositivo de captura natural, a sua estrutura é percorrida por parte da corrente de descarga, a qual pode causar danos em equipamentos eléctricos eventualmente a ela ligados. Se tal for o caso, a função do captor natural deve passar a ser assegurada por um captor artificial.
2. Não é conveniente a utilização das caleiras das águas pluviais como captosres naturais ou como condutores de cobertura, não só pela dificuldade de conseguir uma continuidade eléctrica durável como pela progressiva tendência que se verifica na utilização de caleiras de material não condutor.
Quando haja garantia de continuidade eléctrica permanente, estas caleiras podem ser utilizadas desde que satisfaçam as espessuras mínimas indicadas nesta secção.

2.3 — DESCIDAS

2.3.1 — Descidas artificiais

2.3.1.1 — Objectivo

A fim de reduzir o potencial originado pela incidência de uma descarga em qualquer ponto do sistema de captosres ou dos condutores de cobertura, as descidas a instalar devem apresentar, no seu conjunto, a menor impedância possível à corrente de descarga subsequente. Assim, na concepção do sistema das descidas, os objectivos a atingir são:

- a) fornecer à corrente de descarga o maior número possível de caminhos para a terra;
- b) minimizar o comprimento e a impedância dos caminhos possíveis.

As descidas artificiais devem ser de cobre, de ferro galvanizado por imersão a quente, de aço inoxidável, com as dimensões mínimas indicadas em 2.7.2, ou de outro material adequado.

As descidas devem ser em condutores nus, não devendo utilizar-se quaisquer tipos de cabos isolados, coaxiais ou não.

2.3.1.2 — Posicionamento e instalação dos condutores

As descidas devem ser regularmente distribuídas ao longo do perímetro da estrutura, tanto quanto possível de forma a que exista uma descida junto de cada esquina da estrutura.

O número de descidas a prever e o seu posicionamento é estabelecido tendo em consideração o nível de protecção a assegurar, devendo ser instalada uma descida por cada 25, 20, 15 ou 10 m de perímetro da estrutura, consoante o nível de protecção pretendido seja fraco, normal, elevado ou muito elevado.

O número mínimo de descidas artificiais é de dois, sejam quais forem as dimensões ou a forma da estrutura a proteger.

As descidas devem ser, em regra, instaladas à vista, fixadas à superfície exterior da estrutura a proteger por meio de elementos de suporte apropriados, estabelecidos à razão de duas por metro, no mínimo. Podem ser directamente apoiadas à superfície da estrutura, a menos que aquela seja de material combustível (madeira ou plástico, por exemplo), caso em que o condutor deverá ser afastado de, pelo menos 0,08 m, não sendo exigível que o suporte do condutor seja isolado.

Por motivos estéticos ou outros, é admissível a instalação das descidas embebidas na parede da estrutura a proteger, desde que aqueles condutores sejam estabelecidos no interior de tubos de material não metálico e incombustível e seja possível efectuar as verificações e medições previstas em 3.1.2. Para este tipo de instalação mantêm-se válidas as indicações constantes em 2.3.1.3.

É ainda possível a utilização de condutores de descida em ferro galvanizado por imersão a quente directamente embebidos no betão dos pilares de betão armado nas condições indicadas em 2.3.2.

Comentário:

A instalação das descidas no exterior apresenta a vantagem de estes condutores poderem servir, eventualmente, de captos para descargas de baixa intensidade que tenham penetrado no volume protegido pelos captos propriamente ditos. Não é permitido fazer passar as descidas pelo interior dos tubos de queda das águas pluviais.

2.3.1.3 — Traçado dos condutores

O traçado a seguir pelas descidas deve ser tanto quanto possível rectilíneo e vertical, de forma a minimizar o percurso entre os elementos captos e a terra.

Devem ser evitadas as mudanças bruscas de direcção dos condutores, de forma a que não sejam criados anéis abertos que venham a provocar disrupções entre pontos diferentes da descida. Caso não seja possível evitar a formação de anéis abertos do tipo dos representados na fig. 4, deverá providenciar-se no sentido de garantir que:

$$L < 8 D \text{ (nível de protecção normal)}$$

No percurso das descidas deve ser evitada a proximidade de zonas normalmente frequentadas por pessoas, tais como varandas, portas, janelas, etc., bem como a instalação dos condutores em pontos da estrutura eventualmente sujeitos a acções mecânicas intensas.

Nas estruturas de altura superior a 20 m, devem ser instalados condutores intermédios horizontais em anel, envolvendo toda a estrutura e interligando todas as descidas, de forma a equipotencializar todos aqueles condutores a intervalos regulares a partir do topo da estrutura. O espaçamento máximo entre os anéis horizontais referidos é de 20 m.

2.3.1.4 — Ligações amovíveis

Cada descida artificial, com excepção das embebidas directamente no betão, deve ser dotada de um ligador destinado a efectuar as verificações e medições referida em 3.1.2.

Os elementos de ligação devem ser do mesmo material da descida na qual o ligador é inserido, caso aquele condutor seja do mesmo tipo, a montante e a jusante, do ligador. No caso de se verificar mudança da natureza da descida utilizada, devem empregar-se ligações bimetálicas adequadas, de forma a prevenir a ocorrência de corrosão.

Se a natureza da descida utilizada ou se as suas condições de exposição a acções mecânicas o exigirem, deve ser prevista uma protecção mecânica no troço da descida que se situa entre 2,0 m acima do solo e 0,5 m abaixo deste. O material e a configuração do elemento de protecção a utilizar deve ser escolhido de forma a não aumentar a impedância de onda da descida.

Comentário:

Não devem ser utilizados, para protecção mecânica dos condutores elementos, metálicos cuja secção transversal forme um circuito fechado em redor do condutor.

No caso de serem utilizados tubos metálicos, por exemplo, a sua secção transversal deve ser interrompida por um rasgo longitudinal ou, em alternativa, o tubo deve ser soldado em ambas as extremidades à descida.

Nos casos em que sejam utilizadas descidas naturais, os ligadores devem ser inseridos na sua ligação ao eléctrodo de terra, em condições idênticas às previstas para as descidas artificiais, se aquela ligação for efectuada fora do solo. No caso da ligação ser realizada abaixo do nível do solo, o ligador deve ser localizado numa caixa de visita apropriada, sendo tomadas as necessárias medidas preventivas relativas à corrosão da zona de ligação.

2.3.2 — Descidas naturais

Podem ser utilizados como descidas naturais os elementos metálicos existentes na estrutura a proteger que dêem garantias de continuidade eléctrica, apresentem baixa impedância e possuam robustez mecânica ao longo de toda a altura da estrutura em causa ou do troço no qual exerçam aquela função. São aplicáveis às descidas naturais as condições definidas para as descidas artificiais (ver 2.3.1).

Comentário:

Como exemplos das descidas naturais referem-se as guias de elevadores, as escadas metálicas exteriores, etc.

Não é conveniente a utilização dos tubos de queda das águas pluviais, como descidas naturais, não só pela dificuldade de conseguir uma continuidade eléctrica durável como pela progressiva tendência que se verifica na utilização de tubos de material não condutor.

Nas estruturas em que os elementos resistentes sejam constituídos por perfilados metálicos não embebidos em betão e cuja continuidade eléctrica seja assegurada, dispensa-se a existência de descidas artificiais suplementares.

Nas estruturas de betão armado, permite-se o aproveitamento da armadura metálica do betão para a função de descida natural, condicionado à garantia de continuidade eléctrica da mesma (ver fig. 3).

No entanto e para obviar à incerteza da continuidade eléctrica da armadura metálica, deve prever-se a utilização, em alguns dos pilares, de um condutor de ferro galvanizado por imersão a quente, electricamente contínuo, de 50 mm² de secção mínima, instalado em paralelo com aquela armadura, a ela fixado com arame de ferro macio e com ela embebido no mesmo betão. Tal condutor deve ser instalado com espaçamentos máximos de 25 m ao longo do perímetro da estrutura, desde que entre pilares consecutivos haja, consoante o nível de protecção pretendido, as dimensões indicadas.

Não é permitida a utilização das armaduras de elementos de betão pré-esforçado como descidas.

Comentário:

- 1) A utilização das armaduras de betão armado como descidas é possível, desde que o projecto dos pára-raios seja efectuado antes da execução da estrutura, conseguindo-se assim importantes vantagens técnicas, económicas e estéticas.
- 2) O sobreaquecimento dos condutores directamente embebidos nos pilares é muito reduzido desde que não haja descontinuidade eléctrica.

A título de exemplo, se for utilizado para escoar uma corrente de descarga de 10⁷ A²s (corrente de descarga admitida para o nível de protecção mais elevado previsto na Norma Europeia Provisória ENV 61 024-1 (1995) um condutor de ferro galvanizado de 50 mm² de secção, o seu sobreaquecimento será de:

$$\Delta\theta = \frac{1}{\alpha} \left(e^{\frac{\int i^2 dt \cdot \alpha \cdot \rho}{s^2 \cdot \gamma \cdot c}} - 1 \right)$$

em que:

$\Delta\theta$ – elevação de temperatura (K)

α – coeficiente de temperatura (K⁻¹)

$\int i^2 dt$ – energia específica (A².s)

ρ – resistividade (Ω.m)

s – secção (m²)

γ – massa volúmica (Kg.m⁻³)

c – capacidade térmica mássica (J. K⁻¹. kg)

$$\Delta\theta = \frac{1}{6,5 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(e^{\frac{10^7 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{-9}}{(50 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 7700 \cdot 469}} - 1 \right)$$

$$\Delta\theta = 211 \text{ K}$$

Valor perfeitamente aceitável.

2.4 — LIGAÇÃO À TERRA

A ligação à terra tem como finalidade a dispersão na massa condutora da Terra da corrente proveniente de qualquer descarga atmosférica que incida no pára-raios.

Dadas as características peculiares da corrente de descarga, a impedância de onda apresentada pelo eléctrodo de terra difere da sua resistência de contacto medida nas condições normais, pelo que não faz sentido estabelecer valores máximos para esta grandeza, embora seja recomendável que ela seja o menor possível face às características do terreno de implantação. O valor da resistência de contacto medida nas condições normais não deve exceder 10Ω . Em caso de impossibilidade de obtenção deste valor o eléctrodo de terra deve satisfazer ao indicado na secção 2.3 da Norma Europeia Provisória ENV 61 024-1 (1995).

A concepção de eléctrodos de terra destinados a escoar correntes de descarga deve assentar na utilização de eléctrodos tão emalhados quanto possível, por forma a dividir a corrente de descarga por grande número de ramos, os quais podem apresentar um comprimento relativamente pequeno.

2.4.1 — Tipo de eléctrodo a utilizar

O eléctrodo de terra preferencial a utilizar num pára-raios é o eléctrodo em anel, constituído por um condutor instalado na base das fundações do edifício ou embebido no maciço de betão das fundações, caso exista.

Alternativamente pode ser utilizado um condutor em anel, enterrado a uma profundidade de aproximadamente 0,80 m e envolvendo a estrutura a proteger.

Comentário:

- 1) O anel de terra deve, preferencialmente, ser constituído por ferro galvanizado por imersão a quente para que não se forme um par electrolítico com os restantes ferros das armaduras de betão enterradas o que, se o anel for de cobre, inevitavelmente, virá a acontecer (neste caso verificar-se-á a corrosão dos ferros da armadura do betão com os inconvenientes daí resultantes para a estabilidade da estrutura).
- 2) Para proteger o anel de ferro galvanizado de eventual corrosão em pontos fracos do seu revestimento de zinco, recomenda-se embebê-lo no betão das fundações.
- 3) Se para as instalações eléctricas do edifício for utilizado um eléctrodo em anel este deve ser também utilizado como eléctrodo do pára-raios.

Para estruturas de dimensões tais que o raio de eléctrodo em anel resulte inferior a 8 m, podem utilizar-se eléctrodos do tipo radial (em forma de “pata de ave”), constituídos por três condutores derivados de um ponto comum (ver fig. 5) e enterrados horizontalmente no solo a uma profundidade mínima de 0,8 m. Os condutores devem ser instalados fora do perímetro a proteger e o ângulo formado pelos elementos do eléctrodo não deve ser inferior a 60° , sendo o comprimento mínimo de cada elemento da ordem dos 6 a 8 m.

Comentário:

O comprimento indicado é válido para terrenos de resistividade até $1000\ \Omega\cdot m$ e para os níveis de protecção “fraco”, “normal” e “elevado” (ver tabela 2).

Para terrenos de maior resistividade e/ou para níveis de protecção “muito elevado” haverá que aumentar significativamente aqueles comprimentos.

A utilização de varetas enterradas verticalmente no solo na extremidade dos elementos referidos do eléctrodo radial permite reduzir a metade os comprimentos indicados, desde que o comprimento de cada vareta não seja inferior a 2 m.

Cada uma das descidas do pára-raios deve ser directamente ligada ao eléctrodo de terra, a partir do ligador referido em 2.3.1.4. A ligação deve ser efectuada ao ponto mais próximo do eléctrodo em anel, caso este exista, ou ao ponto comum do eléctrodo radial correspondente a cada descida.

Comentário:

Se não se optar pelo eléctrodo em anel, a cada descida deve corresponder um eléctrodo.

A fim de reduzir a impedância de onda no eléctrodo de terra, podem ser utilizados em conjunto os dois tipos de eléctrodos mencionados, devendo o ponto comum de cada eléctrodo radial coincidir com o ponto de ligação de cada descida ao eléctrodo em anel (ver fig. 5). Os condutores constituintes do eléctrodo radial devem ser dirigidos para o exterior do anel.

2.4.2 — Eléctrodos de terra naturais

Constituem eléctrodos de terra naturais as estruturas metálicas enterradas que façam parte ou penetrem no edifício ou estrutura a proteger. São ainda normalmente utilizadas para aquele fim as fundações em betão armado, desde que a sua continuidade eléctrica seja assegurada.

Devido ao facto de se tornar difícil verificar as características dos eléctrodos de terra naturais e, sobretudo, pela dificuldade de garantir a manutenção daquelas características ao longo do tempo, a utilização dos **eléctrodos naturais não dispensa** a instalação de **eléctrodos artificiais**, embora permita que a sua associação conduza a uma redução da impedância de onda global e a uma melhor distribuição do potencial em caso de incidência de descarga.

2.4.3 — Ligações equipotenciais

Todas as canalizações ou estruturas condutoras enterradas, cujo traçado se situe a menos de 3 m de qualquer ponto do conjunto de eléctrodos de terra do pára-raios ou que penetrem na estrutura a proteger, devem ser interligadas com aquele conjunto de eléctrodos de terra por meio de condutores de natureza e secção apropriados (ver 2.7), a fim de garantir a ausência de escorvamentos indesejados através do solo aquando da incidência de uma descarga atmosférica sobre o sistema.

A equipotencialização deve ser realizada num barramento adequado, a instalar o mais próximo possível do acesso principal da estrutura e no seu interior.

Comentário:

As canalizações que se referem são, nomeadamente, as de água, esgotos, ar comprimido, combustíveis, electricidade, telecomunicações, etc., e as estruturas condutoras são, por exemplo, carris, cabos metálicos, outros eléctrodos de terra, etc.

Na interligação das canalizações com o conjunto de eléctrodos de terra devem ser observadas todas as regras ou regulamentos específicos, eventualmente em vigor, devendo, no entanto, tomar-se como princípio geral a necessidade de equipotencialização de todas as massas e elementos condutores vizinhos, pelo menos no momento da sobretensão originada pela descarga atmosférica.

Comentário:

No caso de se tornar inconveniente, por motivos de exploração ou de segurança, uma ligação permanente entre as canalizações ou estruturas metálicas e o conjunto de eléctrodos de terra, a interligação deve ser realizada por meio de disjuntores cuja tensão de escorvamento não seja superior a 5 kV e corrente de descarga não inferior a 50 kA, para uma onda de tensão do tipo 1,2/50 μ s.

Recomenda-se que os pontos de ligação às canalizações ou estruturas, bem como os eventuais disjuntores instalados, sejam localizados numa caixa adequada, a fim de ser possível efectuar as operações de inspecção e manutenção previstas no capítulo 3.

Comentário:

A fim de manter a continuidade eléctrica das canalizações metálicas e evitar a ocorrência de escorvamentos destrutivos, devem ser previstos shunts em todos os aparelhos e acessórios intercalados nas mesmas e cujas características de condutibilidade possam suscitar dúvidas (válvulas, uniões, contadores, etc.).

2.4.4 — Prevenção da tensão de passo

A dissipação no solo de uma onda de corrente de descarga origina sempre o aparecimento de um elevado potencial no conjunto de eléctrodos de terra e, conseqüentemente, no terreno circundante, originando normalmente uma situação de risco para as pessoas e animais que ali se encontrem.

Para diminuir a probabilidade de acidente por acção da tensão de passo, deve ser tomada pelo menos uma das seguintes medidas, nomeadamente nos locais onde se preveja concentração ou trânsito de pessoas:

- a) estabelecer no local, fazendo parte do eléctrodo de terra, um emalhado de condutores horizontais enterrados no solo, não devendo as dimensões da malha exceder 5 m x 5 m;
- b) prever na zona crítica um tapete de material isolante não higroscópico (asfalto, por exemplo) com uma espessura mínima de 50 mm;
- c) aumentar a profundidade dos eléctrodos de terra para valores superiores a 1 m.

Por outro lado, deve ser dada preferência, sempre que possível, a eléctrodos de terra com a forma de anel em detrimento de eléctrodos do tipo radial.

2.5 — PREVENÇÃO DAS DESCARGAS LATERAIS

2.5.1— Ligações equipotenciais

A fim de evitar a ocorrência de fenómenos de descargas laterais, devem ser ligados aos condutores do pára-raios todos os elementos condutores de dimensões significativas existentes na estrutura a proteger e que sejam susceptíveis de propagar o potencial da terra.

Comentário:

Estão nas condições referidas, nomeadamente, as canalizações metálicas, as guias de elevadores, as estruturas resistentes metálicas ou as armaduras de betão armado (se electricamente contínuas), as bainhas metálicas das canalizações eléctricas, etc.

A ligação daqueles elementos ao pára-raios deve ser realizada, pelo menos, nos seguintes pontos:

- a) na sua parte mais elevada;
- b) ao nível do barramento de equipotencialização previsto em 2.4.3;
- c) ao nível dos condutores intermédios horizontais previstos em 2.3.1.3.

A interligação deve ser realizada directamente, utilizando condutores da mesma natureza dos elementos condutores a equipotencializar com o pára-raios, tendo em conta os procedimentos usuais para minimizar as possibilidades de corrosão electrolítica.

No caso de não ser conveniente ou possível efectuar a ligação directa referida, a mesma deve ser realizada por meio de disjuntores, cuja tensão de escorvamento não seja superior a 5 kV e corrente de descarga não inferior a 50 kA, para uma onda de tensão do tipo 1,2/50 μ s.

2.5.2 — Canalizações de energia eléctrica e de telecomunicações

Para a prevenção de descargas laterais originadas pelo pára-raios em circuitos eléctricos instalados na estrutura a proteger devem ser tomadas medidas de protecção adequadas, como por exemplo, blindagem com bainha ou armadura metálica as quais dependem das características da instalação considerada.

Não podendo os condutores activos dos circuitos ser ligados directamente à terra, devem sê-lo através de descarregadores de sobretensões apropriados às características dos circuitos a proteger, devendo aquelas ligações ser efectuadas, pelo menos, junto à entrada da canalização eléctrica da estrutura a proteger e, se a extensão dos circuitos o justificar, junto do ponto mais elevado atingido pelo circuito.

O descarregadores de sobretensão devem apresentar valores de corrente de escorvamento mínimo compatíveis com as correntes de descarga previsíveis e com as zonas de protecção onde vierem a ser instalados.

Comentário:

- 1) Um exemplo de circuito cujos condutores activos carecem de bainha ou armadura metálica e da aplicação de descarregadores de sobretensões nos pontos mais elevados, é o de alimentação de lâmpadas de sinalização aeronáutica instaladas em chaminés, antenas, postes, etc.
- 2) Dado que este guia se destina, fundamentalmente, à protecção de estruturas contra as descargas atmosféricas (descargas directas) não se indicam elementos sobre as zonas de protecção por estas estarem, em regra, associadas à protecção das instalações (descargas indirectas). Contudo, para a definição das zonas de protecção bem como para a obtenção dos parâmetros de dimensionamento dos descarregadores de sobretensões veja-se a Norma IEC 1312 - 1 (1995).

Para o dimensionamento das características de escoamento e dissipação de energia dos descarregadores de sobretensões (DST) a instalar em linhas de alimentação de energia ou de telecomunicações que penetram num edifício, a Norma IEC 1312-1 considera que: (veja-se a figura 10).

- 50% da corrente de descarga que incide no pára-raios do edifício flui directamente para a terra através do respectivo eléctrodo;
- Os restantes 50% da corrente de descarga dividem-se igualmente, pelas diversas canalizações condutoras que penetram no edifício (canalizações metálicas, alimentação de energia eléctrica, linhas de telecomunicação, etc.); a corrente que flui por cada canalização condutora divide-se igualmente por cada um dos condutores activos que a constituem.

Os parâmetros a ter em conta no cálculo da solicitação dos DST (corrente de pico, carga e energia específica) encontram-se indicados no Quadro I da Norma IEC 1312-1, para os diferentes níveis de protecção.

Exemplo:

Consideramos o caso mais desfavorável de um edifício que apenas possui alimentação de energia eléctrica e que esta é efectuada através de uma alimentação monofásica (L+N). Considere-se ainda que para o edifício em causa é exigido o Nível de Protecção I ("Muito elevado").

Os parâmetros da descarga directa são, segundo a IEC 1312-1:

Corrente de Pico (I) = 200 KA (10/350 μ s)

Carga (Q) = 100 C

Energia Específica (W/R) = 10 MJ/ Ω (ou A².s).

Os parâmetros da corrente de descarga que flui pelo cabo de alimentação são:

I = 100 KA (10/350 μ s)

Q = 50 C

W/R = 2,5 MJ/ Ω

NOTA - A energia específica varia com a corrente numa relação quadrática.

Os parâmetros mínimos a considerar para a escolha do DST a colocar em cada condutor activo da alimentação serão:

I = 50 KA (10/350 μ s)

Q = 25 C

W/R = 0,625 MJ/ Ω

Recorde-se que, em caso de descarga, a bainha ou armadura dos cabos será percorrida por parte da corrente de descarga, pelo que haverá que ter em conta a eventual solicitação térmica a que aquela bainha ou armadura será submetida.

2.6 — FIXAÇÃO E LIGAÇÃO DOS CONDUTORES

A fixação dos elementos do pára-raios às superfícies de apoio deve ser efectuada de forma a garantir a sua estabilidade nas condições normais e anormais previsíveis, nomeadamente no que se refere às acções mecânicas inerentes a factores atmosféricos desfavoráveis (vento, neve, gelo, etc.).

As ligações a efectuar entre os vários elementos do sistema devem ser reduzidas ao mínimo indispensável, tomando-se todas as medidas necessárias à garantia de uma continuidade eléctrica eficaz e permanente entre os elementos interligados.

As ligações devem ser realizadas por soldadura forte, cravação ou aperto mecânico, de modo a garantir uma boa continuidade eléctrica e por forma a evitarem-se fenómenos de corrosão, nomeadamente, a corrosão electrolítica.

2.7 — CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE PROTECÇÃO

2.7.1 — Materiais

Os materiais a utilizar nos diversos componentes dos pára-raios são o cobre, o ferro galvanizado por imersão a quente e o aço inoxidável.

A escolha do material a empregar deve ser efectuada tendo principalmente em conta os riscos de corrosão a que os elementos do sistema podem vir a ficar submetidos devido a eventuais condições de poluição esperada no volume envolvente de cada componente, devendo procurar-se que, tanto quanto possível, todos os elementos do sistema sejam compostos pelo mesmo tipo de material.

Comentários:

- 1) Não se considera a utilização de condutores de alumínio pelas suas fracas características de resistência à corrosão; no entanto, quando as fachadas dos edifícios forem de alumínio, estas podem ser utilizadas como componentes do pára-raios.
- 2) A conveniência da utilização de material idêntico nos diversos componentes do sistema reside na necessidade de evitar a corrosão das ligações. Caso se torne indispensável a utilização de materiais diferentes, haverá que tomar as necessárias medidas preventivas, nomeadamente com a utilização de dispositivos bimetálicos. Recorda-se ainda a conveniência de verificar a compatibilidade electroquímica entre os elementos do sistema e a própria estrutura a proteger.

Os materiais utilizados devem apresentar suficiente resistência mecânica para suportar os efeitos electrodinâmicos produzidos pela corrente de descarga e ser convenientemente dimensionados relativamente aos correspondentes efeitos térmicos (ver 2.7.2).

Todos os pontos de ligação enterrados devem ser preservados dos efeitos da humidade, por envolvimento em meio não higroscópico (massa ou fita betuminosa, por exemplo).

2.7.2 — Dimensões

As dimensões mínimas dos elementos do pára-raios são as indicadas nas tabelas 3 e 4, conforme se trate de condutores instalados ao ar ou enterrados.

Os valores indicados nas tabelas 3 e 4 correspondem a dimensões mínimas, devendo ser aumentados sempre que tal se justifique, nomeadamente por razões de ordem mecânica ou por serem de reear os efeitos destrutivos de corrosão.

2.8 — REGRAS INERENTES À PROTECÇÃO DE ESTRUTURAS ESPECIAIS

2.8.1 — Antenas de radiodifusão

As estruturas de suporte de antenas emissoras são normalmente metálicas e de altura apreciável, pelo que funcionarão normalmente como captores e descidas naturais. Devem ser ligados a um ou mais eléctrodos de terra em anel, devendo, caso haja espiamento, fazer-se corresponder cada anel à fixação ao solo das espigas metálicas eventualmente instaladas. Os referidos anéis devem ser interligados em, pelo menos, dois pontos.

Se houver necessidade de manter isolada da terra a estrutura de suporte da antena, devem prever-se disjuntores apropriados, tanto na sua base como nos pontos de fixação das espigas à estrutura.

O suporte metálico de antenas receptoras instaladas em edifícios dotados de pára-raios deve ser ligado aos condutores de cobertura, mesmo que se encontrem no interior do volume a proteger.

É possível a utilização do suporte metálico de uma antena receptora como captor desde que, simultaneamente:

- a) o suporte seja constituído por tubos suficientemente resistentes não necessitando de espiamento;
- b) a extremidade do suporte ultrapasse a antena mais elevada em, pelo menos, 1 m;
- c) o suporte seja directamente ligado aos condutores de cobertura;
- d) o cabo coaxial da antena passe pelo interior do suporte.

Comentário:

Em caso de incidência de uma descarga no suporte da antena devem esperar-se danos no equipamento a ela ligado, os quais podem ser minimizados por recurso a descarregadores de sobretensão.

2.8.2 — Chaminés industriais

O captor a instalar no topo da chaminé deve ser constituído por um condutor em anel estabelecido na periferia da estrutura, localizado de forma a minimizar o seu contacto com os fumos ou gases expelidos pela chaminé (ver fig. 6).

O material de que é constituído o referido anel deve ser escolhido tendo em conta a composição dos fumos ou vapores envolventes, sendo normalmente aconselhável a utilização do aço inoxidável. O tipo de material escolhido para o anel deve ser mantido nas descidas até, pelo menos, 3 m abaixo do topo.

Comentário:

É aconselhável que, na zona da chaminé onde os condutores do pára-raios fiquem mais sujeitos à corrosão pelos agentes químicos contidos nos fumos, sejam reforçadas as dimensões referidas em 2.7.2.

Recomenda-se ainda que os condutores de cobre sejam estanhados e que a espessura de galvanização do ferro seja aumentada.

Devem ser instaladas, no mínimo, duas descidas, dispostas simetricamente, sendo colocadas de modo a que uma delas fique do lado dos ventos predominantes.

A intervalos não superiores a 20 m, contados a partir do topo, devem ser montados anéis de equipotencialização, interligando as descidas.

O eléctrodo de terra deve ser, preferencialmente, do tipo anel, ao qual devem ser directamente ligadas todas as descidas existentes, através das ligações amovíveis referidas em 2.3.1.4.

2.8.3 — Postaletes e outros apoios fixados às estruturas

Os postaletes e outros apoios metálicos das redes de distribuição de energia em baixa tensão não devem ser directamente ligados aos elementos dos pára-raios eventualmente existentes na estrutura, a fim de não transmitir àqueles condutores quaisquer tensões de defeito devidas a quebras de isolamento. Sempre que não seja possível garantir o afastamento entre os apoios metálicos das redes e os elementos dos pára-raios e, convindo que no momento da ocorrência de uma descarga exista equipotencialidade entre o apoio da rede e os condutores do pára-raios, devem aqueles ser ligados entre si através de disruptores adequados.

2.8.4 — Recintos desportivos

A protecção dos edifícios existentes em recintos desportivos é efectuada de forma idêntica à de qualquer outro edifício do mesmo tipo construtivo.

As áreas descobertas que careçam de protecção devem ser incluídas nos volumes a proteger através de sistemas de hastes verticais ou de sistemas de condutores horizontais, com aproveitamento eventual de elementos metálicos dominantes normalmente existentes em locais daquele tipo (torres de iluminação, mastros de bandeiras, coberturas metálicas, etc.).

Nestas zonas de grande concentração de pessoas devem ser tomados cuidados especiais relativamente aos efeitos das tensões de passo.

2.8.5 — Depósitos de produtos inflamáveis ou explosivos

2.8.5.1 — Depósitos enterrados

Os depósitos metálicos de produtos inflamáveis ou explosivos directamente e completamente enterrados no solo não carecem de protecção específica contra a acção das descargas atmosféricas.

Devem, no entanto, ser tomados todos os cuidados indispensáveis à garantia de uma equipotencialização perfeita entre todos os elementos metálicos que constituem o depósito ou que estabelecem as suas ligações com o exterior.

Se a instalação comportar vários depósitos enterrados, deve ser efectuada uma interligação entre eles, garantindo-se de uma forma durável a sua equipotencialização. Esta interligação pode ser assegurada pelas canalizações metálicas eventualmente existentes entre depósitos, desde que sejam garantidas as necessárias características de condutibilidade e continuidade eléctricas, por parte da canalização.

2.8.5.2 — Depósitos fora do solo

Consideram-se depósitos fora do solo aqueles que não se encontram completamente enterrados, incluindo-se nesta designação tanto os depósitos situados ao ar livre como os que são localizados em caves, recintos cobertos ou fossas.

Os depósitos contendo produtos inflamáveis ou explosivos instalados fora do solo devem ser dotados de pára-raios, os quais podem ser os existentes nos edifícios onde se encontrem, no caso de depósitos instalados em caves ou recintos cobertos.

Para depósitos ao ar livre ou instalados em fossas, se a espessura da chapa do depósito for inferior a 5 mm ou se o depósito for de betão armado, é necessária a instalação de captos adequados, não podendo o próprio depósito desempenhar aquela função.

Cada instalação de armazenagem de produtos inflamáveis ou explosivos, qualquer que seja o número de depósitos fora do solo de que se componha, deve ser dotada de um único sistema de ligação à terra, o qual deve ser preferencialmente constituído por eléctrodos em anel. Para evitar a corrosão electrolítica, recomenda-se que o material dos eléctrodos de terra seja idêntico ao dos depósitos que a eles são ligados.

Todos os depósitos e canalizações metálicas existentes no edifício devem ser ligados ao ponto mais próximo do pára-raios instalado, nas condições prescritas em 2.5.1.

2.8.6 — Estruturas contendo produtos explosivos

A conveniência ou a necessidade de protecção de estruturas contendo produtos explosivos excede o âmbito deste guia técnico devendo, para o efeito, observar-se o disposto na legislação em vigor relativa àqueles produtos, designadamente o DL 142/79, de 23 de Maio.

Se a decisão da instalação de um pára-raios for assumida para estruturas daquele tipo, deve prever-se a montagem de um pára-raios separado da estrutura em causa, o qual se destina a interceptar qualquer descarga incidente sem que se verifique o contacto dos elementos do pára-raios com a estrutura.

2.8.6.1 — Captadores do tipo haste vertical

Este tipo de protecção é normalmente usado quando a estrutura a proteger é isolada e de relativamente pequenas dimensões.

O volume protegido por uma haste vertical (tipo Franklin) é, neste caso, definido pelo cone de protecção estabelecido como em 2.1.2, mas cujo semi-ângulo no vértice é de 30°.

Comentário:

O valor adoptado corresponde a um nível de protecção intermédio entre “elevado” e “muito elevado” (tabela 2).

No caso de se prever a utilização de mais do que uma haste, o ângulo a considerar na zona interior às hastes pode ser aumentado até 45°, mantendo-se a limitação de 30° para o espaço exterior àquela zona.

Esta forma de determinar o volume protegido apenas é utilizável se a distância entre as hastes não exceder os 10 m.

A altura das hastes verticais a empregar é limitada a 20 m, sendo de 2 m o afastamento mínimo entre a estrutura a proteger e cada uma das hastes.

O eléctrodo de terra a instalar deve ser do tipo anel, estabelecido na periferia do edifício a proteger e a uma profundidade mínima de 0,80 m, devendo apresentar um traçado tão próximo quanto possível das hastes verticais.

No caso da estrutura possuir um eléctrodo de terra nas fundações, este deve ser ligado em pelo menos três pontos, regularmente distribuídos, ao eléctrodo em anel atrás referido. Nas figs. 7 e 8 fornecem-se exemplos de protecção por dispositivos de captura do tipo haste vertical.

2.8.6.2 — Captadores suspensos

Para a protecção de estruturas de dimensões horizontais significativas, pode utilizar-se um ou mais condutores horizontais suspensos por cima da estrutura a proteger, suportados por apoios verticais implantados no solo e afastados daquela estrutura (ver fig. 9).

No caso da utilização de um só condutor horizontal, o ângulo de protecção a considerar é de 30° , devendo ser verificada a inclusão da estrutura no volume protegido no ponto mais baixo do condutor, nas condições de flecha máxima.

Quando se utilizarem vários condutores horizontais paralelos, o ângulo a considerar no espaço entre condutores será de 45° , para espaçamentos máximos entre eles de 10 m.

A distância mínima entre a estrutura a proteger e o ponto mais baixo dos condutores horizontais, bem como o afastamento mínimo dos suportes respectivos relativamente àquela estrutura, é de 2 m.

Os apoios que suportam os condutores horizontais devem, preferencialmente, ser metálicos. Podem, contudo, ser de betão armado ou de madeira desde que sejam dotados exteriormente de dois condutores do mesmo material dos condutores horizontais e a eles ligados na parte superior. As descidas assim constituídas devem sobressair do topo do apoio em 0,2 m, no mínimo.

Deve ser estabelecido, pelo menos, um eléctrodo de terra em anel, com um traçado tão próximo quanto possível dos suportes verticais e instalado a uma profundidade mínima de 0,8 m.

No caso do edifício possuir um eléctrodo de terra nas fundações, este deverá ser ligado em pelo menos três pontos, regularmente distribuídos, ao eléctrodo em anel atrás referido.

Na fig. 9 indica-se um exemplo de protecção por dispositivo de captura suspenso.

3 — CONSERVAÇÃO E EXPLORAÇÃO

3.1 — INSPECÇÕES

As instalações de pára-raios devem ser objecto de acções de inspecção e manutenção das quais se deve elaborar um relatório.

3.1.1 — Periodicidade

Os pára-raios devem ser inspeccionados por um técnico habilitado logo após a sua instalação.

Para além da inspecção inicial, devem ser efectuadas inspecções periódicas, cuja frequência depende do nível de protecção considerado exigível para a instalação em causa (ver 2.1.2), de acordo com tabela 5.

Os pára-raios devem ainda ser inspeccionados sempre que se verifiquem os seguintes casos:

- a) alterações da estrutura a proteger;
- b) modificações ou reparações dos elementos do pára-raios;
- c) ocorrência de descargas atmosféricas sobre o pára-raios.

3.1.2 — Verificações e medições a realizar

As acções de inspecção previstas em 3.1.1 destinam-se a confirmar a correcta concepção do sistema de acordo com as indicações deste guia técnico, devendo verificar-se:

- a) o bom estado de conservação, de fixação e de funcionamento dos captosres, das descidas, dos elementos de ligação, etc., com confirmação, por medição, da respectiva continuidade eléctrica;
- b) o bom estado de funcionamento dos disjuntores e dos descarregadores de sobretensão existentes no pára-raios;
- c) o valor da resistência de contacto do eléctrodo, o qual não deve ser superior em mais de 50% ao valor obtido aquando da primeira inspecção, nunca devendo exceder 10 Ω .

Comentário:

Embora o valor numérico da resistência de contacto do eléctrodo de terra de um pára-raios não corresponda ao valor da impedância de onda respectiva, a sua medição sucessiva dá uma indicação sobre o estado de conservação dos elementos enterrados, permitindo detectar qualquer degradação anormal do eléctrodo de terra.

3.2 — MANUTENÇÃO

Na sequência das acções de inspecção do pára-raios referidas em 3.1.1 e 3.1.2 ou sempre que se justifique, devem ser realizados trabalhos de manutenção do sistema que garantam que este mantém a sua conformidade com as recomendações deste guia técnico.

Tabela 1 — Protecção contra descargas atmosféricas

ALTURA E IMPLANTAÇÃO CONSEQUÊNCIAS DAS DESCARGAS	ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE RISCO ATENUADO (AI 1)	ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE RISCO NORMAL (AI 2)	ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE RISCO AGRAVADO (AI 3)
Estruturas comuns (CD 1)	DISPENSÁVEL	ACONSELHÁVEL	ACONSELHÁVEL
Estruturas envolvendo riscos específicos (CD 2)	ACONSELHÁVEL	NECESSÁRIO	NECESSÁRIO
Estruturas envolvendo riscos para as imediações (CD 3)	NECESSÁRIO	NECESSÁRIO	NECESSÁRIO

Tabela 2 — Níveis de protecção e dimensões de verificação

NÍVEL DE PROTECÇÃO	Altura do vértice do cone de protecção (m) (a)						Raio da esfera fictícia R (m)	Menor dimensão da malha M (m)
	10	20	30	40	50	60		
	ângulo de protecção (b) (graus)							
I (Muito elevado)	45	20	(c)	(c)	(c)	(c)	20	5 x 5
II (Elevado)	55	35	25	(c)	(c)	(c)	30	10 x 10
III (Normal)	60	45	35	25	(c)	(c)	45	15 x 15
IV (Fraco)	65	55	45	35	30	25	60	20 x 20

a) Para alturas diferentes destas pode utilizar-se uma interpolação linear dos valores indicados para os ângulos de protecção.

b) Semi-ângulo no vértice do cone.

c) Para este caso, aplica-se o método da esfera fictícia ou o critério das dimensões da malha.

Tabela 3a — Dimensões mínimas para captadores

		COBRE	FERRO GALVANIZADO OU AÇO INOXIDÁVEL
FIOS	SECÇÃO (mm ²)	35	50
VARETAS *	DIÂMETRO (mm)	15 (PONTEIRAS) 25 (HASTES)	15 (PONTEIRAS) 25 (HASTES)
CABOS NUS	SECÇÃO (mm ²)	35	50
	DIÂMETRO MÍNIMO DO FIO (mm)	1,0	1,5
FITAS	SECÇÃO (mm ²)	40	50
	ESPESSURA MÍNIMA (mm)	2,0	2,5
<p>* Utilizada em hastes ou ponteiras de captura. Os valores indicados referem-se a diâmetros na base.</p>			

Tabela 3b — Secções mínimas para descidas ou ligações equipotenciais essenciais

MATERIAL	COBRE	FERRO GALVANIZADO OU AÇO INOXIDÁVEL
SECÇÃO (mm ²)	16	50

Tabela 3c — Secções mínimas para ligações equipotenciais não significativas

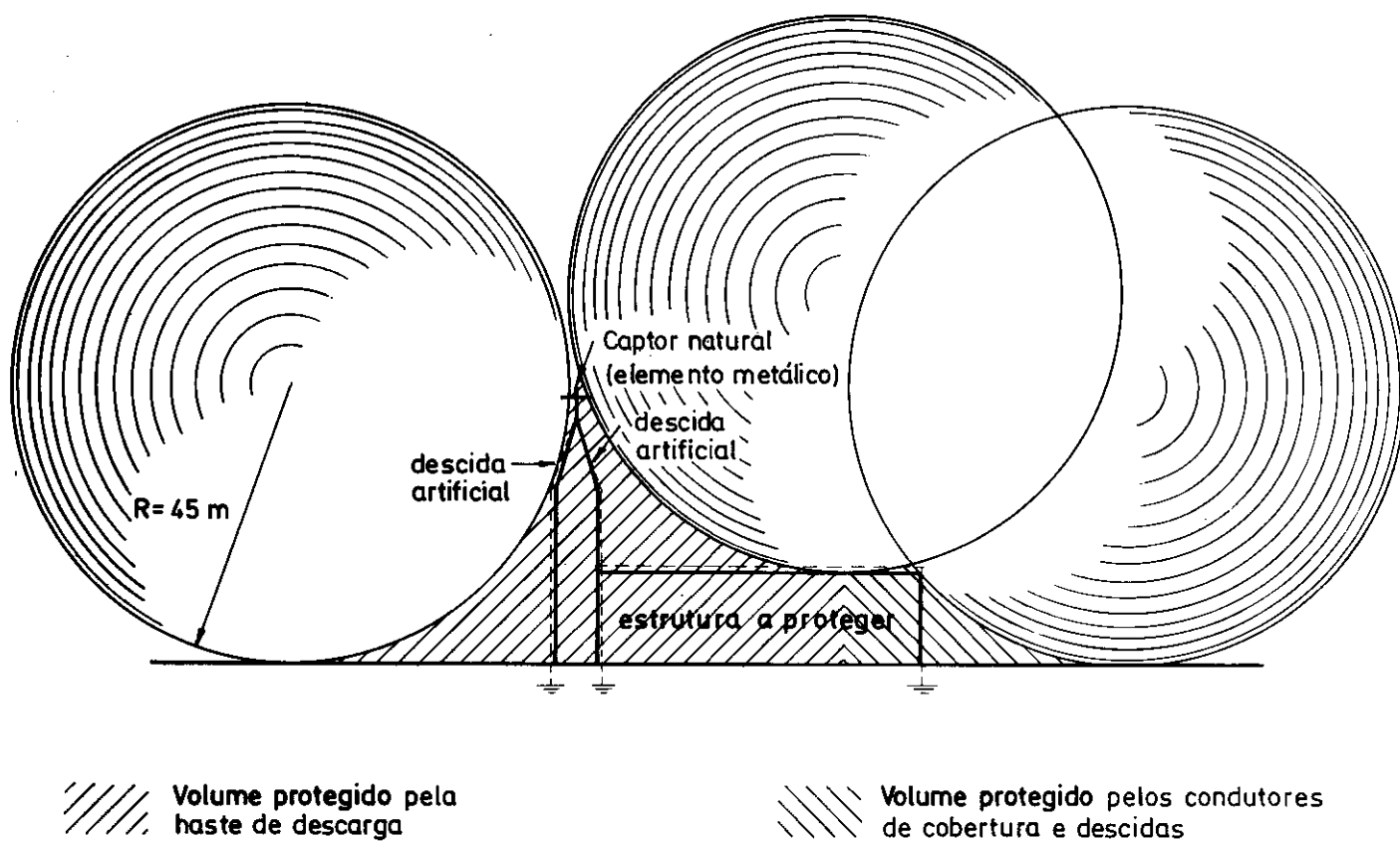
MATERIAL	COBRE	FERRO GALVANIZADO OU AÇO INOXIDÁVEL
SECÇÃO (mm ²)	6	16

Tabela 4 — Dimensões mínimas para elementos do pára-raios enterrados directamente no solo

		COBRE	FERRO GALVANIZADO (a) OU AÇO INOXIDÁVEL
FIOS	SECÇÃO (mm²)	35	50
VARETAS	DIÂMETRO (mm)	15 (b)	15
CABOS NUS	SECÇÃO (mm²)	35	—
	DIÂMETRO DO FIO (mm)	1,8	—
PERFILADOS	SECÇÃO (mm²)	50	50
	ESPESSURA MÍNIMA (mm)	3	3
FITAS	SECÇÃO (mm²)	50	60
	ESPESSURA MÍNIMA (mm)	2	3
TUBOS	SECÇÃO (mm²)	50	50
	ESPESSURA MÍNIMA (mm)	2	2
(a) A espessura mínima de revestimento é de 50 µm.			
(b) É admissível a utilização de varetas de aço revestido de cobre com espessura adequada ao processo de fabrico.			

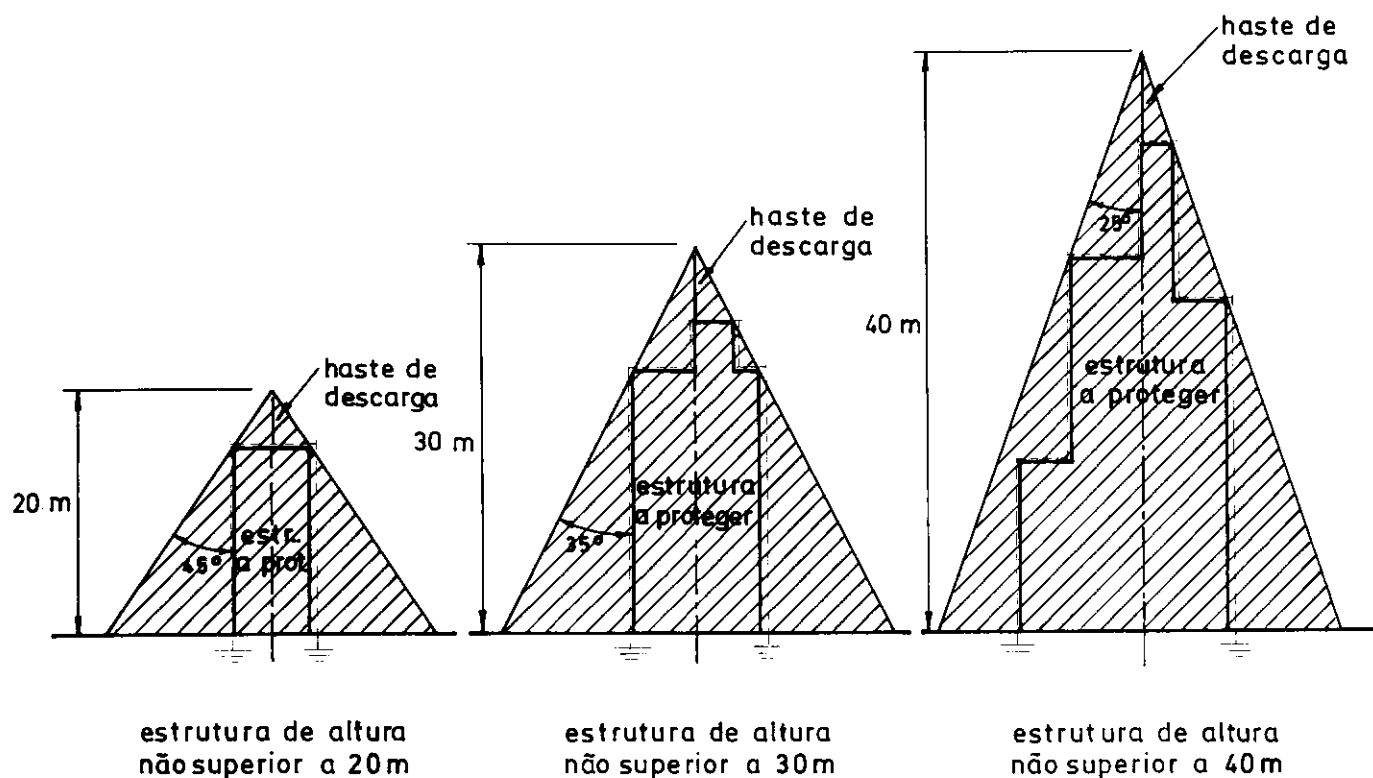
Tabela 5 — Periodicidade das inspecções

NÍVEL DE PROTECÇÃO	MUITO ELEVADO	ELEVADO	NORMAL	FRACO
PERIODICIDADE DAS INSPECÇÕES (ANOS)	1	3	5	5



Nota - A verificação deve ser feita a três dimensões (volume) e não apenas a duas dimensões com na figura.

Fig. 1 - Verificação da protecção pela aplicação da "esfera fictícia" (nível de protecção normal)



Nota: Para estruturas de altura superior a 20 m, pode ser utilizada a intersecção dos diferentes ângulos como se indica na figura abaixo.

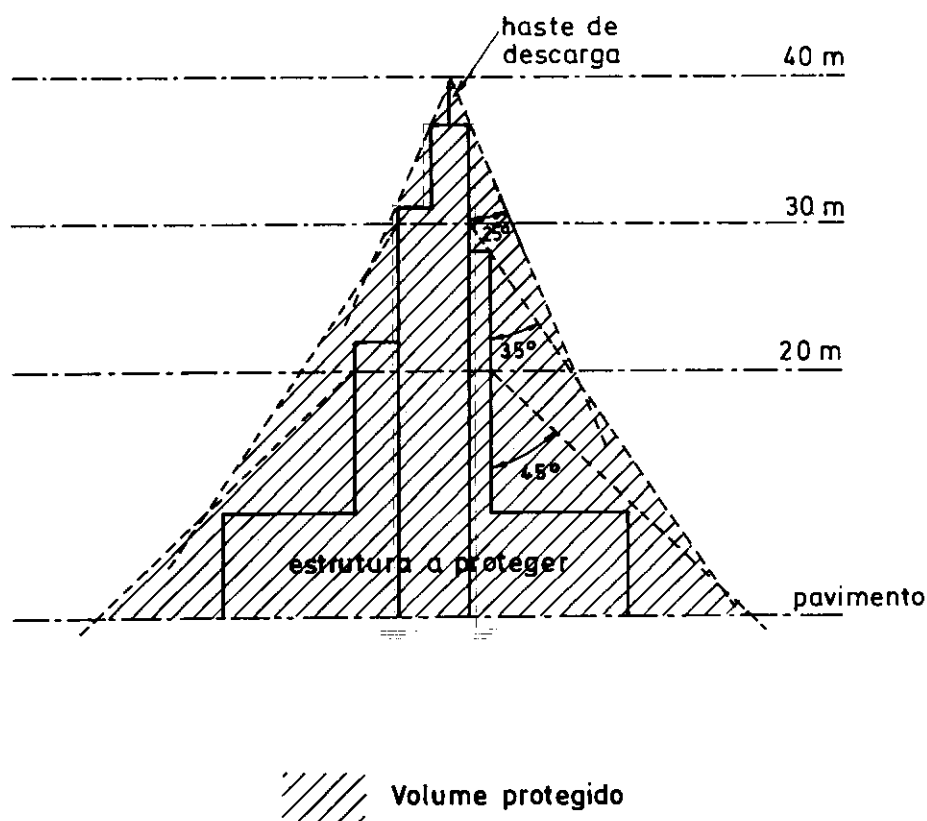
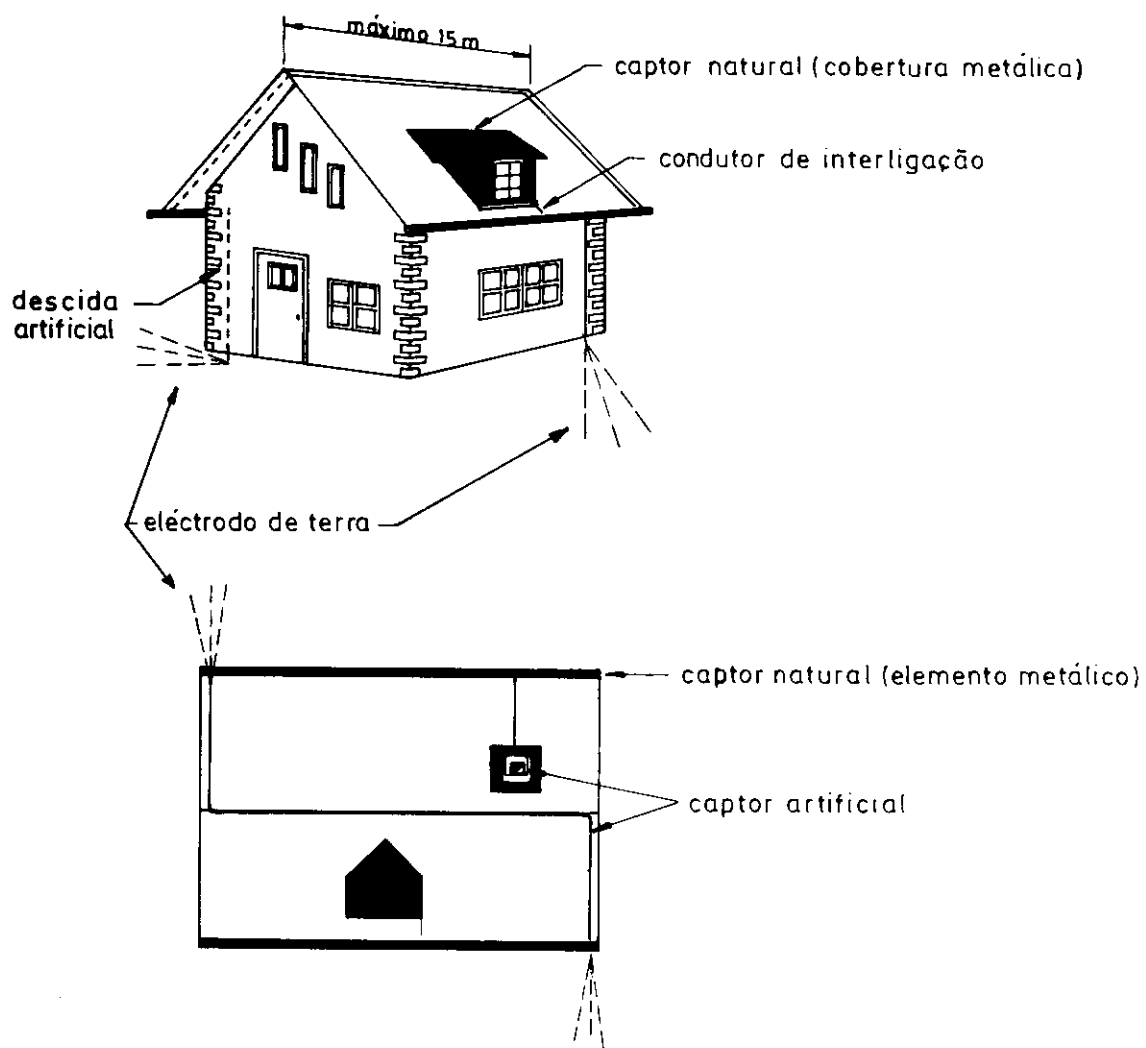


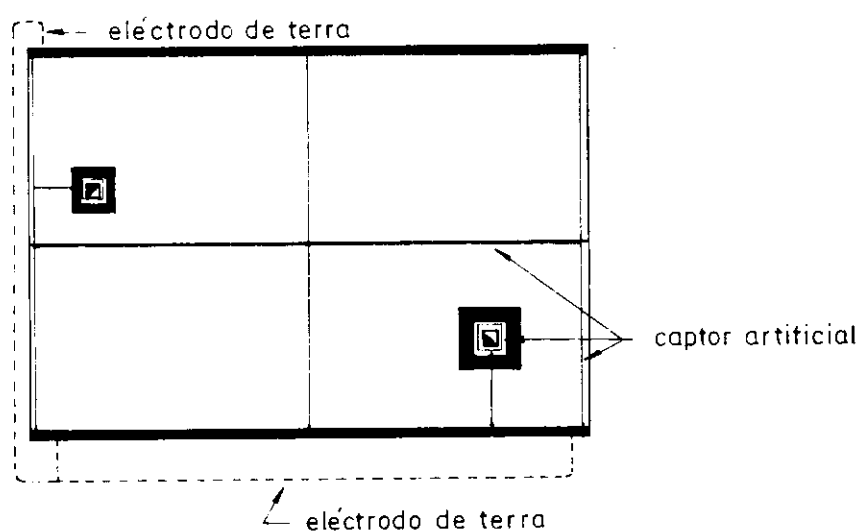
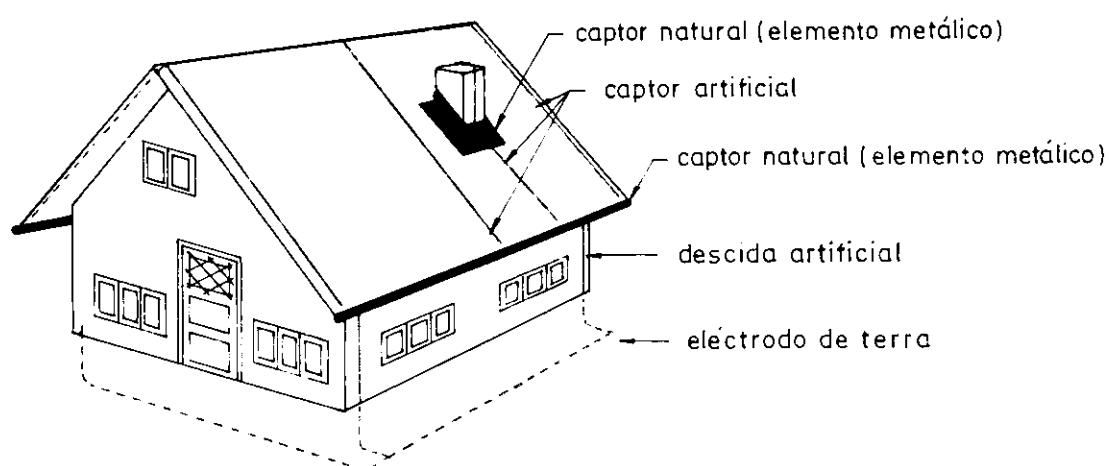
Fig. 2 - Verificação da protecção pela aplicação do "ângulo de protecção" (nível de protecção normal)



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.

■ Elementos Naturais
 ■ Elementos Artificiais

Fig. 3 a - Exemplos de captos naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.



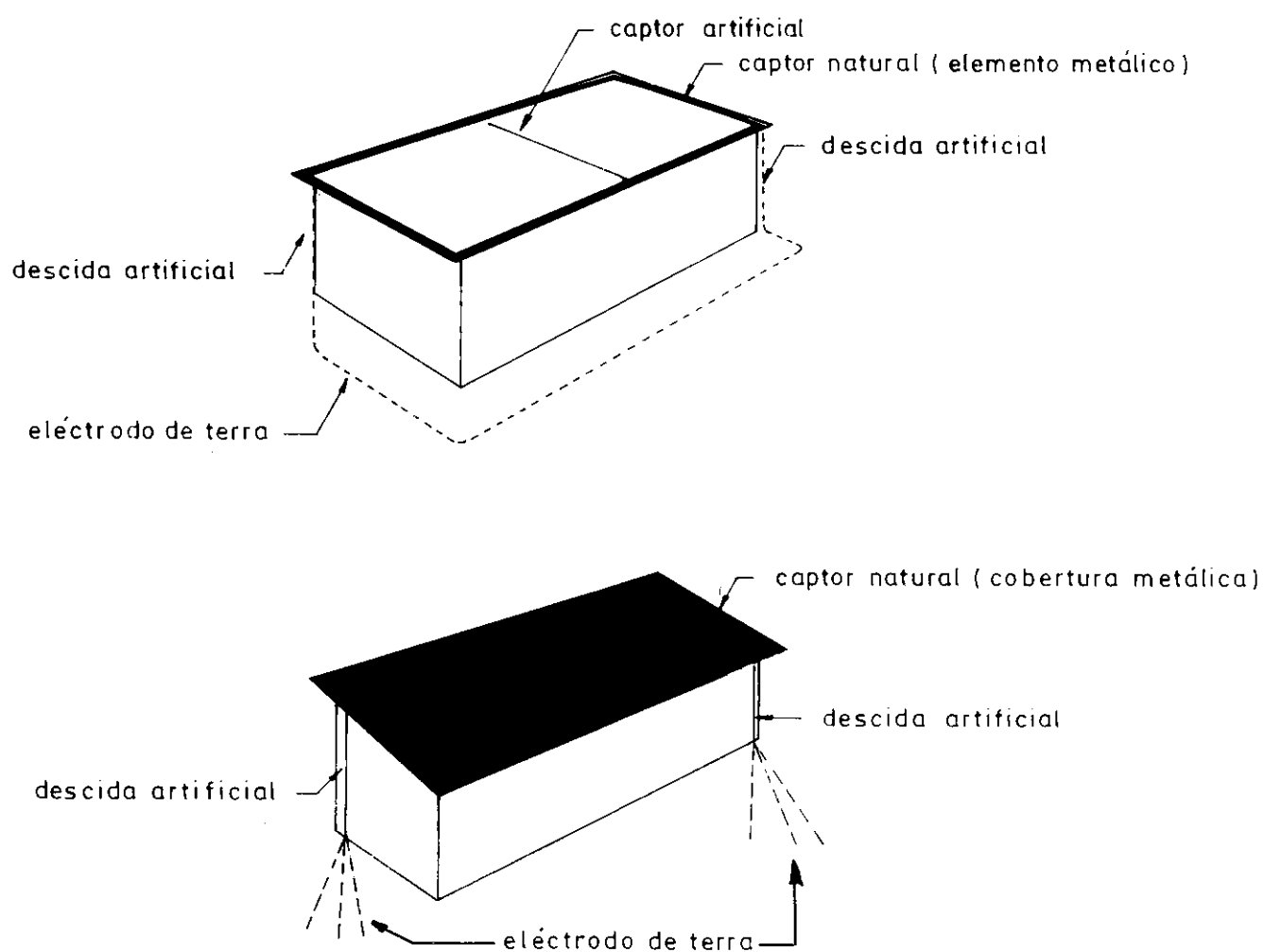
 Elementos Naturais
 Elementos Artificiais

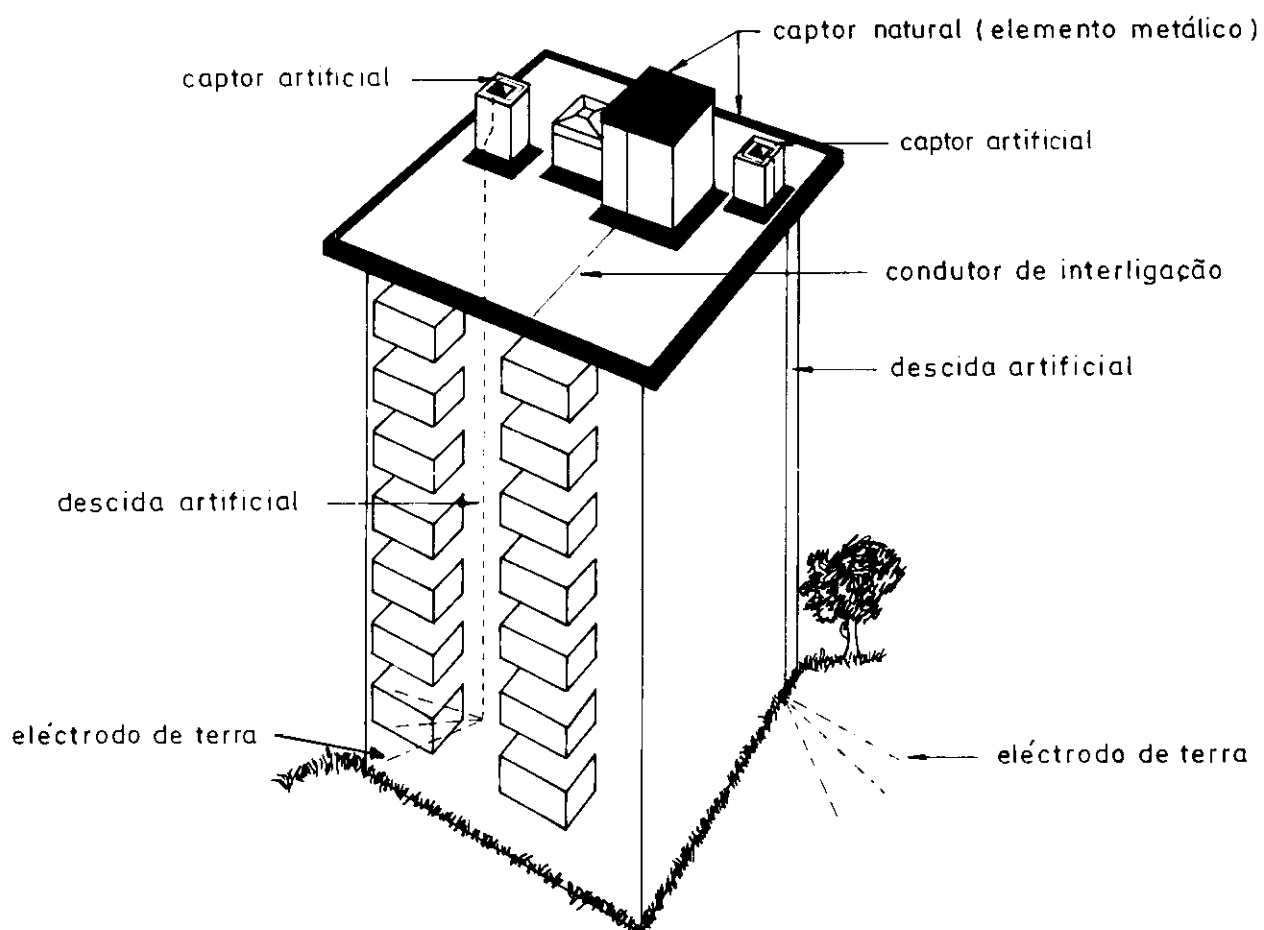
Fig. 3 b - Exemplos de captos naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.

- Elementos Naturais
- Elementos Artificiais

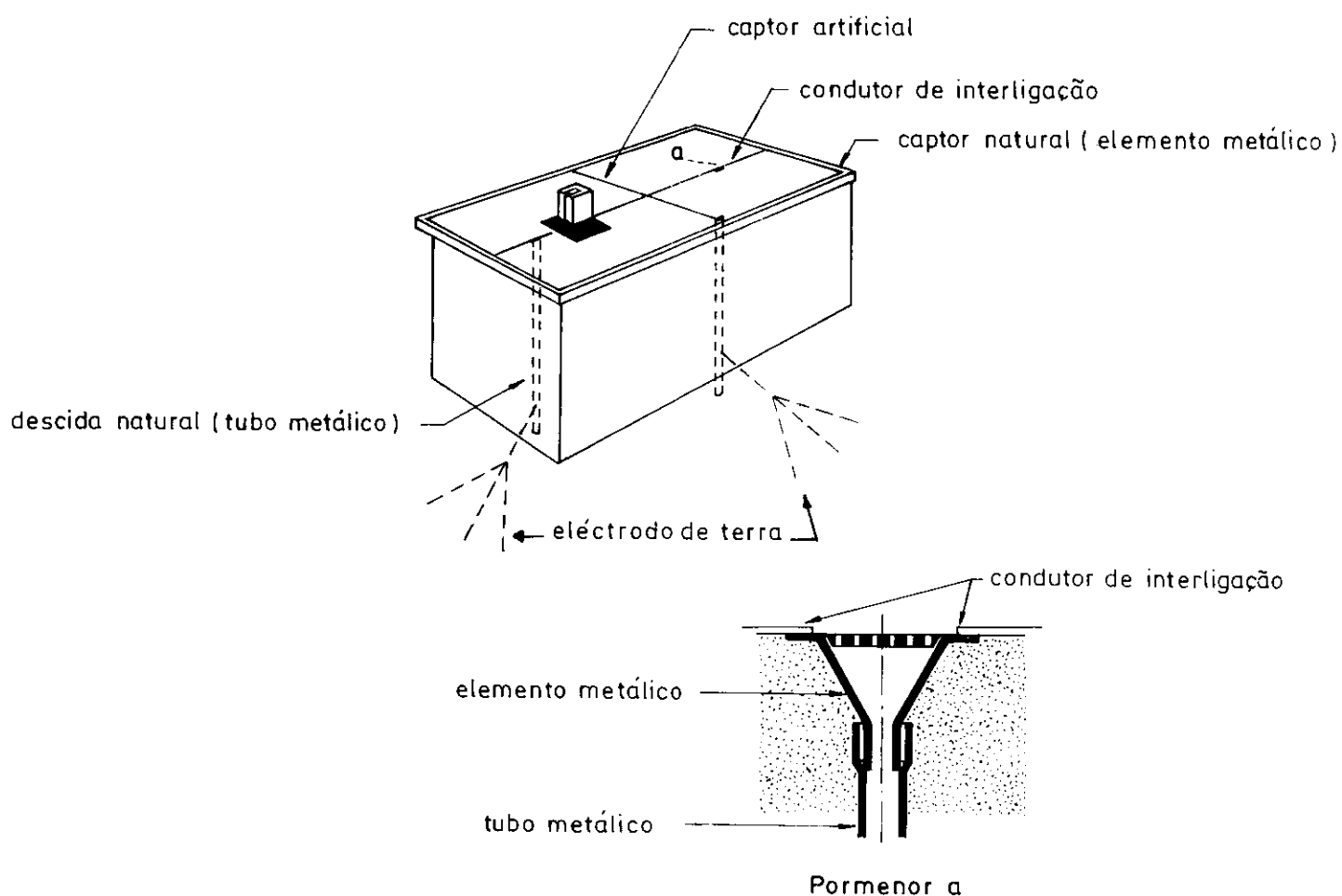
Fig. 3 c - Exemplos de captos naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.

■ Elementos Naturais
 ■ Elementos Artificiais

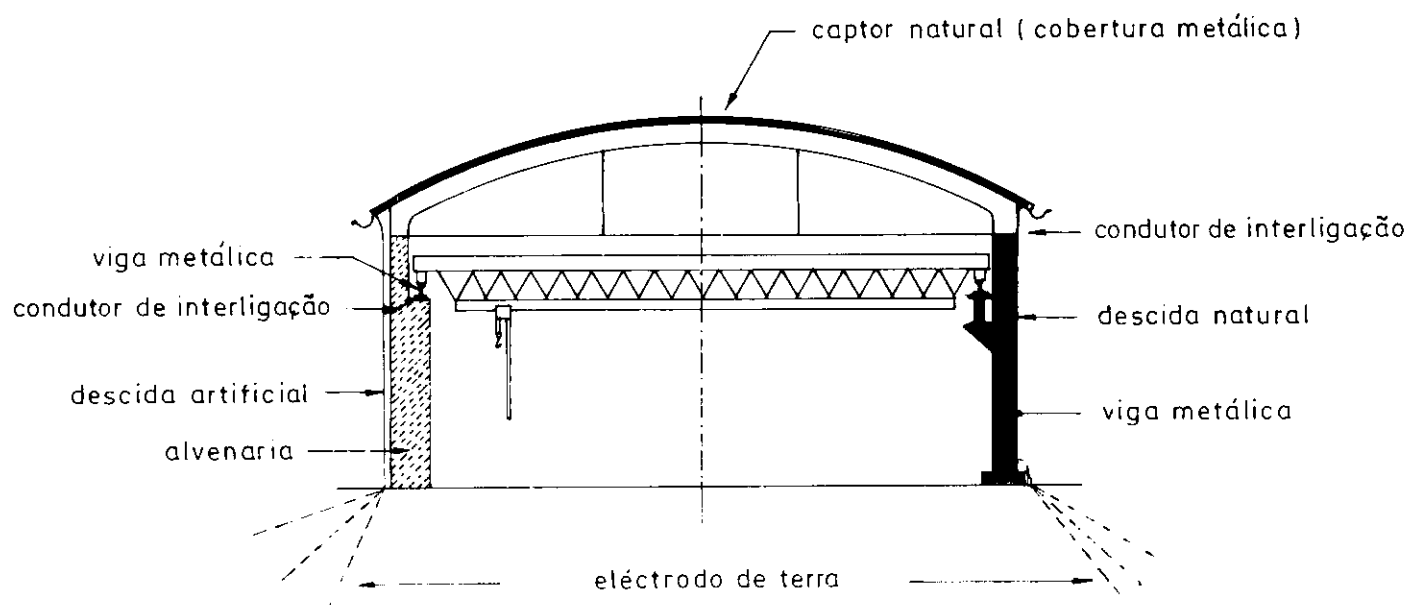
Fig. 3 d - Exemplos de captos naturais e sua interligação aos elementos artificiais do pára-raios



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.

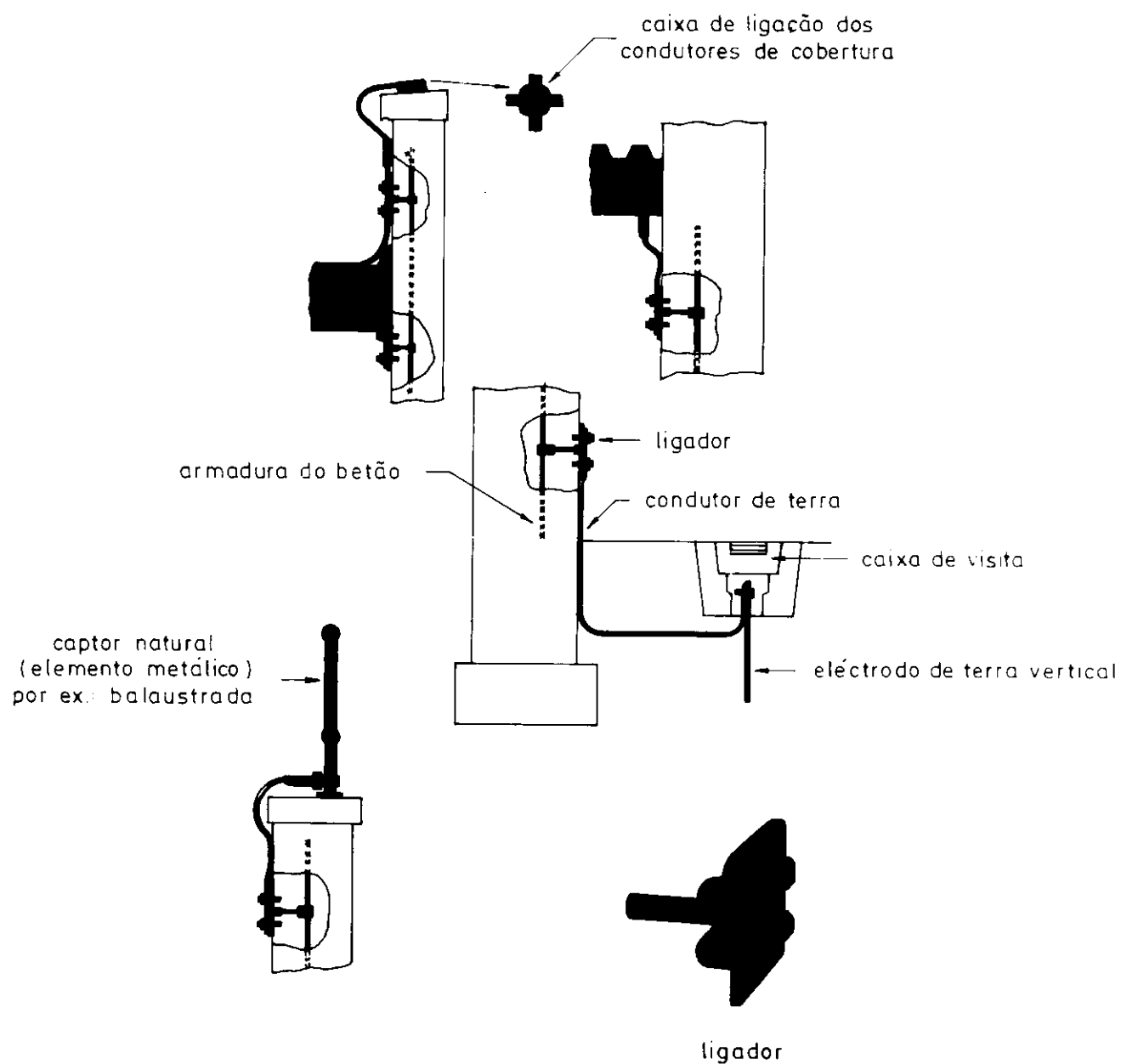
— Elementos Naturais
 - - - Elementos Artificiais

Fig. 3 e - Exemplos de captos e descidas naturais e suas interligações aos elementos artificiais do pára-raios



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.

Fig. 3 f - Exemplos de captos e descidas naturais e suas interligações aos elementos artificiais do pára-raios



Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.



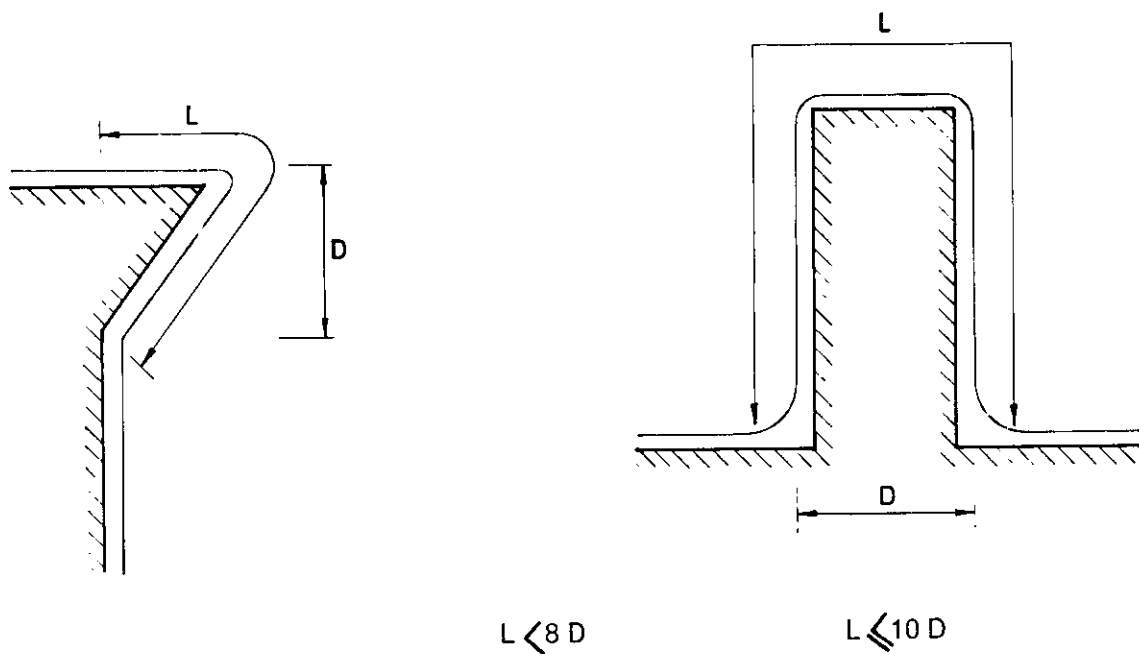
 Elementos Naturais
 Elementos Artificiais

Fig. 3 g – Exemplos de ligação da armadura do betão com os outros elementos do pára-raios



Nota - Esta condição de verificação é válida para os níveis de protecção "fraco" e "normal". Para níveis de protecção mais elevados o factor (valor 8) deve ser reduzido.

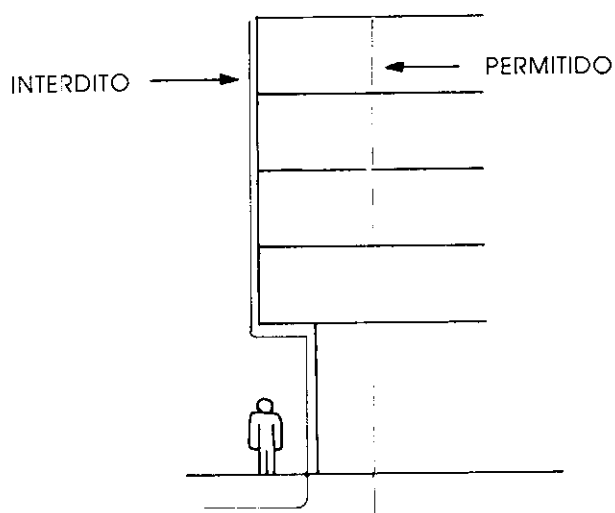


Fig. 4 - Anéis abertos no traçado dos condutores

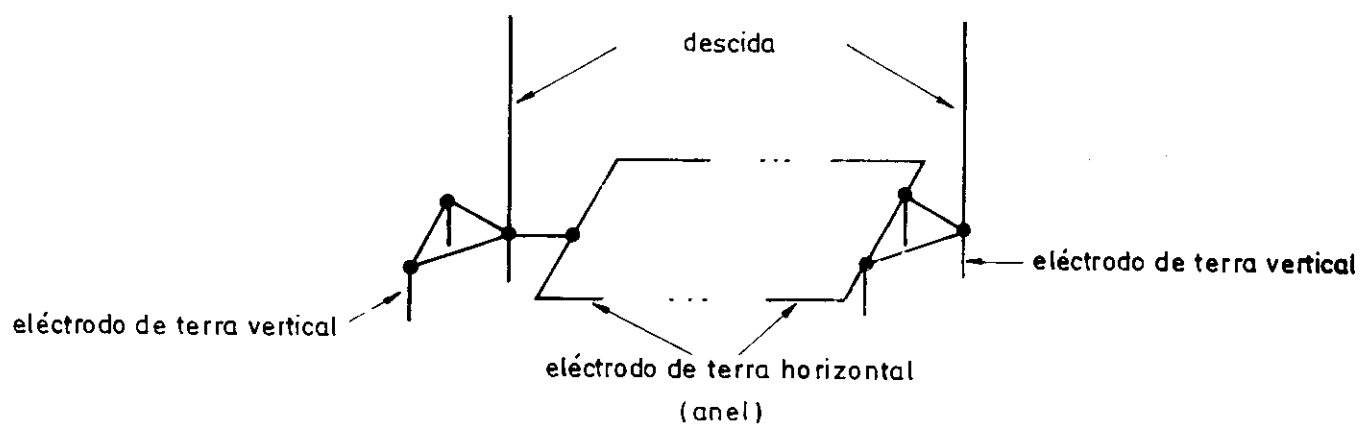
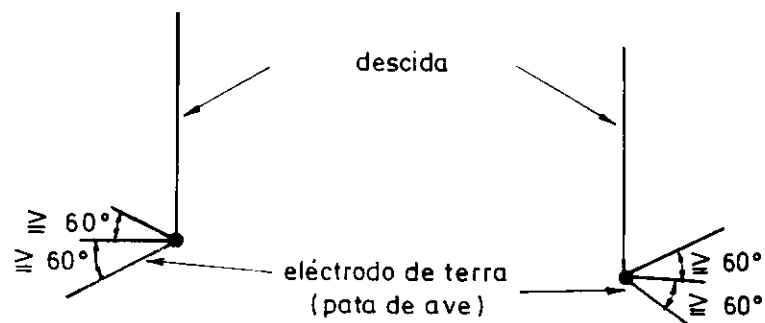
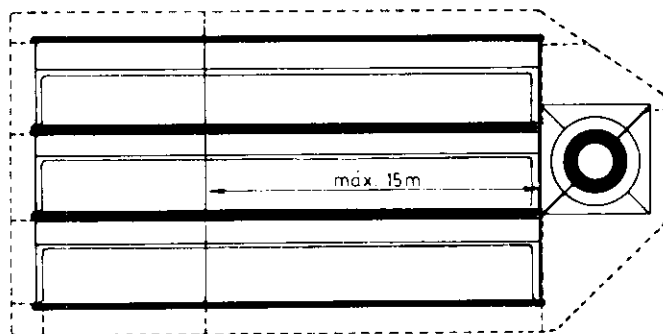
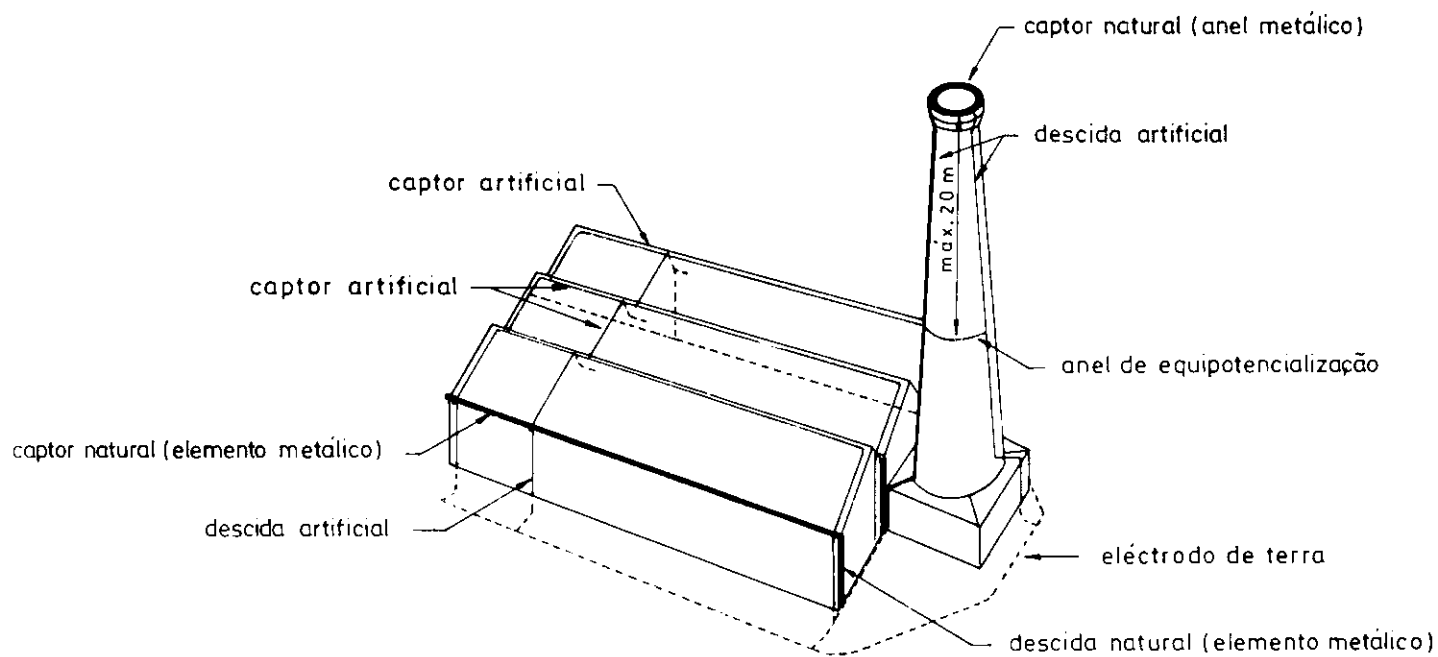


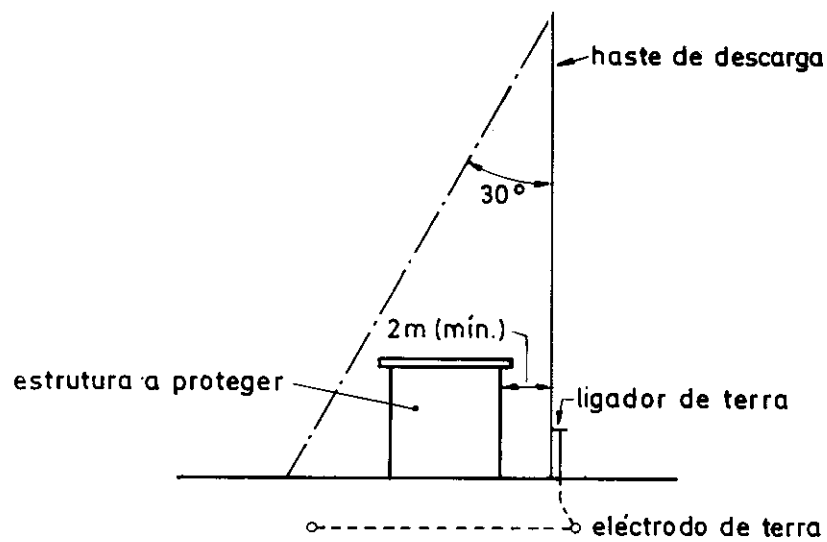
Fig. 5 - Exemplos de eléctrodos de terra em "pata de ave" e sua interligação com outros



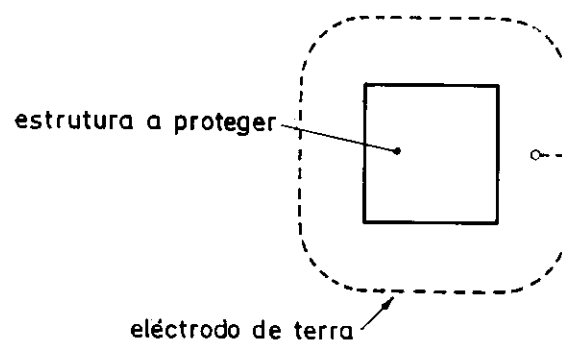
Nota - Os elementos naturais devem satisfazer aos condicionalismos indicados no texto.

 Elementos Naturais
 Elementos Artificiais

Fig. 6 - Exemplos de pára-raios em chaminés e edifícios industriais



ALÇADO



PLANTA

Fig. 7 - Exemplos de protecção, por haste vertical, de uma estrutura contendo substâncias explosivas

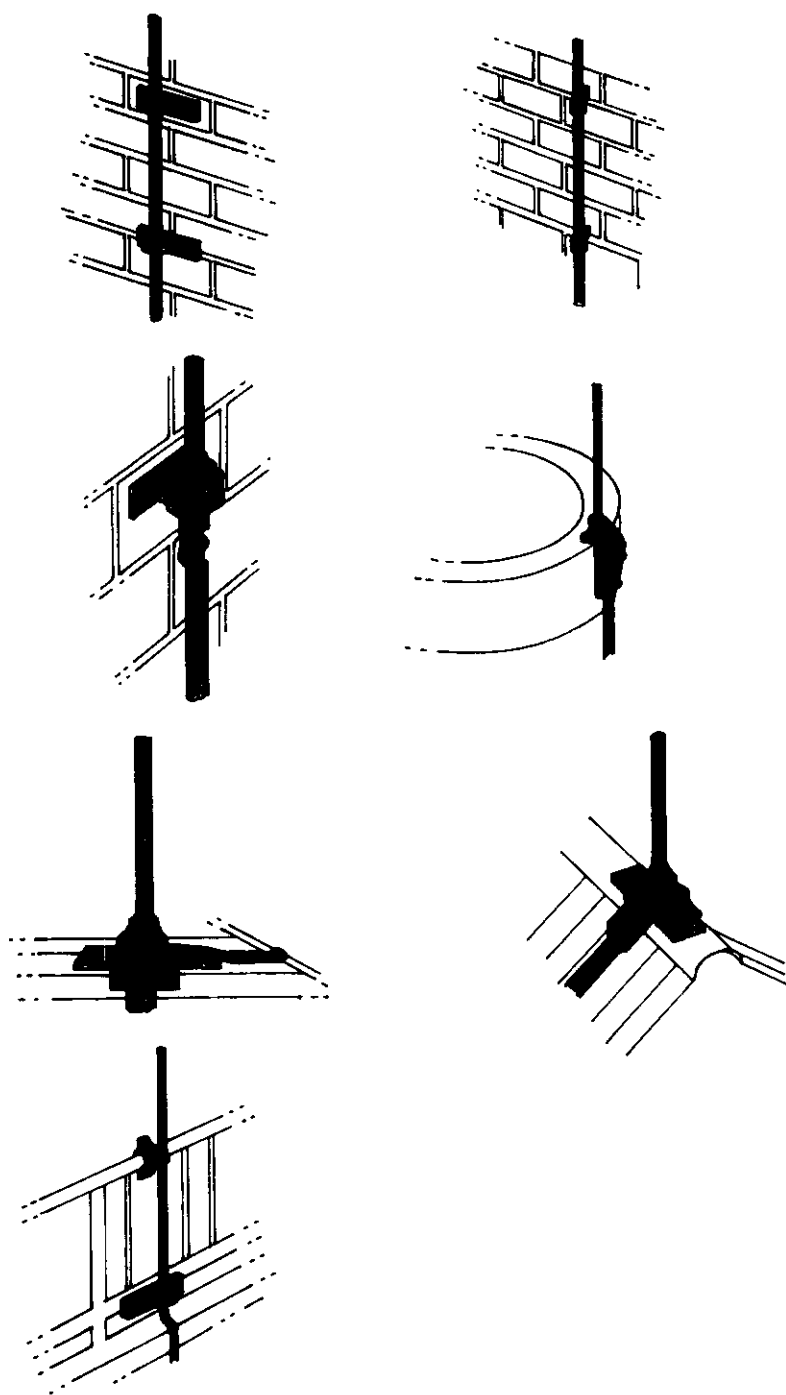
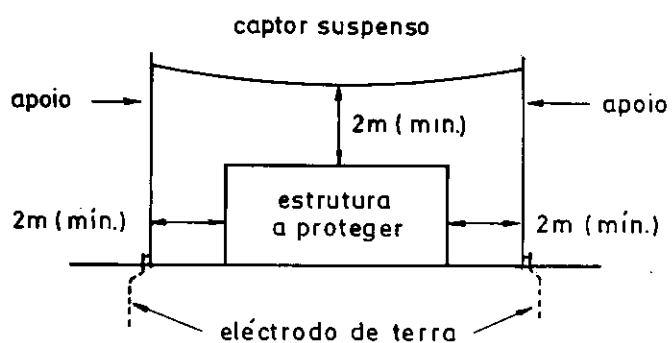
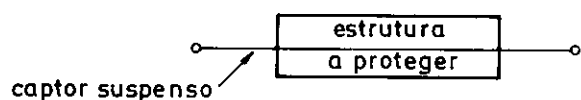


Fig. 8 - Exemplos de captosres artificiais do tipo "haste vertical" e suas ligações às descidas

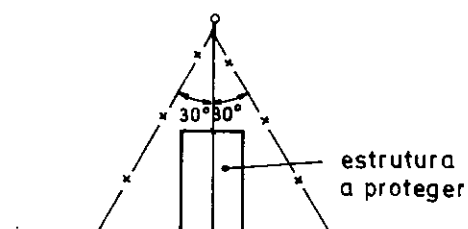
PROTECÇÃO COM UM CONDUTOR SUSPENSO



ALÇADO PRINCIPAL

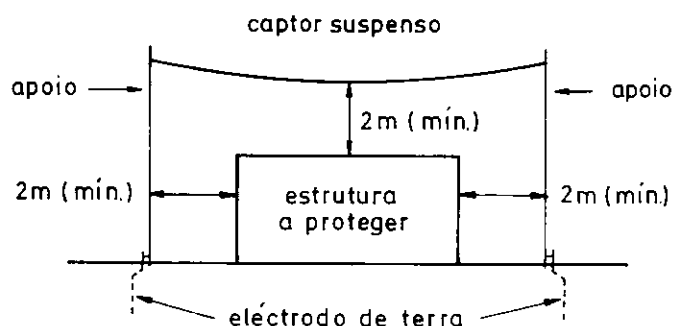


PLANTA

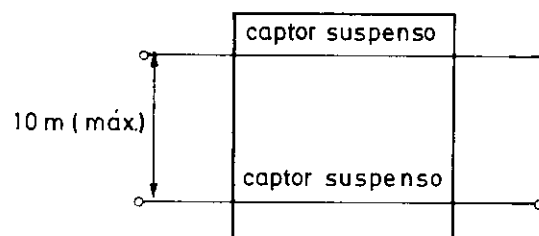


ALÇADO LATERAL

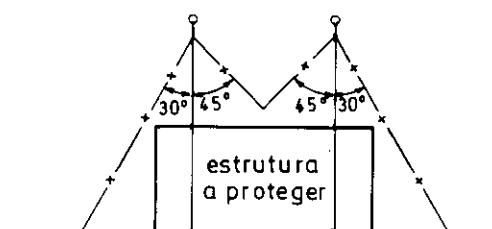
PROTECÇÃO COM DOIS CONDUTORES SUSPENSOS



ALÇADO PRINCIPAL



PLANTA



ALÇADO LATERAL

Fig. 9 - Exemplos de protecção por "captos suspensos", de estruturas contendo substâncias explosivas

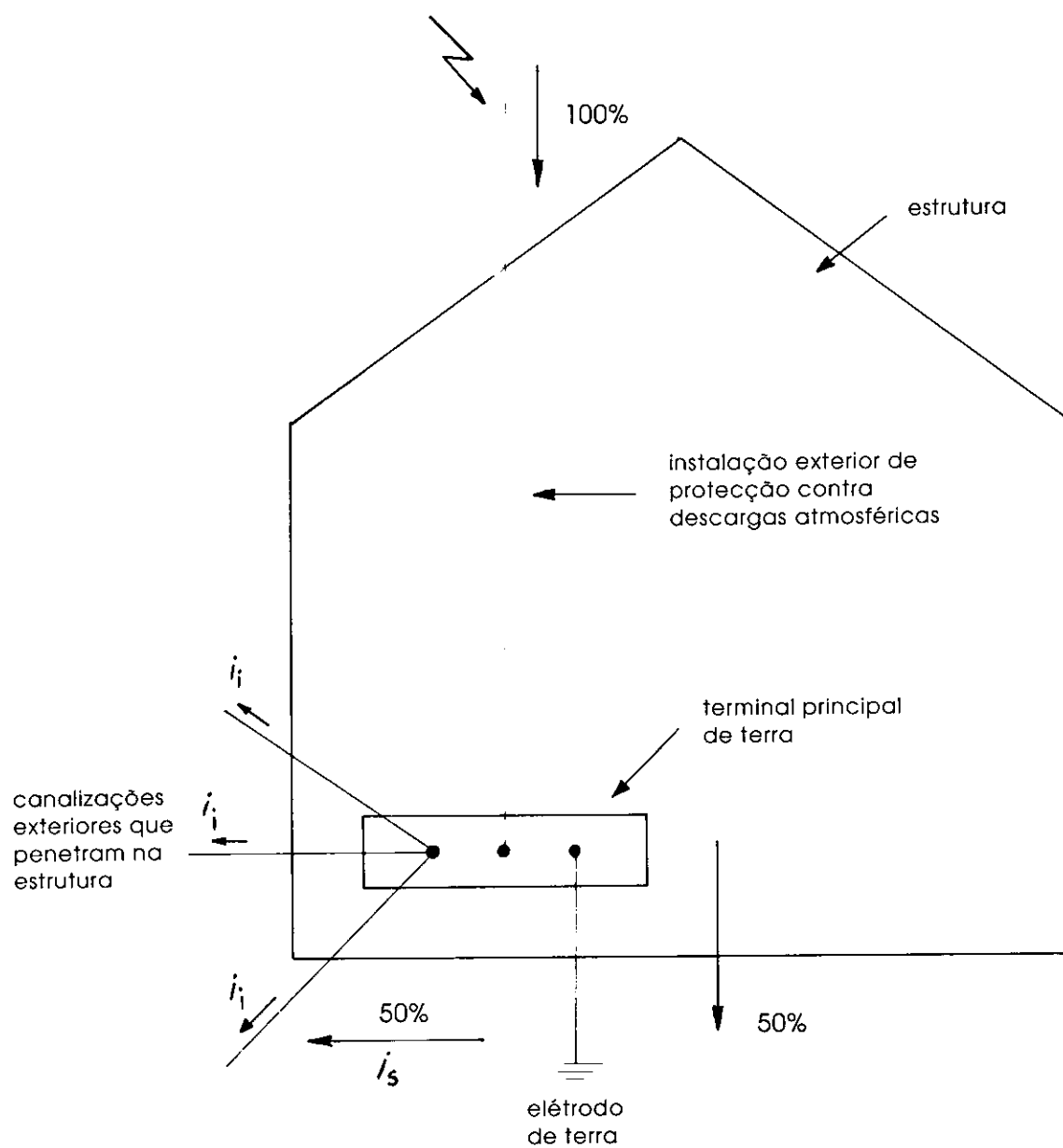


Fig. 10 - Repartição da corrente de descarga atmosférica entre a estrutura e as canalizações que nela penetram