

PROTECÇÃO CONTRA

DESCARGAS

ATMOSFÉRICAS

Índice

- 0- Fontes de informação
- 1- Descargas atmosféricas
- 2- Efeitos das Descargas atmosféricas
- 3- Como proteger contra descargas atmosféricas
- 4- Os captores
- 5- As baixadas
- 6- Ligação à terra
- 7- Equipotencialidade
- 8- Modelo Teórico
- 9- Pára-raios
- 10- Eléctrodos de terra
- 11- A Soldadura aluminotérmica
- 12- O aperto mecânico
- 13- Equipamentos diversos de fixação
- 14- Protecção aos equipamentos

O-Fontes de informação

O presente trabalho de compilação de dados inclui figuras e textos de:

- Normas Portuguesas
- Guia técnico de pára-raios
- Catálogos de fabricantes representados em Portugal pelas seguintes empresas:
 - Infocontrol
 - QEnergia
 - Sisprev

1 - Descargas atmosféricas

1. O que é uma descarga atmosférica?
2. Fases evolutivas das descargas atmosféricas
3. Características das descargas atmosféricas
4. Dados de projecto
5. Índice ceráunico em Portugal continental

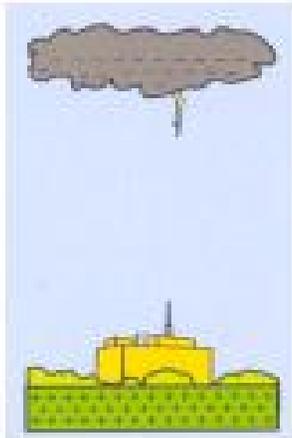
1.1 - O que é uma descarga atmosférica?



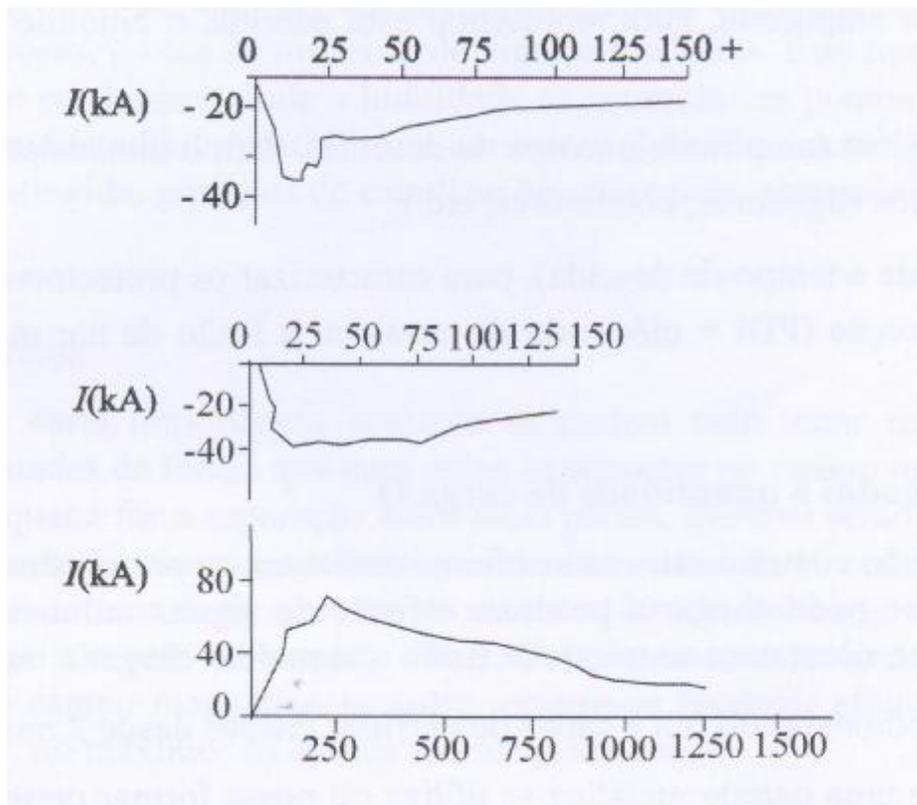
- Uma descarga atmosférica é uma onda de corrente eléctrica precedida de uma onda de tensão
- A onda de corrente dá sempre origem a uma onda de choque de tensão, que se propaga a toda a instalação

1.2 - Fases evolutivas das descargas atmosféricas

- 1 - O traçador descendente aumenta o Campo Elétrico
- 2 - O que facilita o aparecimento de um (ou mais) traçador(es) ascendente(s)
- 3 - Dando-se a ionização do canal
- 4 - E a descarga atmosférica



1.3 - Características das descargas atmosféricas



- Algumas formas de onda verificadas na estação de estudo do monte de San Salvatore, na Suíça.
- Realçam-se:
 - As frentes de onda
 - A duração da descarga

1.4 – Dados de projecto

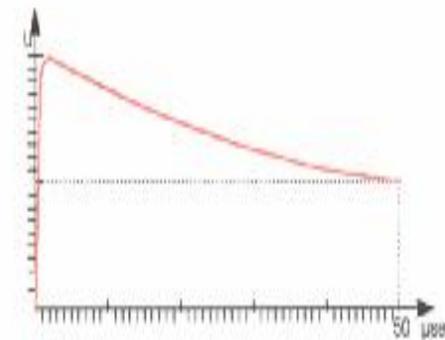
Descarga atmosférica esperada numa instalação

No Projecto de uma instalação onde se pretende evitar danos provocados por descargas atmosféricas, devem-se (segundo IEC 1312-1, parte 1) pressupor os seguintes parâmetros

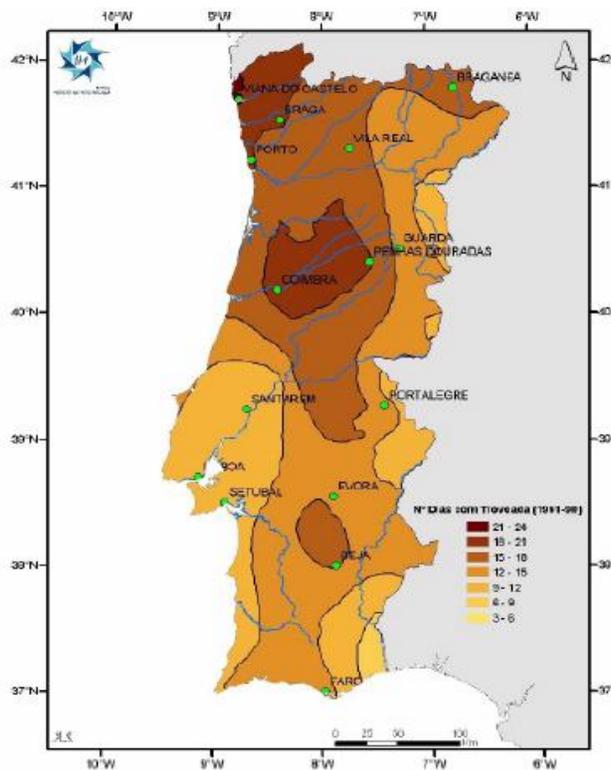
Pico de Corrente (KA)	200
Tempo da frente de onda (μ Seg)	10
Tempo até valor médio (μ Seg)	350
Carga (C)	100
Energia específica (MJ/Oh)	10

Onda de choque num equipamento

Onda 1,2/50 μ seg



1.5 - Índice ceráunico em Portugal continental



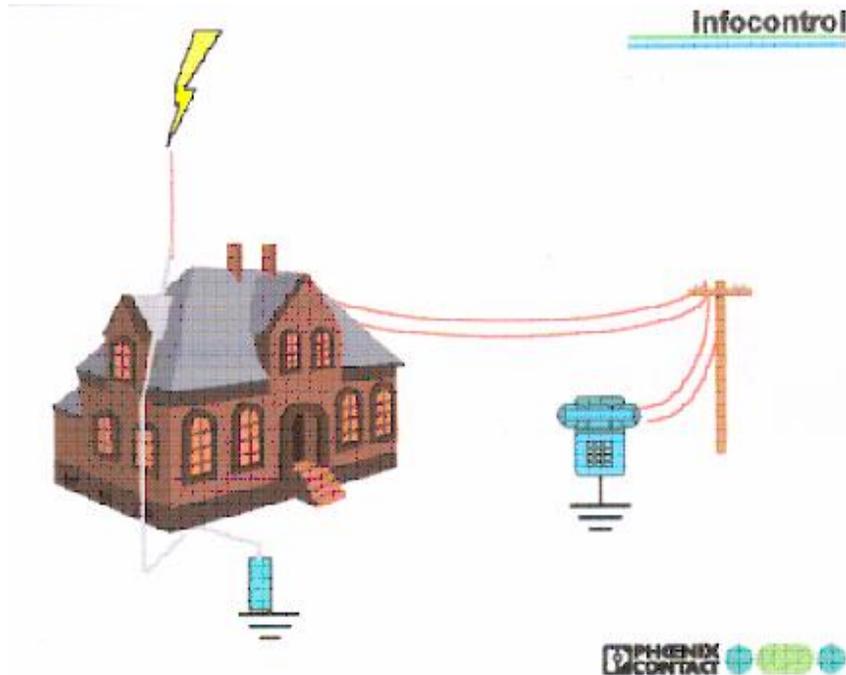
$$N_g = 0,02 \cdot N_K^{1,67}$$

- N_g – N° de descargas por km²
- N_K – Índice Ceráunico

2- Efeitos das Descargas atmosféricas

1. Descargas atmosféricas nas estruturas
2. Descargas atmosféricas nas linhas aéreas
3. D.d.p. entre neutro e terra
4. D.d.p. entre massas
5. Tensão de passo
6. Efeitos induzidos
7. Efeitos sobre os equipamentos
8. Consequências das descargas

2.1 - Descargas atmosféricas nas estruturas



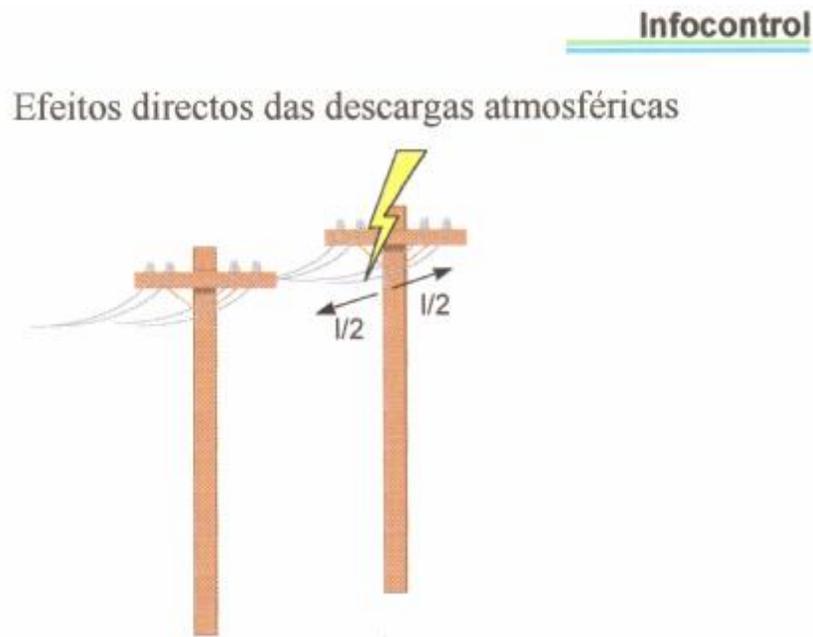
Destruição dos caminhos de passagem do raio devido ao aquecimento produzido

$$W = RI^2t$$

(Lei de Joule)

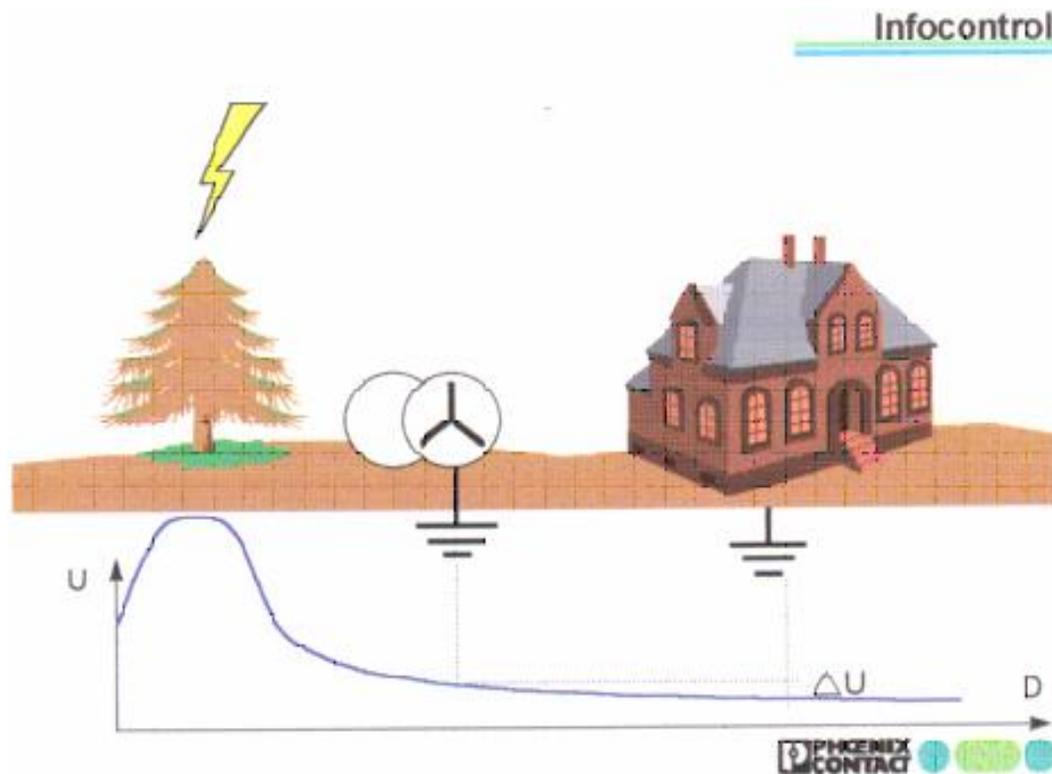
O t é muito pequeno, mas o I é muito grande

2.2 - Descargas atmosféricas nas estruturas



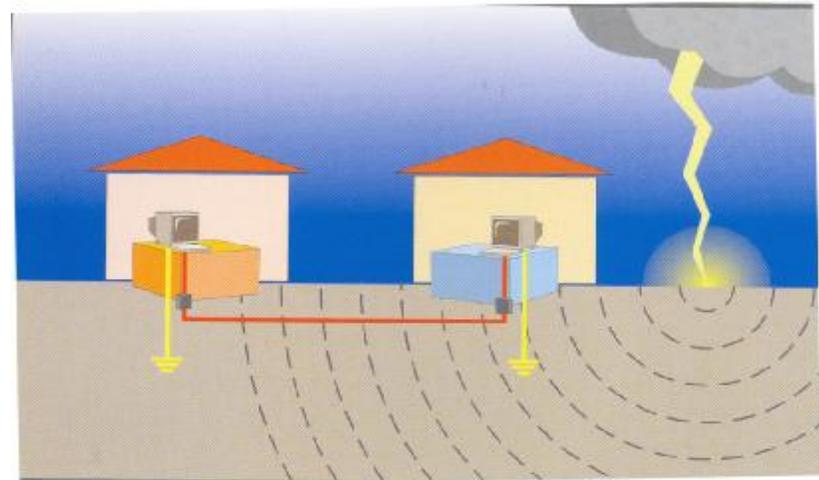
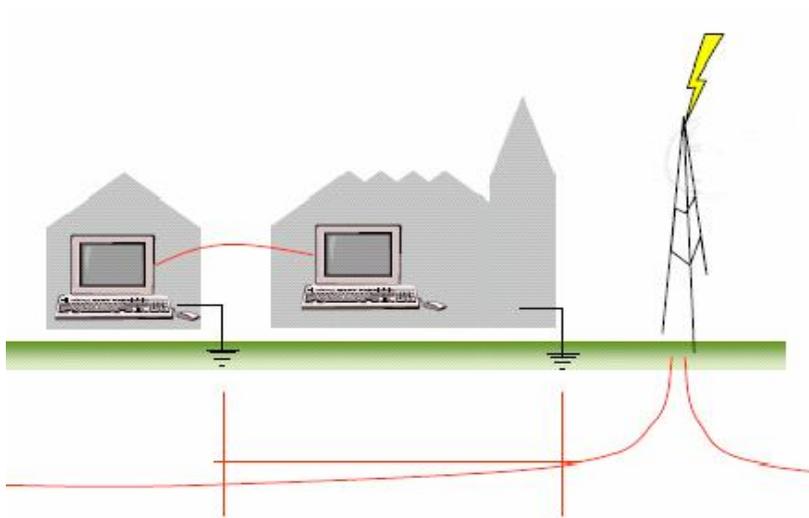
- Uma descarga atmosférica directa sobre uma linha propaga-se em ambos os sentidos com uma atenuação reduzida uma vez que também é reduzida a auto-indução dos condutores
- No fim da linha a sobretensão reflete-se agravando os efeitos da descarga inicial

2.3 - D.d.p. entre neutro e “terra”



A descarga na árvore provoca uma d.d.p. entre terra de serviço (neutro) e terra de protecção, se os dois eléctrods não estiverem na proximidade um do outro

2.4 – D.d.p. entre massas



A descarga no poste ou na terra provoca uma d.d.p. que pode ser significativa entre massas ligadas a terras distintas

2.5 – Tensão de passo

Trovoada dizima rebanhos

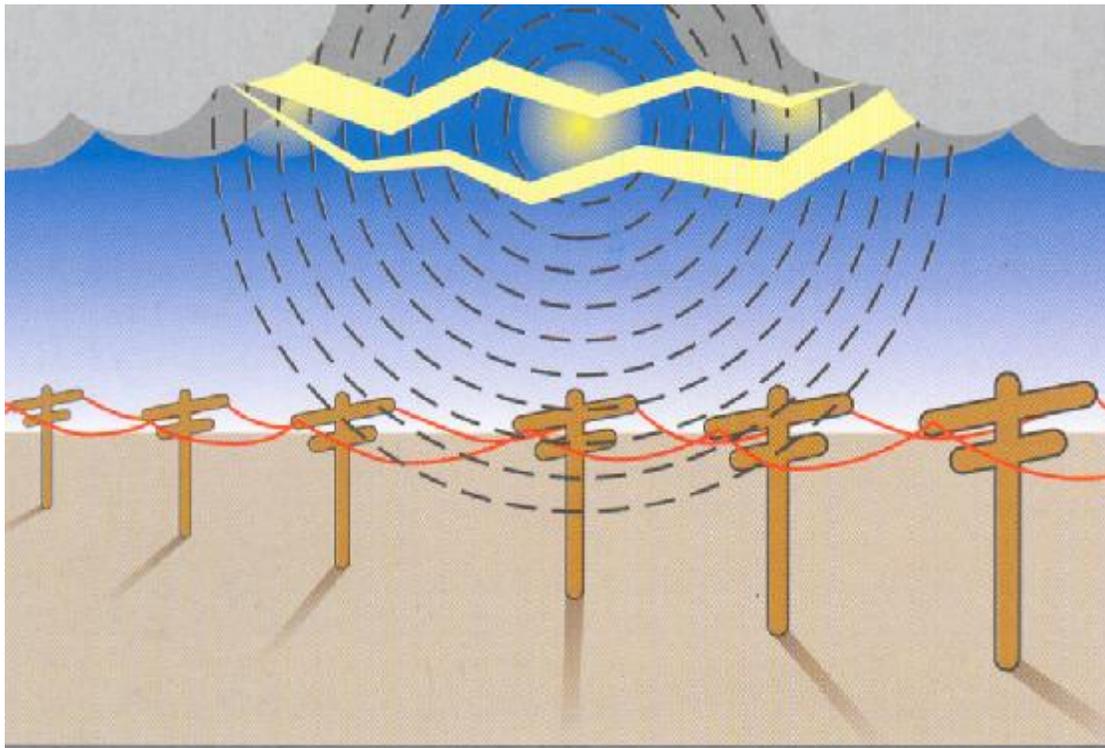
«Anda a gente a trabalhar toda a vida e, de um dia para o outro, fica quase sem nada». Joaquim Fernandes, 23 anos, agricultor do Marmeleiro, Guarda, ainda tentou, juntamente com Jerónimo Santos, seu pai, salvar algumas cabras, mas 18 foram fulminadas por um raio na tarde da passada segunda-feira. «Isto é muito prejuízo para gente que só vive disto, e pior ainda com o estado da Agricultura, uma pessoa não pode fazer nada», diz o jovem, vendo as cabras que lhe restam e deitando as contas «à desgraça» de uma tarde de trovoada: «Pelo menos 500 contos», afiança.

Manuel Pires Barbeira, outro lesado, perdeu, por sua vez, naquela mesma tarde, 19 ovelhas, contabilizando «cerca de mil contos» de prejuízo. «Só fiquei com seis e não tenho dinheiro para comprar outras», explica o agricultor que descobriu o rebanho ao fim da tarde, quando se deslocou para o local: «Vinha botá-las fora e encontrei tudo morto por causa da trovoada, da peste». Ambos os lesados contavam pedir ajuda ao Governador Civil da Guarda, para que este intercedesse junto das entidades competentes para que disponibilizassem ajudas.

Ainda na mesma freguesia e no mesmo dia, um homem de 62 anos terá também sido atingido por um raio, quando se deslocava de burro, tendo apenas sofrido alguns ferimentos ligeiros.

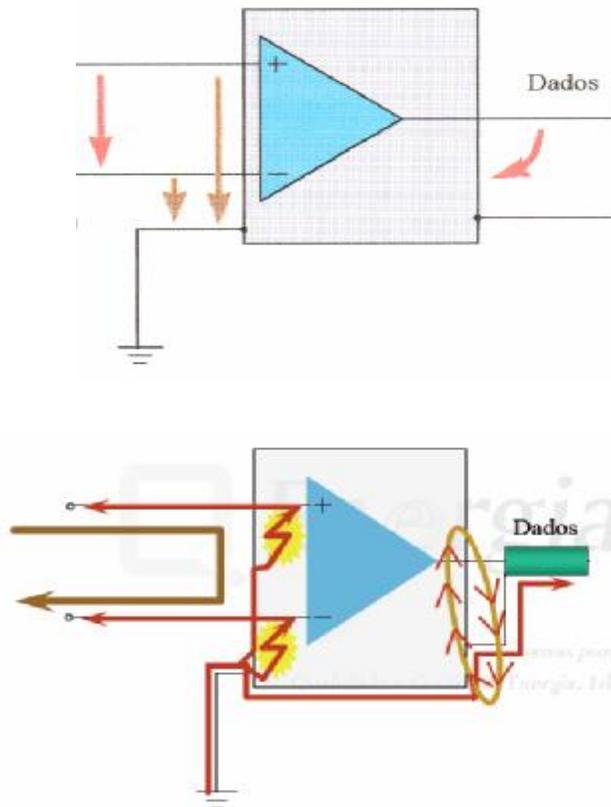
- Não ocorreram 36 descargas atmosféricas (18 sobre as cabras, 19 sobre as ovelhas e uma sobre o burro).
- O que aconteceu foi a ocorrência de uma ou mais descargas que produziram à superfície do terreno diferenças de potencial elevado que, aplicadas aos animais, os electrocutaram
- Ao homem não aconteceu nada de especial, embora possa ter ficado a um potencial elevado, porque, não tendo ficado sujeito a uma d.d.p., não foi percorrido por corrente eléctrica
- Provavelmente o burro morreu

2.6 - Efeitos induzidos pelas descargas atmosféricas



Descargas na proximidade de linhas aéreas, de energia ou de telecomunicações, podem induzir sobretensões nessas linhas que se propagam até aos equipamentos terminais

2.7 - Efeitos das sobretensões sobre os equipamentos



- Nos equipamentos, as sobretensões podem dar origem à disrupção:
 - Entre condutores activos;
 - Entre condutores activos e as massas;
 - Entre a entrada e a saída de equipamentos.

2.8 - Consequências das descargas atmosféricas

- As sobretensões de origem atmosférica têm consequências sobre;
 - A segurança de pessoas;
 - Perdas de equipamentos;
 - Perdas de produção;
 - Qualidade de serviço.

3 – Como proteger contra descargas atmosféricas

1. Objectivos
2. Dados científicos
3. Análise de risco
4. Níveis de risco
5. Metodologia

3.1 - Objectivos

- Pretende-se obter um nível de protecção elevado, sendo certo que não se pode garantir, contudo, que a ocorrência de circunstâncias excepcionais não possa provocar danos no interior do volume a proteger.

3.2 - Dados científicos

- Os efeitos das descargas nos circuitos não são completamente conhecidos.
- O modelo teórico não é absolutamente rigoroso.
 - As Normas, baseadas nos conhecimentos teóricos actuais e na experiência acumulada, permitem definir um sistema de protecção razoavelmente eficaz e económico.

3.3 - Análise de risco

n A decisão sobre a protecção de um determinado volume tem em conta as consequências da falta de protecção e:

- O índice ceráunico da região;
 - A partir do qual se pode definir a probabilidade de ocorrer uma descarga atmosférica no local
- As características físicas do edifício a proteger;
 - Se é alto ou baixo, se está ou não inserido em malha urbana...
- A relevância do edifício a proteger.
 - Pelo conteúdo, por aspectos arquitectónicos particulares ...

3.4 - Níveis de risco

nPodem ser definidos três níveis de risco:

- Nível I, que corresponde ao maior risco;
 - As medidas de protecção devem ser elevadas
- Nível II, que corresponde a um nível intermédio;
- Nível III, que representa um risco diminuto
 - As medidas de protecção podem ser aligeiradas
(Ver modelo electromagnético)

3.5 - Metodologia

nPara proteger um edifício ou área torna-se necessário:

- Provocar a descarga;
 - Com os captores
- Conduzi-la pelo caminho pré-definido;
 - Com as baixadas
- Dissipá-la na terra
 - Com os eléctrodos de terra

nPara proteger os equipamentos utilizam-se:

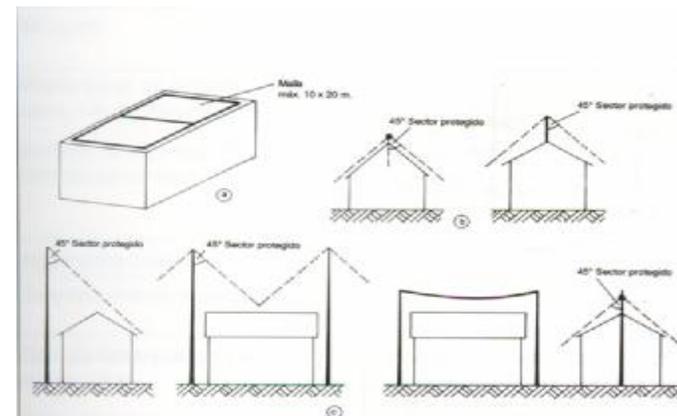
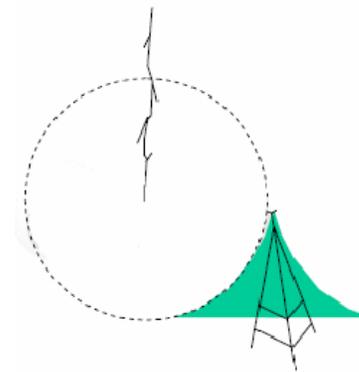
- Disruptores de alta capacidade de escorvamento, na entrada das instalações;
 - De média tensão (nos postos de transformação)
 - De baixa tensão (nos quadros gerais)
- Disruptores com varistores, de média capacidade de escorvamento;
 - Nos quadros parciais
- Disruptores com varistores, de baixa capacidade de escorvamento;
 - Junto aos equipamentos terminais

4 - Os captores

1. Pontas de Franklin;
2. Gaiola de Faraday;
3. Pára-raios com avanço à ignição.

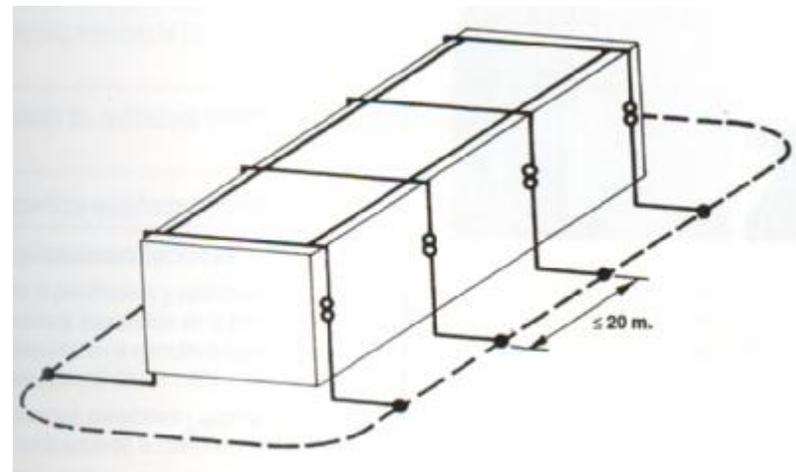
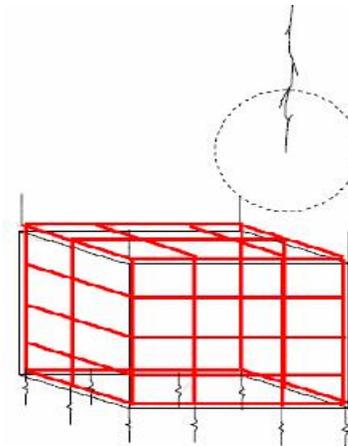
4.1 - Pontas de Franklin

- As pontas de Franklin fazem uma protecção eficaz a edifícios de grande altura.
- Por vezes é indispensável a instalação de mais do que uma haste



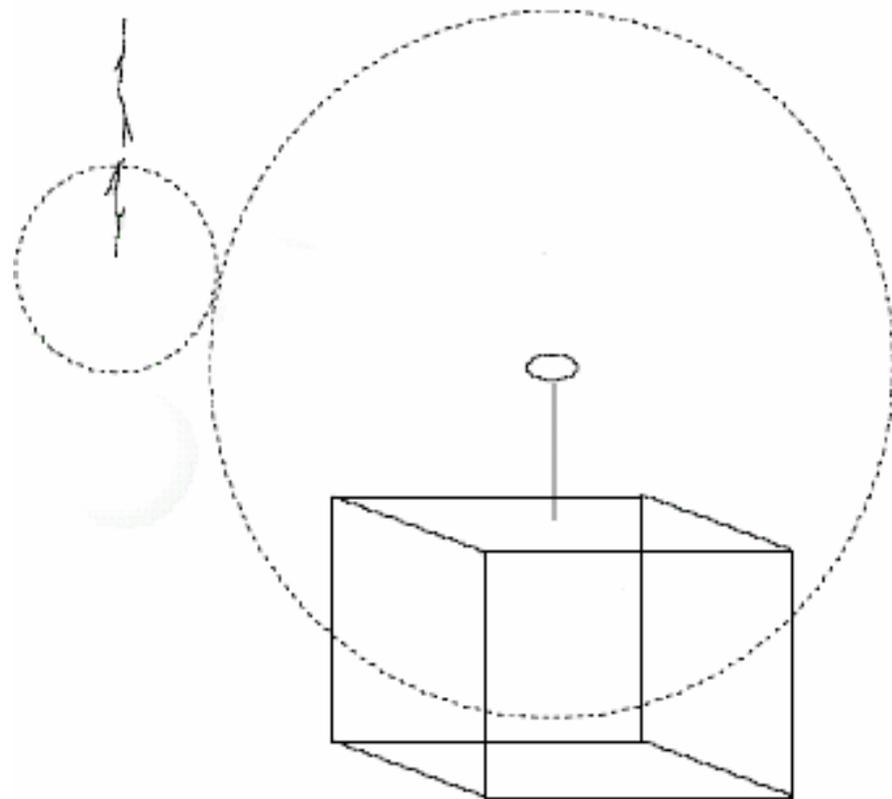
4.2 - Gaiola de Faraday

- A zona protegida situa-se no interior da gaiola;
- Minimiza as correntes de descarga por troço;
- Optimiza a equipotencialidade



4.3 - Pára-raios com avanço à ignição

- O pára-raios antecipa a emissão do traçador ascendente, aumentando assim o seu raio de protecção;
- Faz a protecção a grandes áreas.



5 – As baixadas

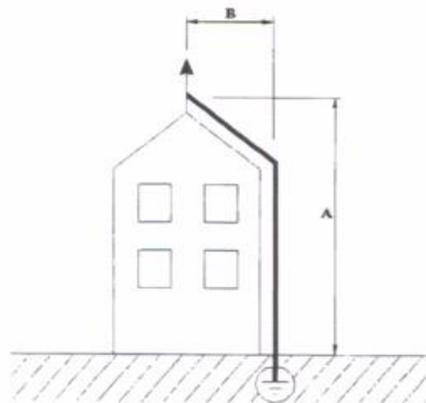
1. Objectivo
2. Baixadas a prever
3. Traçados das baixadas
4. Exemplos – Baixadas de pára-raios
5. Exemplos – Baixadas de gaiolas de Faraday

5.1 - Objectivo

- As baixadas devem garantir o escoamento do raio pelo caminho pré-estabelecido
- A corrente do raio conduz uma quantidade de energia muito elevada que não se pode deixar dissipar a não ser nos caminhos para tal previstos.
- Quanto maior for o número de baixadas menor será a intensidade de corrente em cada uma delas e menores serão as sobretensões e os efeitos térmicos.

5.2 - Baixadas a prever

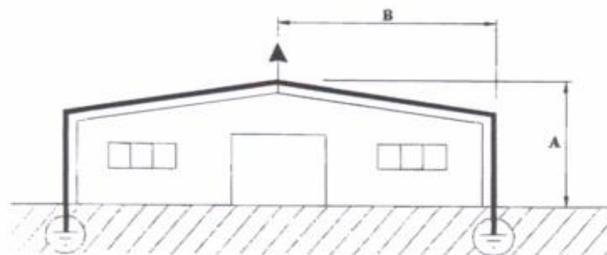
$A < 28 \text{ m e } A > B$: 1 baixada



$A \leq B$: 2 baixadas

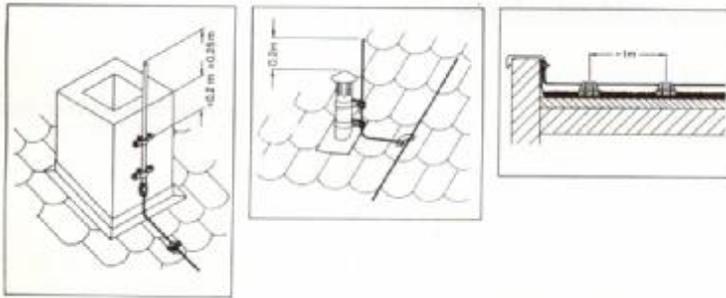
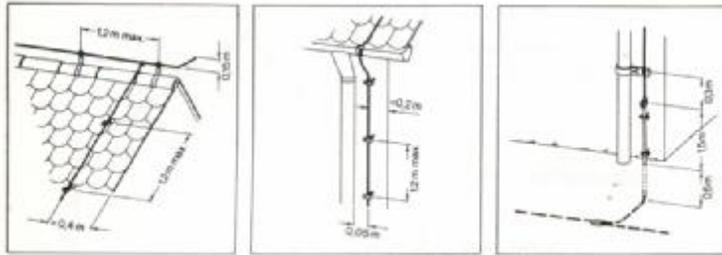
A: projecção vertical

B: projecção horizontal



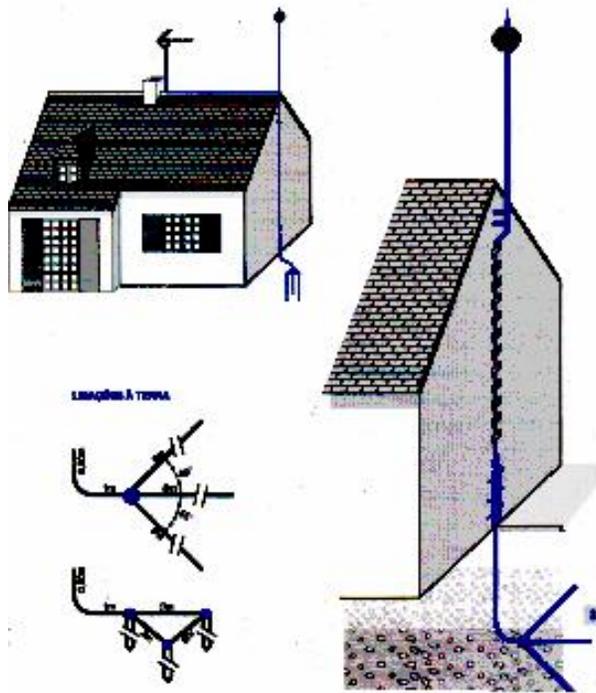
- Nas gaiolas de Faraday quanto maior for o número de baixadas melhor.
- Para as baixadas de pára-raios a NP 4426 exige a instalação de duas baixadas sempre que:
 - A projecção horizontal da baixada seja superior à sua projecção vertical;
 - A altura do edifício seja superior a 28 m.

5.3 - Traçado das baixadas

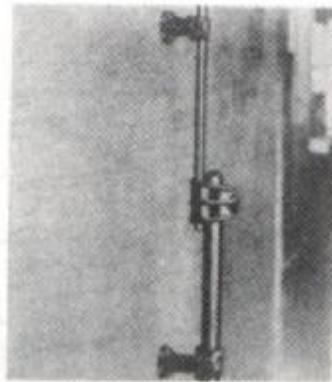


- O condutor da baixada deve instalar-se de forma que o seu traçado seja o mais rectilíneo possível;
- Devem evitar-se curvas e mudanças de direcção brusca;
- Os raios de curvatura não devem ser inferiores a 20 cm;
- Deve evitar-se a proximidade de condutores eléctricos;
- A fig. representa algumas das situações mais desfavoráveis ainda admissíveis desde que $D > L/20$.

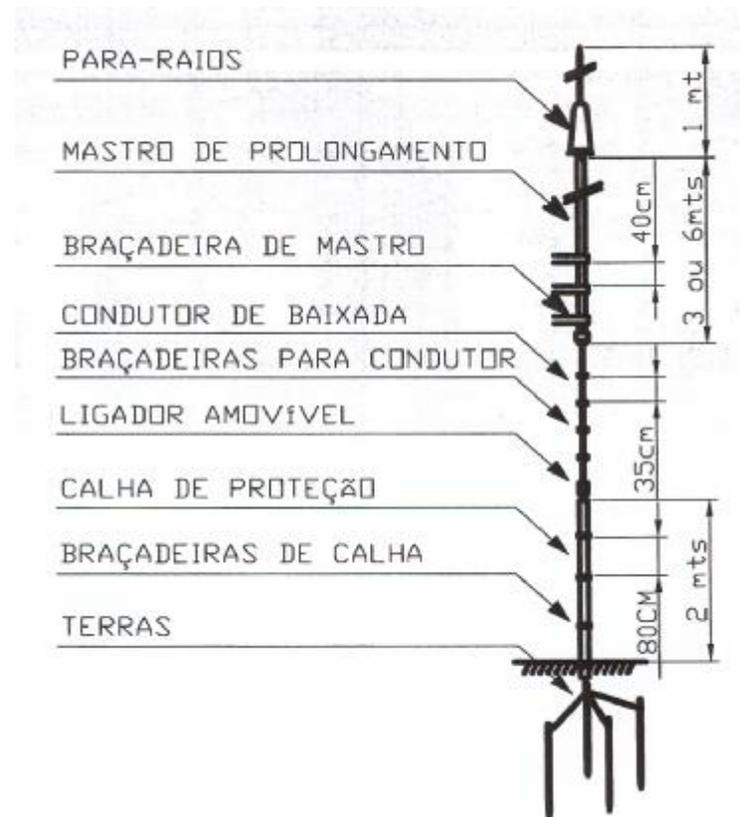
5.4 - Exemplos - Baixadas de pára-raios



E.S.M.P

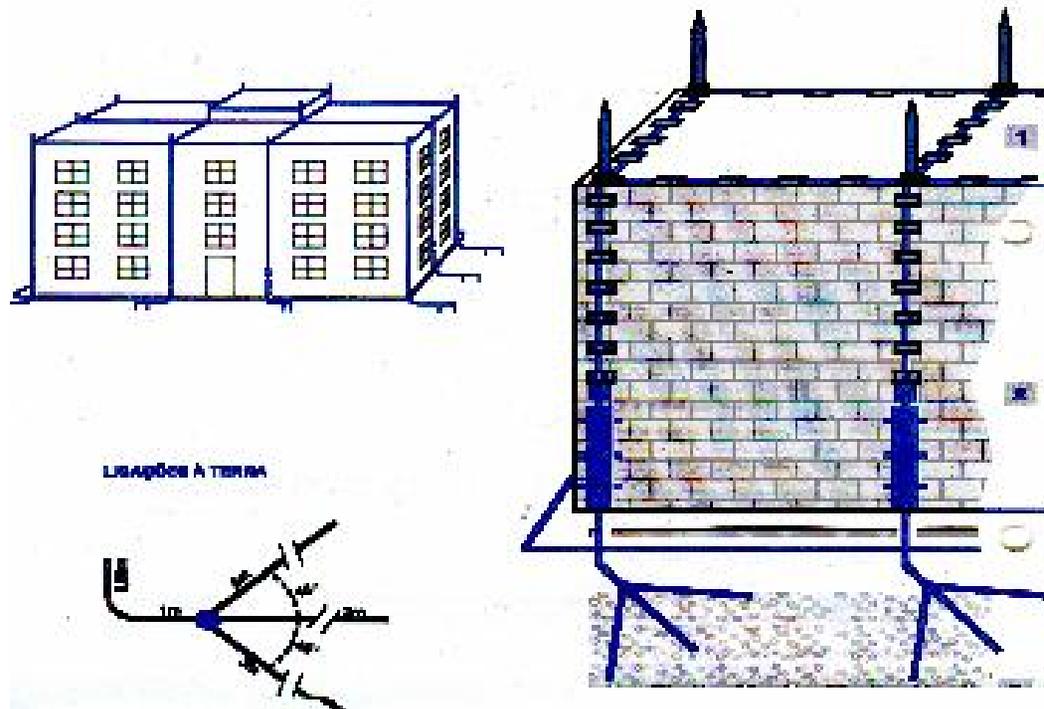


Terras e Pára-raios



Adriano Almeida

5.5 - Exemplos - Baixadas de gaiolas de Faraday



6 – Ligação à terra

1. Objectivo
2. Implantação do eléctrodo
3. Características do eléctrodo
4. Exemplos

6.1 - Objectivo

- **O eléctrodo de terra deve garantir que a ligação à terra se faz em boas condições, isto é:**
 - **Que a resistência de terra é a menor possível**
 - **Que as continuidades estão asseguradas**
 - **Que a vida útil do eléctrodo é elevada**

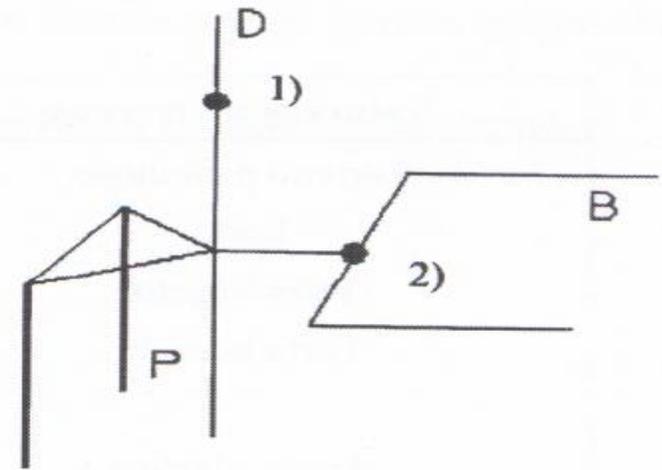
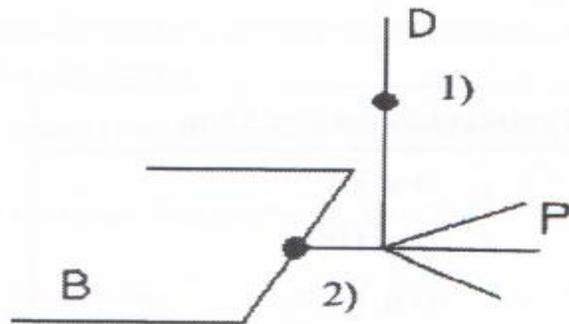
6.2 – Implantação do eléctrodo

- **Para garantir uma baixa resistência de ligação à terra o eléctrodo deve:**
 - **Ter a maior dimensão, ocupando, se possível, toda a área de implantação do edifício;**
 - **Ser enterrado ao nível das fundações do edifício, ou a uma profundidade não inferior a 0,8 m;**
 - **Ser instalado em terra de baixa resistividade, ou envolvido em terra vegetal;**
 - **Ser ligado à estrutura do edifício em vários pontos, através de ligadores desconectáveis;**
 - **Ser dotado de “piquets” ligados às baixadas do sistema de protecção contra descarga atmosféricas.**

6.3 - Características do eléctrodo

- **Para assegurar a continuidade eléctrica os condutores devem:**
 - Ser constituídos por materiais duráveis, resistentes à corrosão (cobre, aço inox, ferro galvanizado) com secções adequadas;
 - Ser ligados por soldadura aluminotérmica ou aperto mecânico simples, sempre que se trate de condutores de cobre (na terra);
 - Ser ligados por soldadura aluminotérmica ou aperto mecânico com ligação bi-metálica, sempre que se trate de condutores de dois materiais distintos e a soldadura seja visitável (na ligação entre elementos”à vista”);
 - Ser ligados por aperto mecânico com ligação bi-metálica, sempre que se trate de condutores de dois materiais distintos e a soldadura não seja visitável (no betão);
 - Ser ligados por aperto mecânico simples, nas outras situações (na cobertura).

6.4 - Exemplos

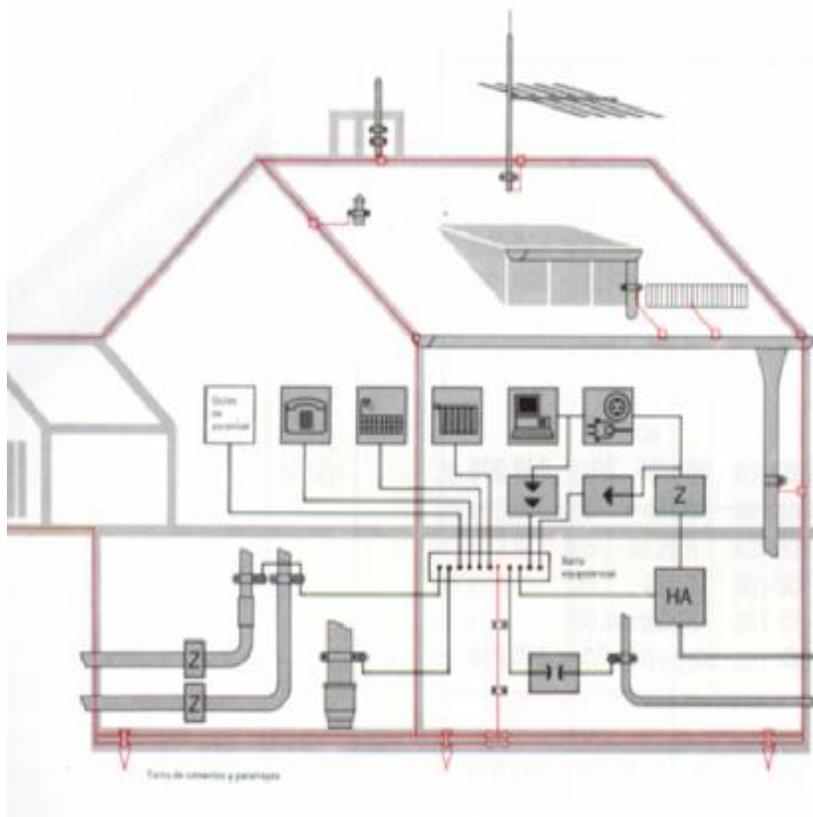


- 1) Caixa medição de terra
- 2) Ligação desconectável
- D Condutores de baixada do pára-raios
- B Anel de terra do edifício
- P Ligação à terra do pára-raios

7 – Equipotencialidade

1. Objectivo
2. Ligações equipotenciais
3. Sobreensões
4. Cálculo das q.d.t ao longo das baixadas
5. Exemplo de cálculo
6. F.e.m. Induzida

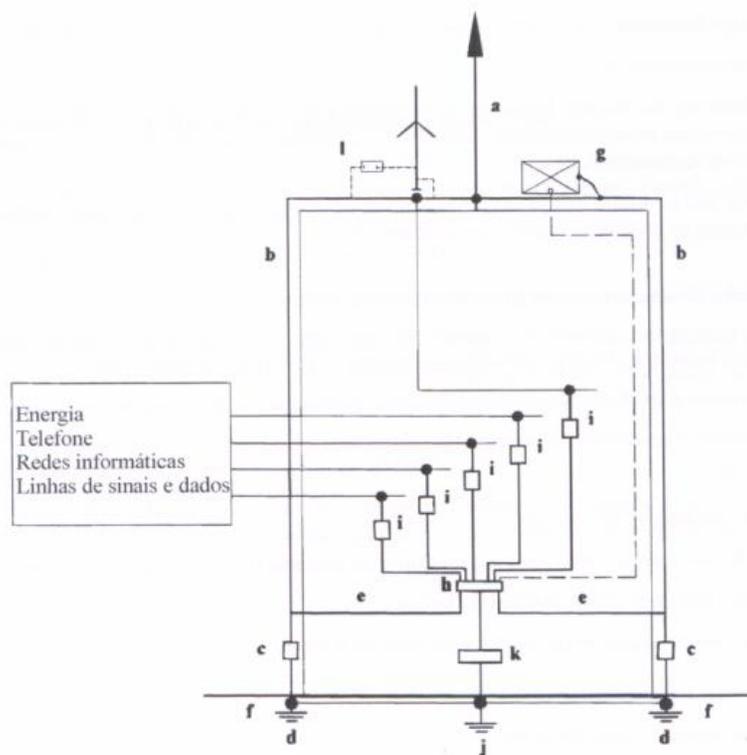
7.1 - Objectivo



- O sistema de protecção contra descargas atmosféricas deve garantir a equipotencialidade das massa condutoras que possam ser simultaneamente acessíveis:

- Interligando-as;
- Reduzindo as q.d.t. ao longo das baixadas
- Evitando que sejam induzidas f.e.m. nos circuitos eléctricos

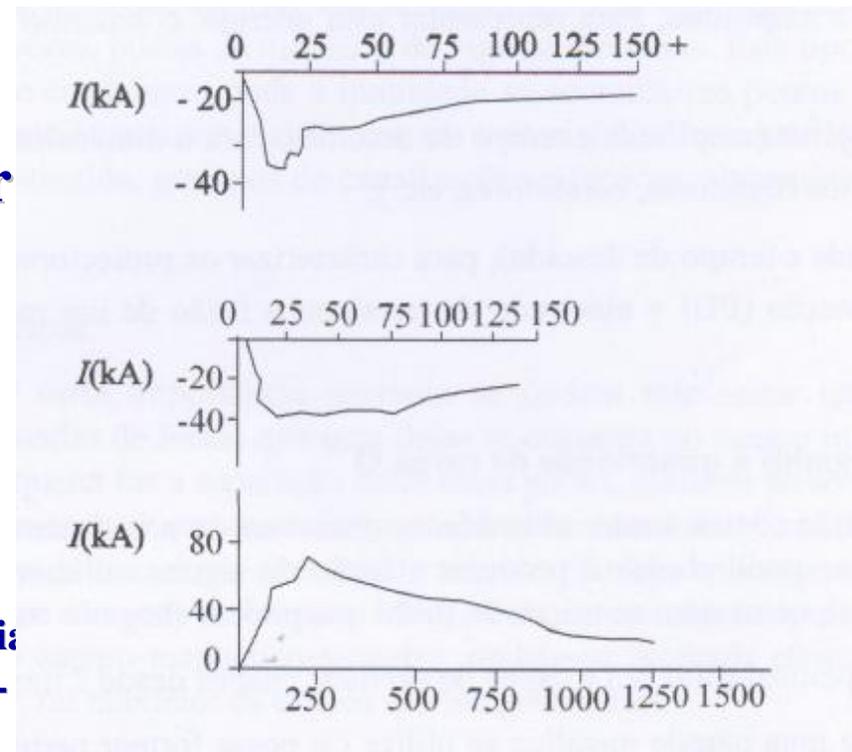
7.2 - Ligações equipotenciais



- A partir do quadro de terras devem ser ligados os circuitos de:
 - Energia
 - Comunicações de voz
 - Comunicações de dados
 - Informática

7.3 - Sobreensões

- **O sistema de protecção contra descargas atmosféricas deve garantir que as sobreensões geradas não sejam suficientemente elevadas para danificar os equipamentos;**
(As sobreensões resultam da própria corrente de descarga e transmitem-se quer por ligação directa, quer por indução electromagnética)



7.4 - Cálculo das q.d.t ao longo das baixadas

A queda de tensão ao longo de um condutor é da forma

$$\text{q.d.t.} = r i + L \frac{di}{dt}$$

Embora a indutância (L) de um condutor linear seja da ordem do mH/m, a frente de onda (di/dt) da corrente é elevadíssima, pelo que o termo indutivo ($L di/dt$) é muito superior ao resistivo (rI), que, na prática, se pode desprezar.

7.5 - Exemplo de cálculo

Por exemplo:

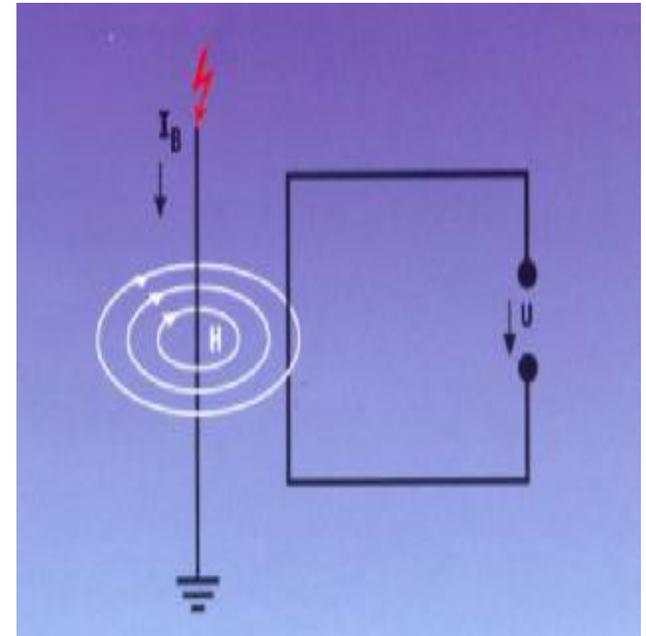
Para uma descarga com uma frente de onda de 35 kA/10 ms, a queda de tensão numa baixada de cobre de 35 mm² (r ~0,0005 W/m), será:

$$\text{q.d.t.} = (5 \times 10^{-4}) \times (3,5 \times 10^4) + (10^{-6}) \times (3,5 \times 10^4 / 10^{-5}) = 20.5 + 3500 = \\ 3\ 520\text{V/m} \quad (\text{Durante } 10\ \text{ms})$$

A d.d.p. entre uma baixada e o ferro da estrutura de um edifício com 10m de altura facilmente ultrapassa os 35 kV.

7.6 - F.e.m. induzida

- Se nas imediações do condutor de descarga existir uma espira, verifica-se nela um df/dt muito elevado (Lei geral da indução) e portanto a f.e.m. aos seus terminais também será muito elevada.
- Se a espira constituir um circuito fechado de baixa resistência será percorrida por uma corrente com uma intensidade elevada (Lei de Ohm).

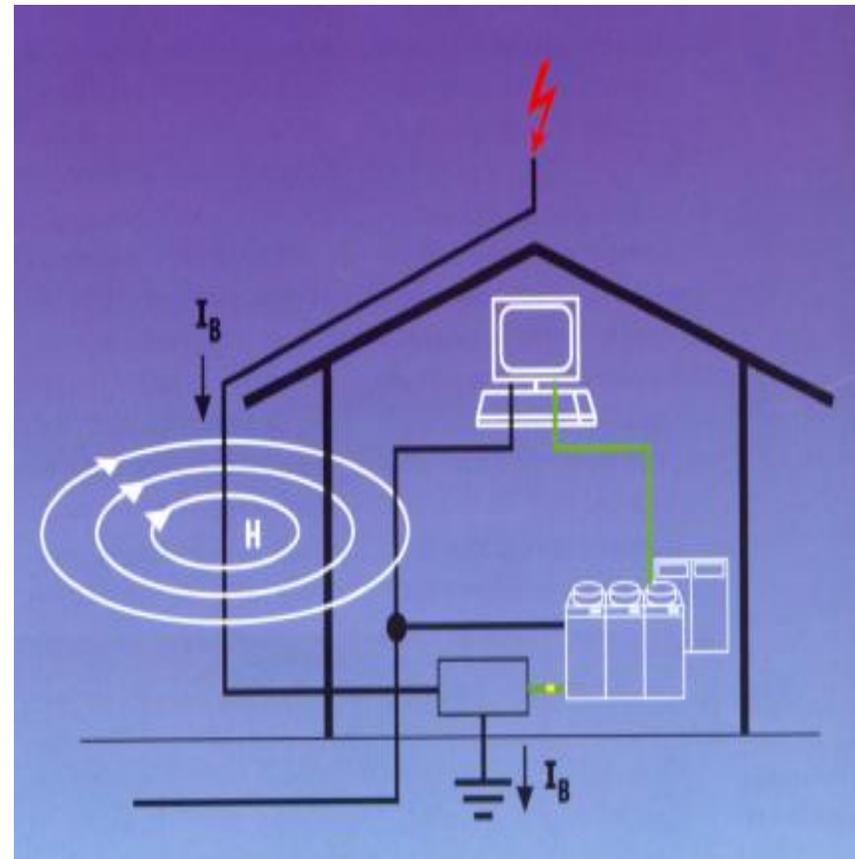


7.6 - F.e.m. induzida

- **Essa corrente induzida opõe-se à causa que lhe deu origem (Regra de Lenz) o que dificulta o escoamento da corrente para a terra uma vez que surge uma q.d.t. indutiva adicional.**
- **Por isso, os tubos metálicos que protegem as baixadas são rasgados longitudinalmente por forma a não constituírem circuitos fechados.**

7.6 - F.e.m. induzida

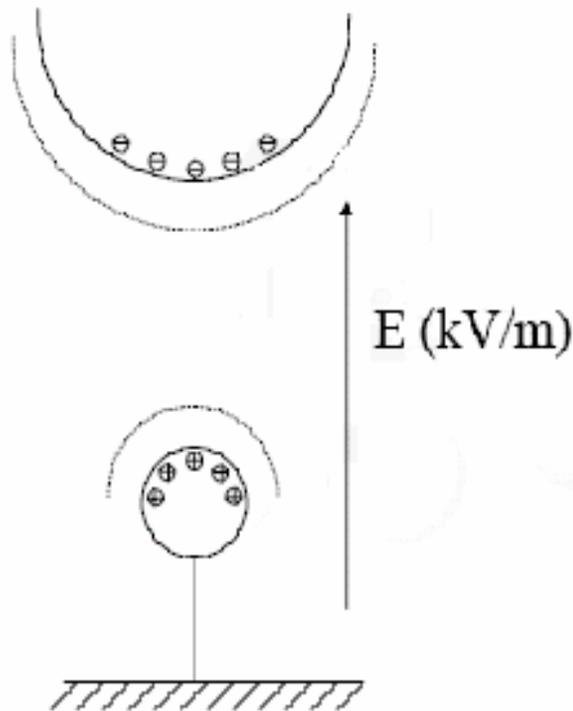
- **Por isso, as baixadas devem ser instaladas pelo exterior do edifício e afastadas de quaisquer massas condutoras.**
 - A NP 4426 define distâncias mínimas que dependem do nº de baixadas, do Nível de protecção, e de outros parâmetros



8 - Modelo Teórico

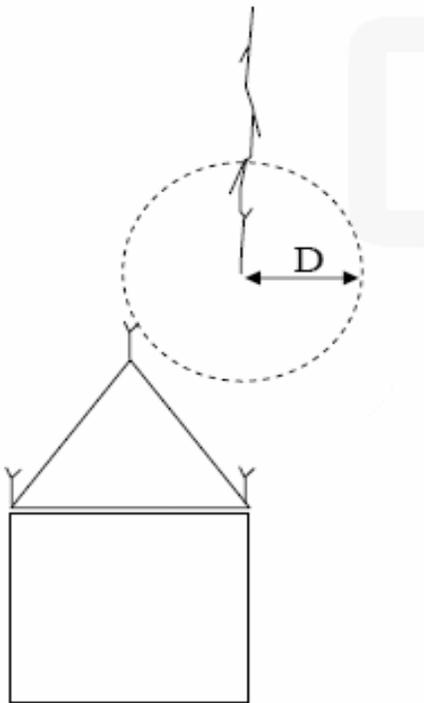
1. O campo eléctrico
2. A esfera fictícia
3. Diferentes Níveis de protecção
4. Mecanismo de uma descarga atmosférica
5. Modelo de protecção electromagnético
6. Raio de protecção

8.1 - O campo eléctrico



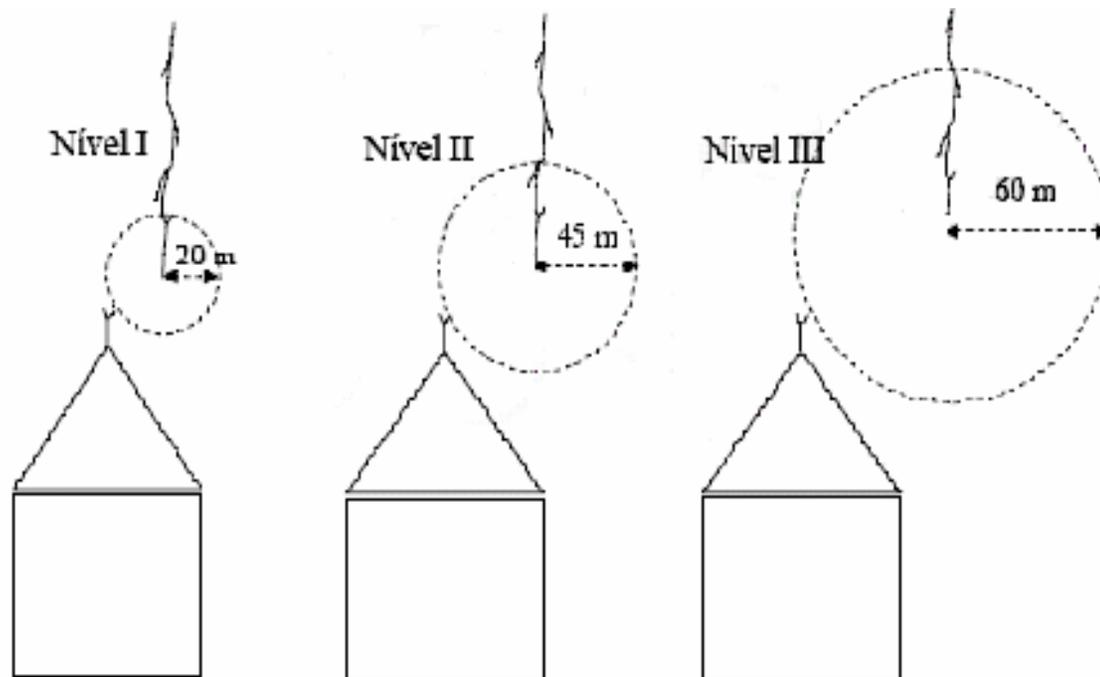
- Qualquer campo eléctrico (E) provoca a ionização do ar na sua proximidade;
- Todos os sistemas de protecção se baseiam neste efeito;
- Há muito que é conhecido o “poder das pontas”

8.2 - A esfera fictícia



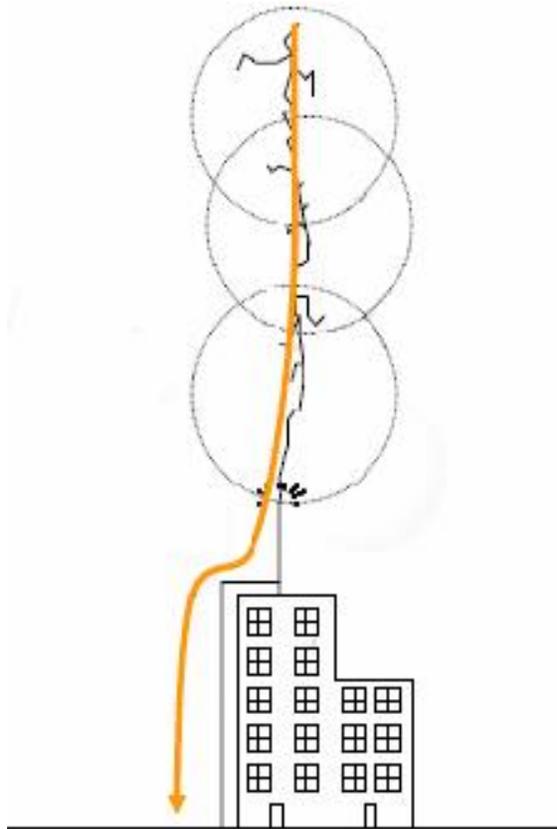
- No modelo electromagnético o ponto de impacto da descarga é o que primeiro se encontrar a uma distância (D) do traçador descendente;
- Esta distância (D) é definida em função do Nível de protecção a garantir;
- É como se uma esfera fictícia, de raio D , acompanhasse o traçador descendente e houvesse descarga logo que essa esfera tocasse um objecto em contacto com a terra

8.3 - Diferentes Níveis de protecção

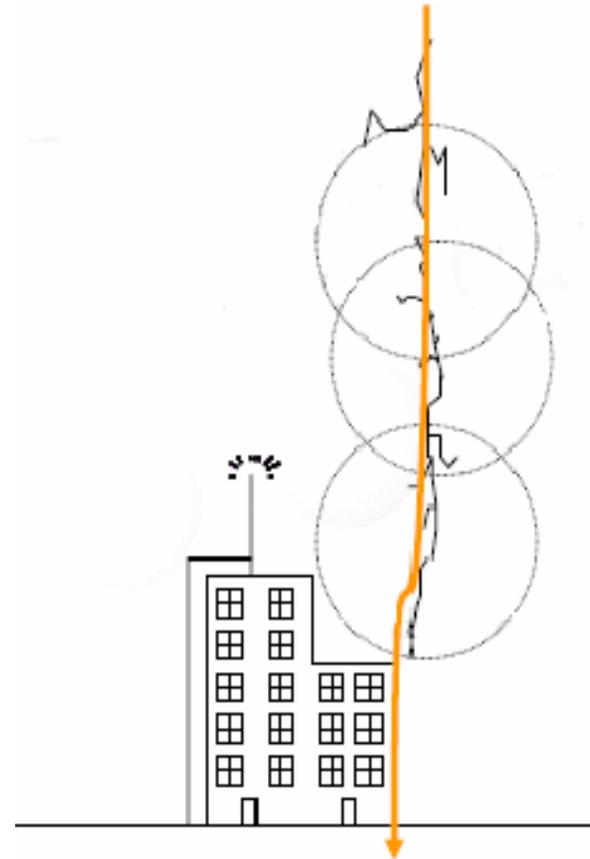


- O raio da esfera a considerar depende do Nível de protecção requerido para o imóvel

8.4 - Mecanismo de uma descarga atmosférica



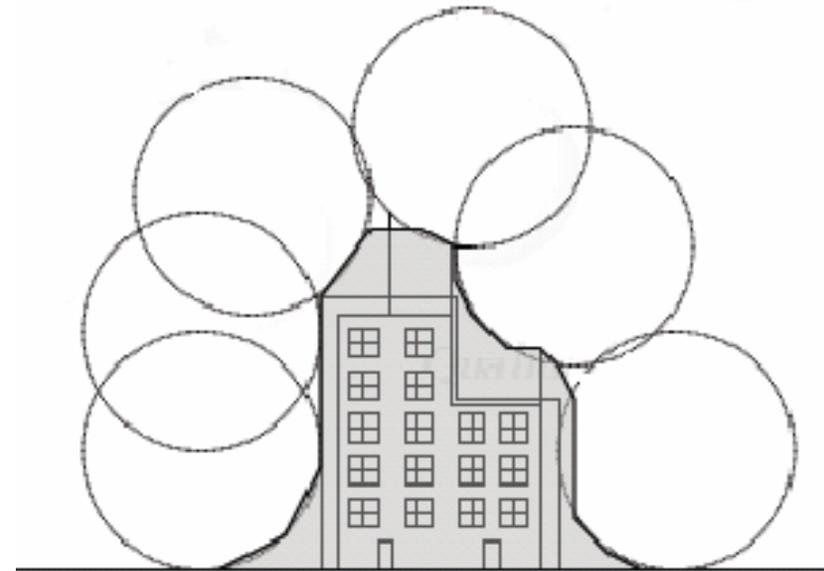
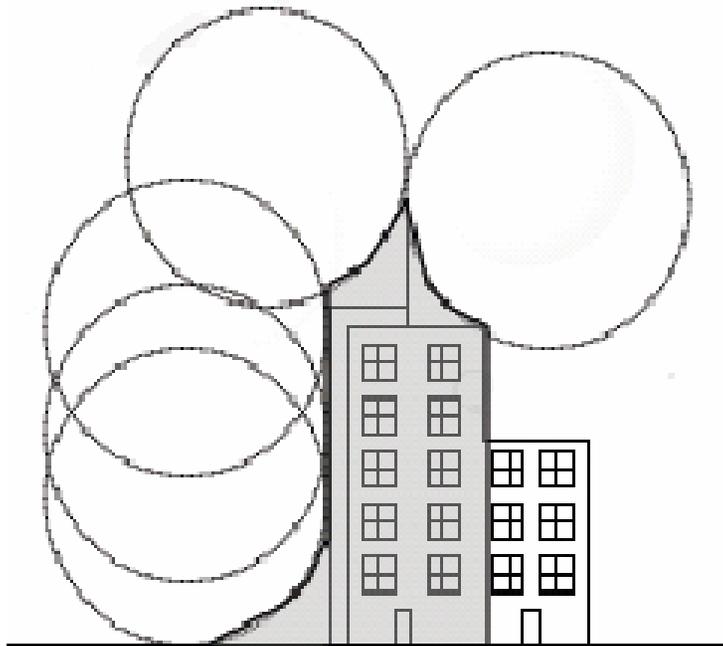
E.S.M.P



Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

8.5 - Modelo de protecção electromagnético



E.S.M.P

Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

9 – Pára-raios

- 1. Exemplos de apresentação**
- 2. Constituição**
- 3. Ensaios**
- 4. Cálculo do raio de protecção**
- 5. Zonas protegidas por um pára-raios**
- 6. Raio de protecção segundo a NP4426 (Exemplo)**

9.1 - Exemplo de apresentação



E.S.M.P

PDC

PARARRAYOS norma UNE 21 186

Materiales de fabricación

- Estructura metálica en acero inoxidable. También existe en aluminio y latón.
- Integridad comportamental ante la corrosión.
- Excelente conductividad eléctrica.
- Resistente al paso del tiempo.
- Sistema de aislamiento: resina de polietileno.

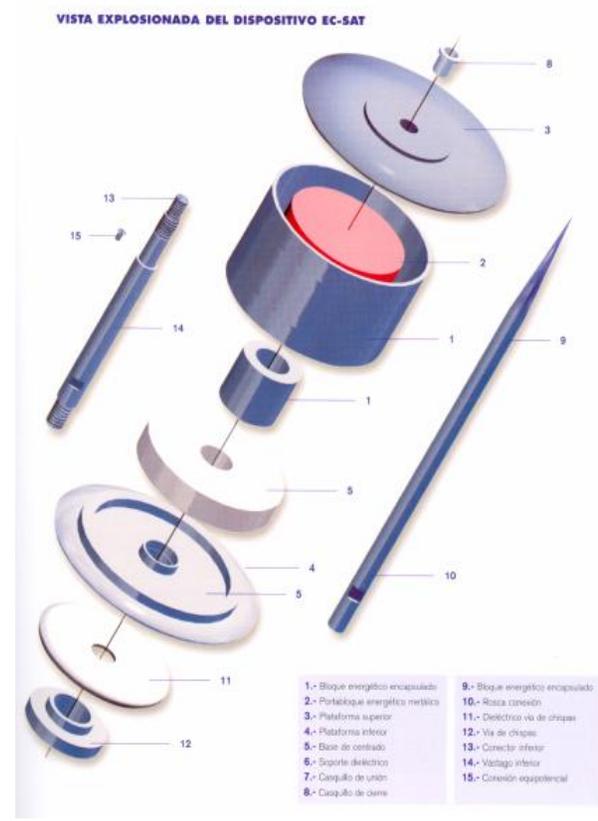
MODELO	1PDC/3	1PDC/5	1PDC/7	1PDC/9	1PDC/10
NIVEL I D= 30 m	30	40	50	60	70
NIVEL II D= 45 m	30	60	70	80	90
NIVEL III D= 60 m	60	70	80	90	100

Radio de protección calculado para un nivel de 0 m de altura

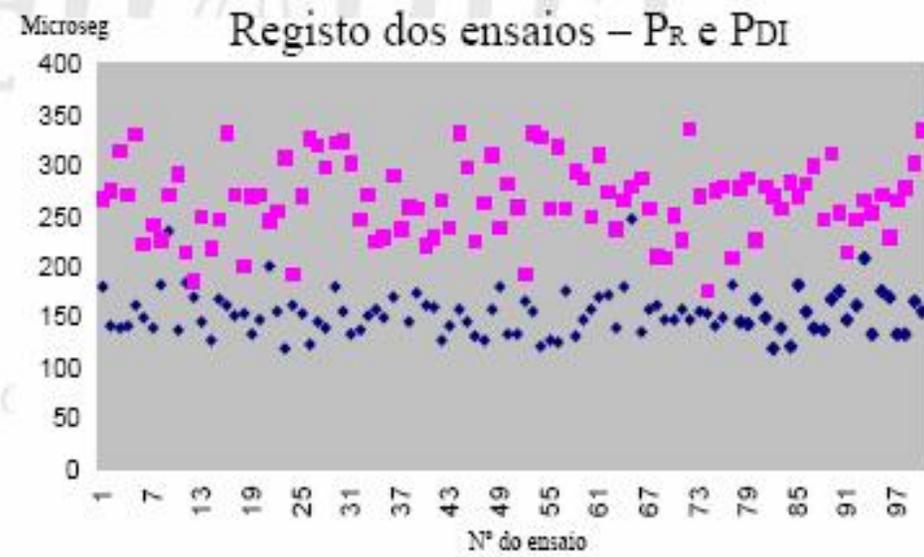
Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

9.2 – Constituição de um pára-raios

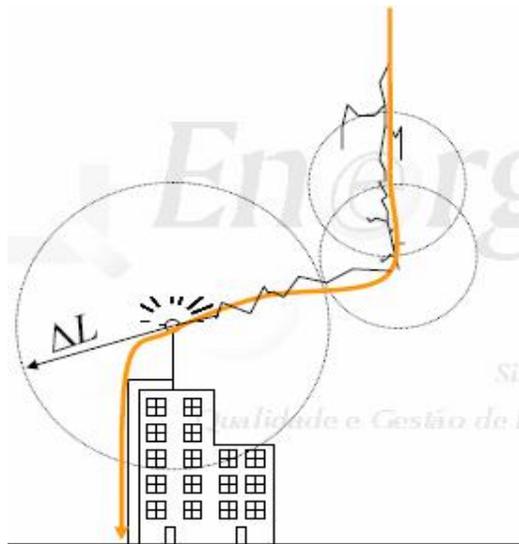


9.3 - Ensaios



9.4 - Cálculo do raio de protecção

- Um pára-raios com avanço à ignição antecipa a emissão do traçador ascendente



$$\Delta L = v(m / \mu s) \cdot \Delta T(\mu s)$$

Determinação do raio de protecção

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \quad \text{Para } h > 5m$$

$$\Delta L = v(m / \mu s) \cdot \Delta T(\mu s)$$

D: raio esfera fictícia. É uma função do risco esperado

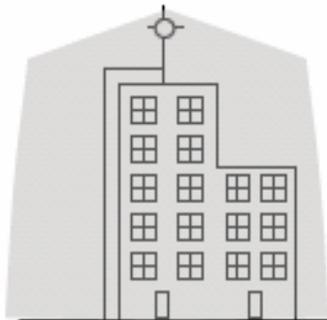
h: Altura entre a ponta do Pára-raios e o plano a proteger

R_p: Raio de protecção no plano definido

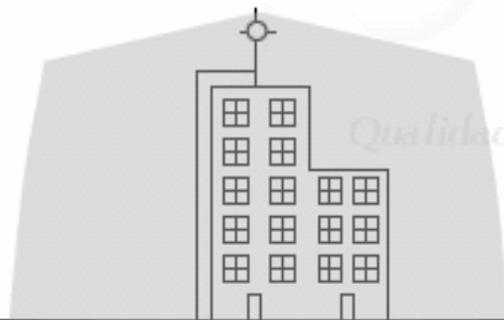
9.5 - Zonas protegidas por um pára-raios

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)}$$

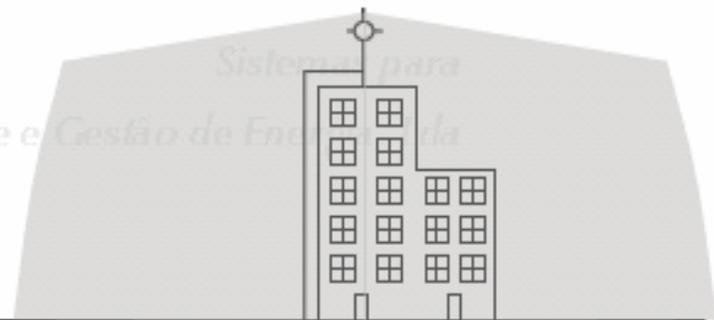
$\Delta T = 25 \mu s$



$\Delta T = 45 \mu s$



$\Delta T = 60 \mu s$



9.6 - Raio de protecção segundo a NP4426 (Exemplo)

D (m)										
45										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	R_p (m)									
20	43,30	48,99	54,54	60,00	65,38	70,71	75,99	81,24	86,46	91,25
25	45,83	51,23	56,57	61,85	67,08	72,28	77,46	82,61	87,75	92,87
30	47,70	52,92	58,09	63,25	68,37	73,48	78,58	83,67	88,74	93,81
35	48,99	54,08	59,16	64,23	69,28	74,33	79,37	84,41	89,44	94,47
40	49,75	54,77	59,79	64,81	69,82	74,83	79,84	84,85	89,86	94,87
45	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00
50	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00
55	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00
60	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00

- D (m): Distância de início da descarga ascendente ou raio da esfera fictícia
 ΔL (m): Avanço do início da descarga ascendente do pára-raios considerado
h (m): Diferença da altura entre a ponta do pára-raios e o plano horizontal considerado
 R_p (m): Raio de protecção ao nível do plano horizontal considerado

Figura 3b – Raio de protecção do pára-raios com dispositivo de iniciação (PDI)
Nível de protecção II (D = 45 m)

10 - Eléctrodos de terra

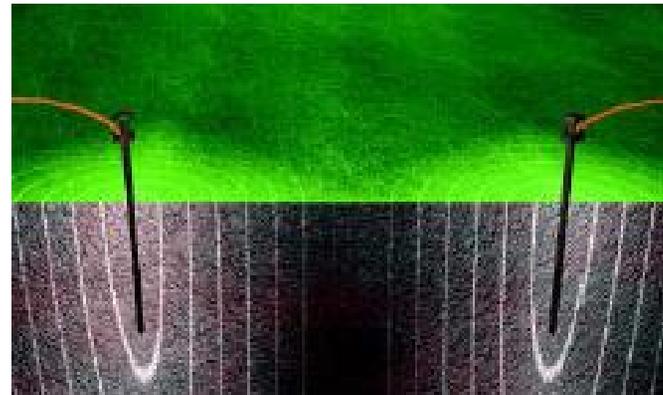
1. Tipos
2. Ligação à terra
3. Vida útil dos eléctrodos de terra
4. Fórmulas de cálculo
5. Resistividade do terreno
6. Resistência esperada

10.1 – Tipos de Eléctrodos de terra

- Podem ser instalados diferentes tipos de eléctrodos de terra:
 - Varetas
 - Chapas
 - Cabos
 - Fitas
 - Associações dos anteriores

10.2 – Ligação à terra

- A resistência de ligação à terra depende:
 - Da superfície de contacto com a terra;
 - Da profundidade a que chega o eléctrodo;
 - Da resistividade do terreno;
 - Da humidade do terreno.



10.3 – Vida útil dos eléctrodos de terra

- A durabilidade da ligação à terra depende:
 - Dos materiais utilizados;
 - Cobre, aço inox, aço galvanizado
 - Das ligações utilizadas;
 - Aperto mecânico, soldadura aluminotérmica
 - Da agressividade do terreno.



10.4 – Fórmulas de cálculo

Piquets cravados verticalmente no terreno

$$R = \rho / L$$

Superfície circular instalada na vertical

$$R = 1,6 \rho / r$$

Condutor instalado horizontalmente

$$R = 2 \rho / L$$

Anel

$$R = 2,2 \rho / L$$

10.5 – Resistividade do terreno

Natureza dos terrenos	Resistividade (Ωm)	
Terreno pantanoso	até 30	
Lama	20 a 100	
Húmus	10 a 150	
Turfa húmida	5 a 100	
Argila plástica (barro)	50	
Mármore e argilas compactas	100 a 200	
Mármore do Jurássico	30 a 40	
Areia argilosa	50 a 500	
Areia siliciosa	200 a 3000	
Solo pedregoso nu	1500 a 3000	
Solo pedregoso recoberto de relva ou ervas curtas	300 a 500	
Calcários moles	100 a 300	
Calcários compactos	1000 a 5000	
Calcários fissurados	500 a 1000	
Xistos	50 a 300	
Micaxistos	800	
Granitos e grés (de acordo com a alteração geológica)	1500 a 10 000	
Granitos e grés muito alterados	100 a 600	
Betão	1 cimento + 3 inertes	150
	1 cimento + 5 inertes	400
	1 cimento + 7 inertes	500
Terrenos aráveis gordos	50	
Terrenos aráveis magros	500	
Areia seca, terrenos pedregosos e rochas impermeáveis	3000	

10.6 – Resistência esperada

Natureza do terreno	Resistências previsíveis (Ω)					
	Varetas verticais		Fitas			Anel $\varnothing \rightarrow 20$ m
	3 m	6 m	10 m	20 m	30 m	
Pântanos, charcos e terras de húmus húmidos	10	5	6	3	2	1
Solo argiloso (barro)	33	17	20	10	7	4
Solo argilo/arenoso	50	25	30	15	10	5
Arenoso { húmido seco	67	33	30	20	13	7
	333	177	200	100	67	32
Areia grossa húmida	166	83	100	50	34	16
Cascalho seco	333	177	200	100	67	32
Pedra	1000	500	600	300	200	95
Cimento	—	—	10	5	3,3	1,7
Betão { 1 cimento + 3 inertes 1 cimento + 5 inertes 1 cimento + 7 inertes	—	—	30	15	10	5
	—	—	80	40	27	13
	—	—	100	50	33	17

11 – A Soldadura aluminotérmica

1. Como soldar
2. As soldaduras
3. Exemplo
4. Vantagens das soldaduras
5. Desvantagens das soldaduras

11.1 - Como soldar



E.S.M.P

Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

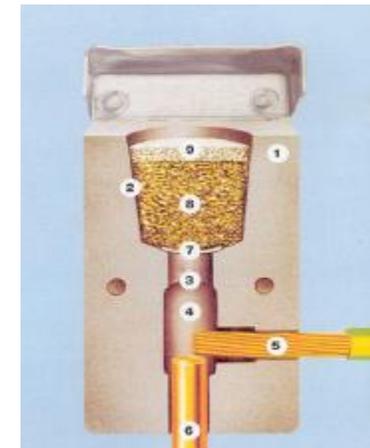
11.1 - Como soldar



E.S.M.P

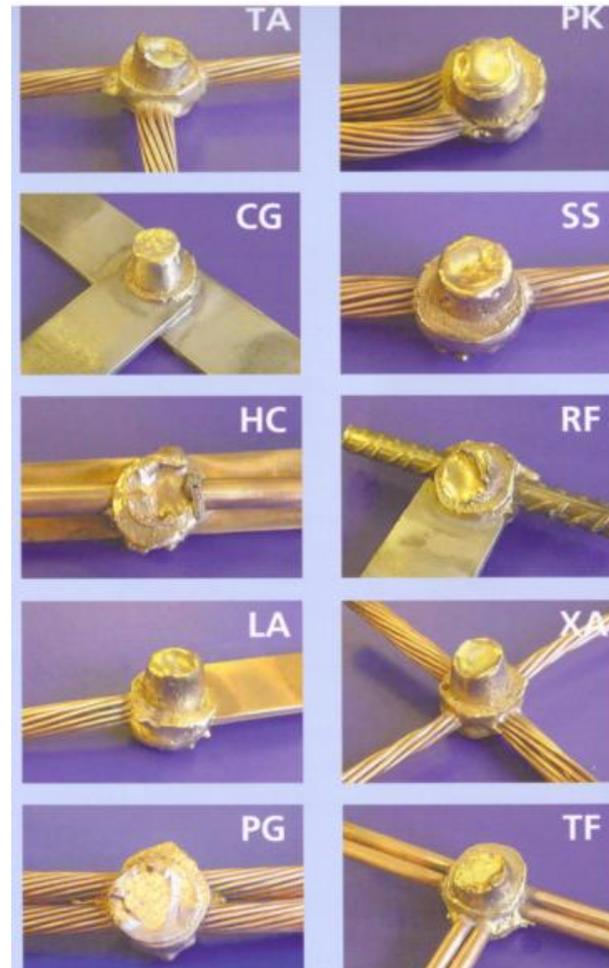
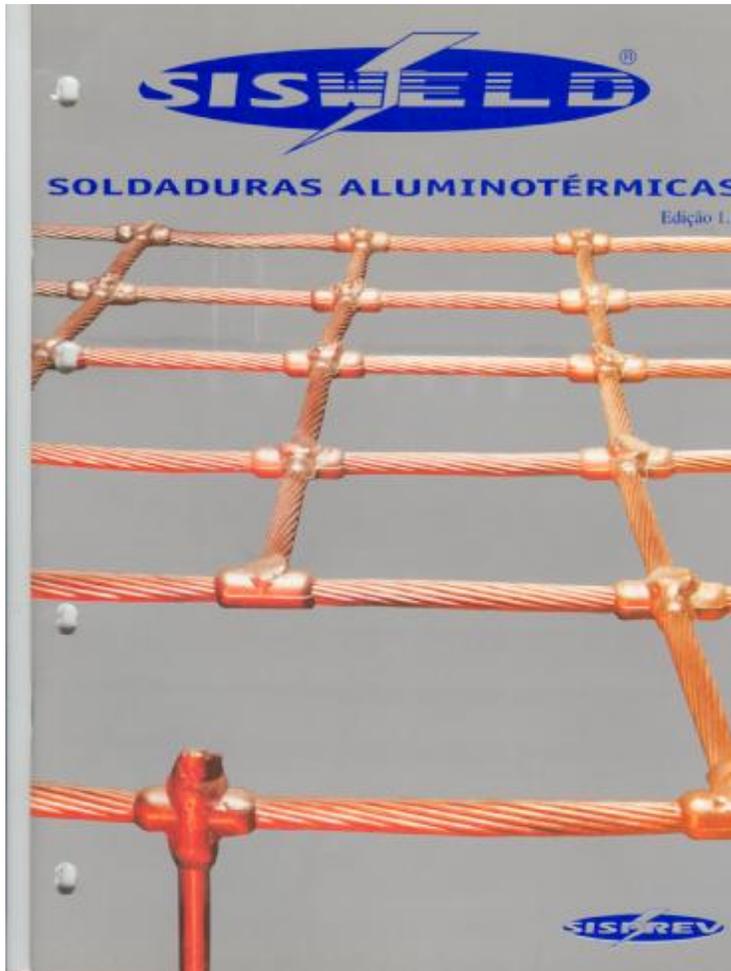


Terras e Pára-raios



Adriano Almeida

11.2 - As Soldaduras

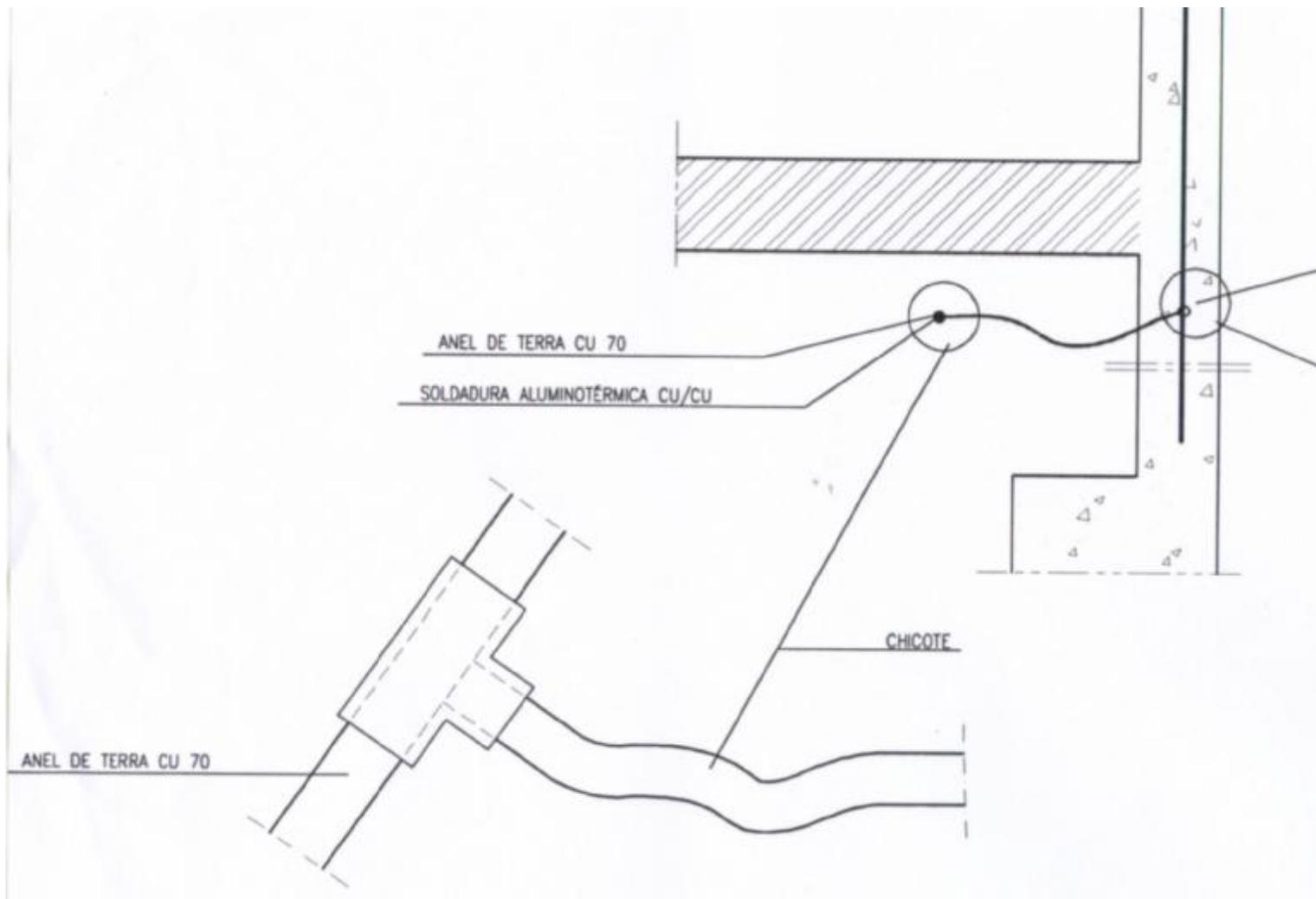


E.S.M.P

Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

11.3 - Exemplos

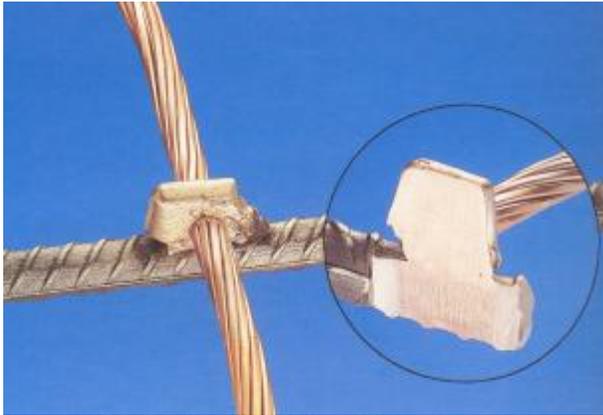


E.S.M.P

Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

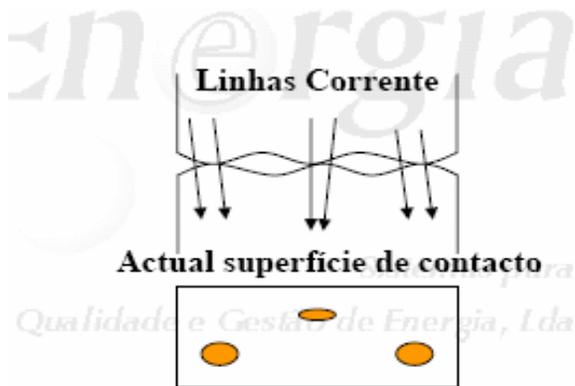
11.3 - Exemplos



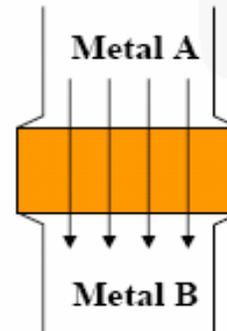
- A ligação cobre/cobre é muito mais profunda do que a ligação cobre/ferro, que, por isso, se torna quebradiça

11.4 - Vantagens da soldadura aluminotérmica

- Há ligação molecular entre os condutores pelo que e não se desenvolve qualquer f.e.m. de contacto;
- A resistência de ligação é baixa.



A conexão mecânica apresenta diferenças significativas entre a aparente superfície de contacto e a actual



A ligação CADWELD mantém a condutividade permanente para toda a secção dos condutores

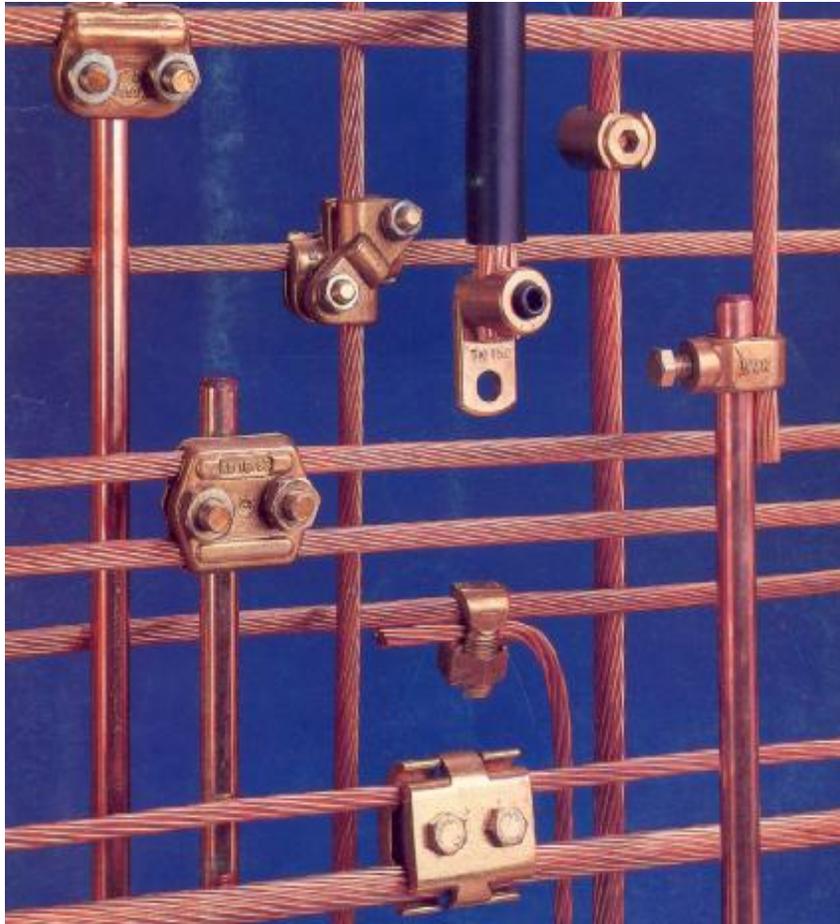
11.5 - Desvantagens da soldadura aluminotérmica

- É cara;
- É frágil quando entre materiais com ponto de fusão muito diferente (ferro / cobre, por exemplo).

12 – O aperto mecânico

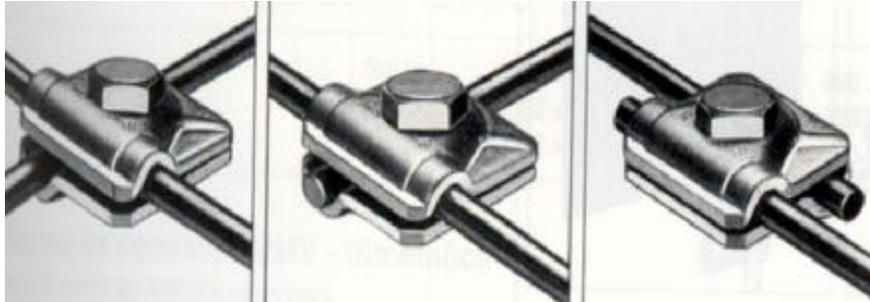
1. Panorâmica geral
2. Ligadores de cabo e varão
3. Ligadores de barra a varão
4. Caixas de medição de terras
5. Ligações aos “piquets”

12.1 – Panorâmica geral



- Muitas ligações podem ser feitas por aperto mecânico
- Desde que bem feita, a ligação é muito durável e tem uma baixa resistência
- Na ligação entre materiais distintos há que acautelar os efeitos da f.e.m. de contacto.

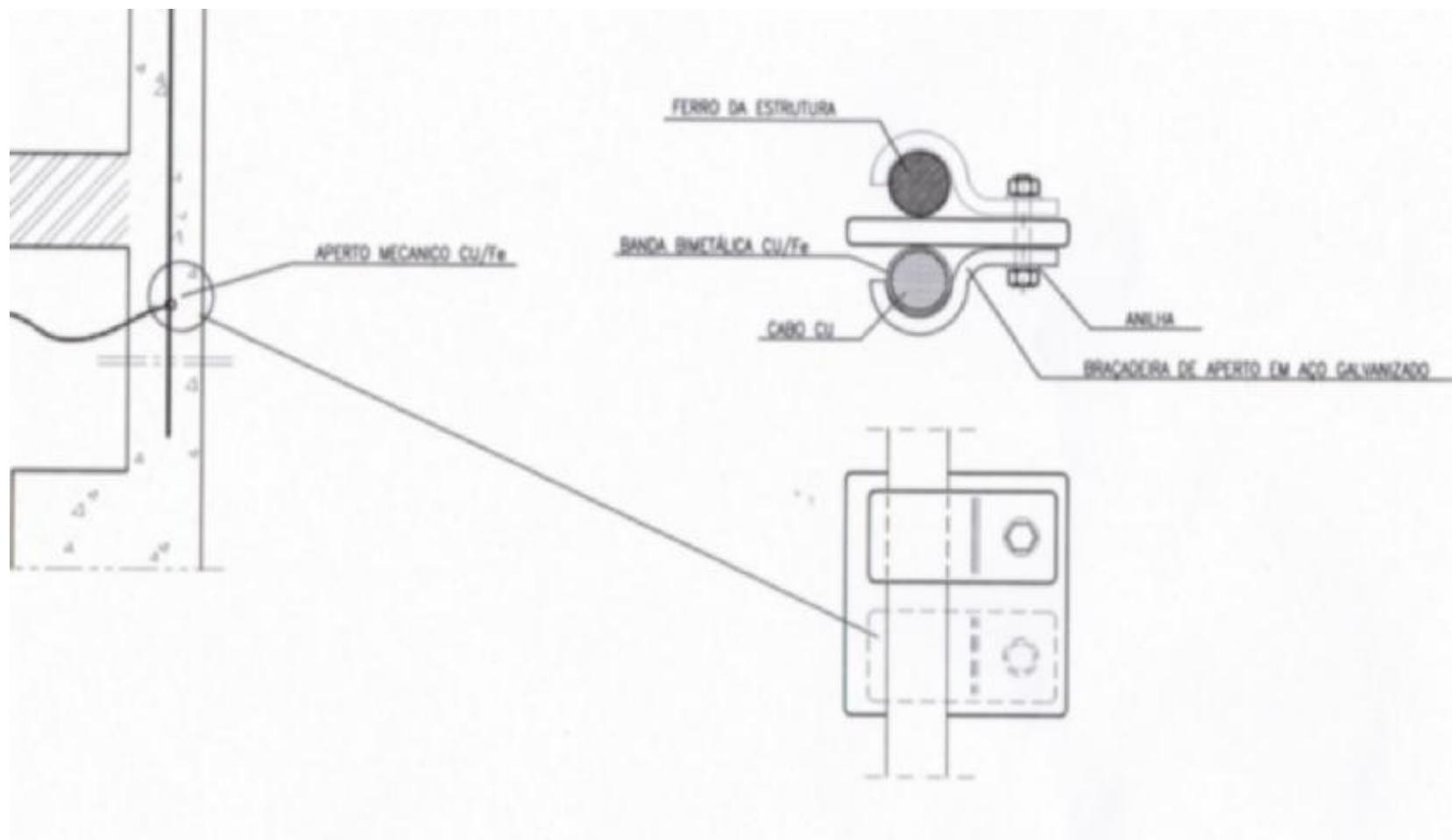
12.2 – Ligadores de cabo e varão



- Há vários tipos de ligadores:
 - Uns, permitem ligar cabos ou varões com diferentes diâmetros
 - Outros, só permitem uma boa ligação entre cabos ou varões com o mesmo diâmetro.



12.2 – Ligadores de cabo e varão



12.3 - Ligadores de barra a varão

- Para garantir uma boa ligação a superfície de contacto deve ser elevada
- Para ligar materiais diferentes devem ser utilizados ligadores bimetálicos



E.S.M.P

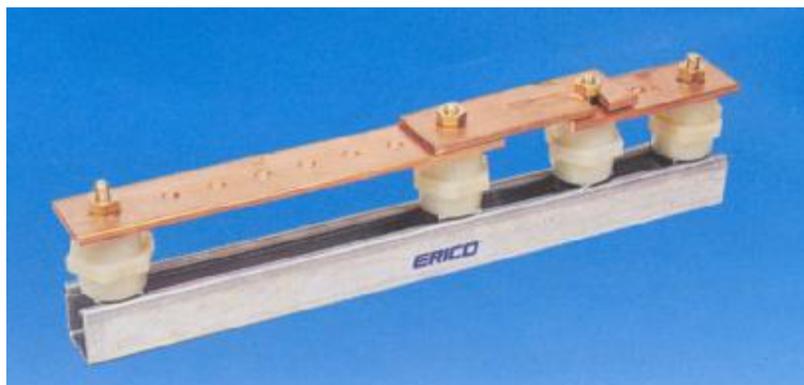
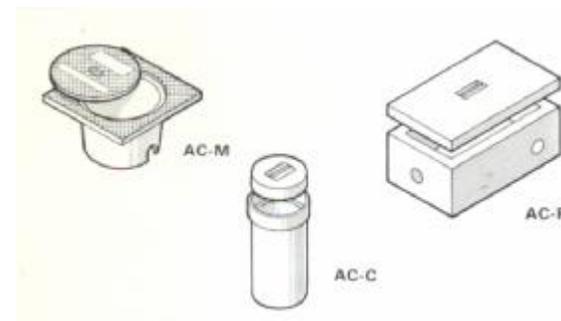
Terras e Pára-raios



Adriano Almeida

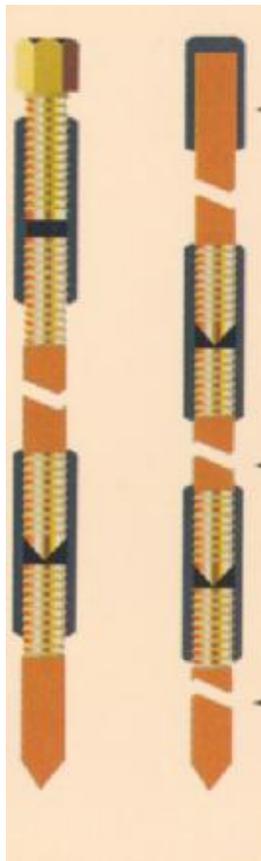
12.4 - Caixas de medição de terras

- Os ligadores amovíveis podem ser instalados em caixas na parede, em caixas no pavimento exterior, ou, simplesmente à vista (em espaços técnicos)



12.5 – Ligações aos “piquets”

- Há dispositivos apropriados à ligação aos “piquets” de terra e à própria ligação entre “piquets”



UNIÕES / COUPLINGS

Ref. **MA**

REF.	Ø ELECTRODO / ROD	ROSCA / THREAD
MA-14	14,2 mm	5/8"
MA-15	14,6 mm	M-16
MA-15 CuAl	14,6 mm	M-16
MA-17	17,2 mm	3/4"
MA-18	18,3 mm	M-20
MA-19	19,1 mm	1 3/16"
MA-21	20,3 mm	M-22

ACESSÓRIOS PARA ELECTRODOS / DRIVING TOOLS

DRIVING STUD

Ref. **TS**

REF.	ROSCA / THREAD
TS-14	5/8"
TS-15	M-16
TS-17	3/4"
TS-18	M-20
TS-19	1 3/16"
TS-21	M-22

DRIVING HEAD

Ref. **TS**

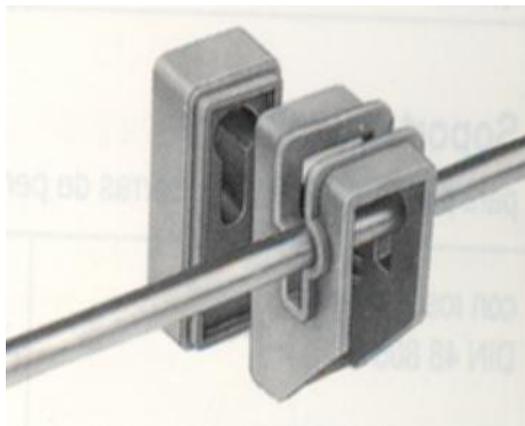
REF.	Ø ELECTRODO / ROD
S-15	14,6 mm
S-18	18,3 mm
S-21	20,3 mm

13 – Equipamentos diversos de fixação

1. Panorâmica geral
2. Dispositivos de fixação de varões
3. Dispositivos de fixação de fitas

13.2 – Dispositivos de fixação de varões

- Exemplos de fixação:
 - Sobre telha
 - Em superfície plana
 - Em muretes



E.S.M.P



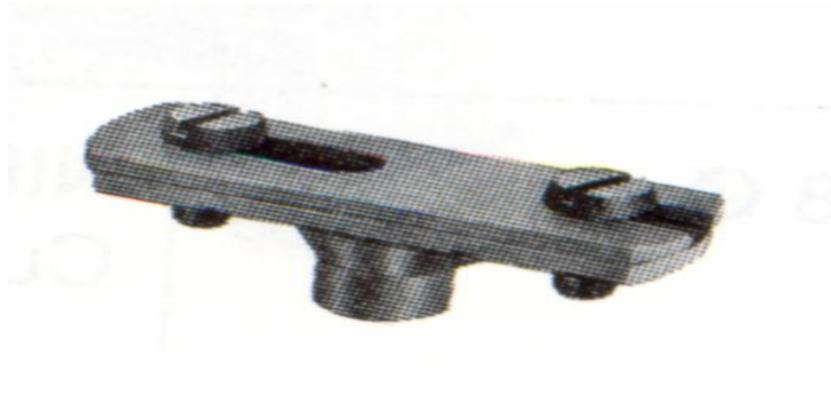
Terras e Pára-raios



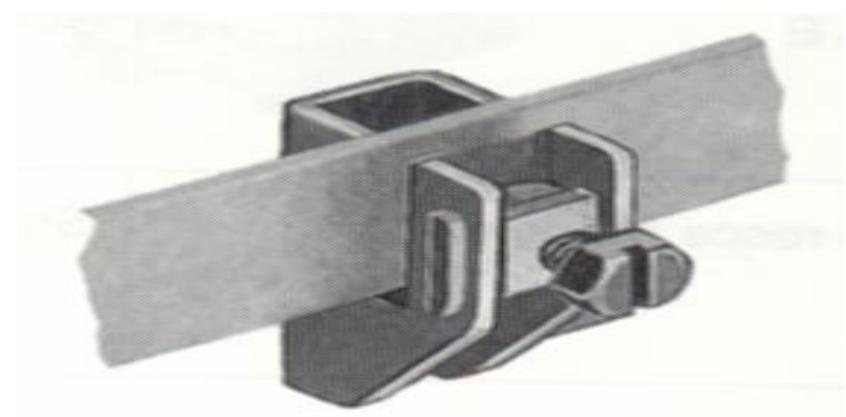
Adriano Almeida

13.3 – Dispositivos de fixação de fitas

- Exemplos de fixação de fitas:
 - Na horizontal
 - Na vertical



E.S.M.P



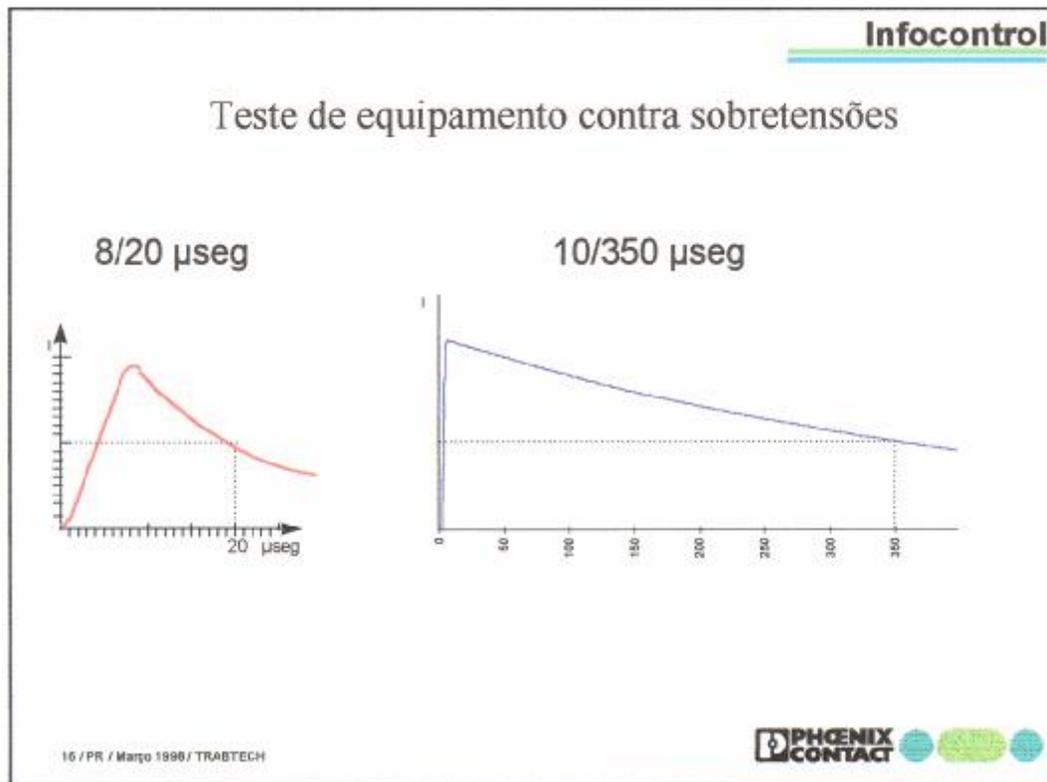
Terras e Pára-raios

Adriano Almeida

14 – Protecção aos equipamentos

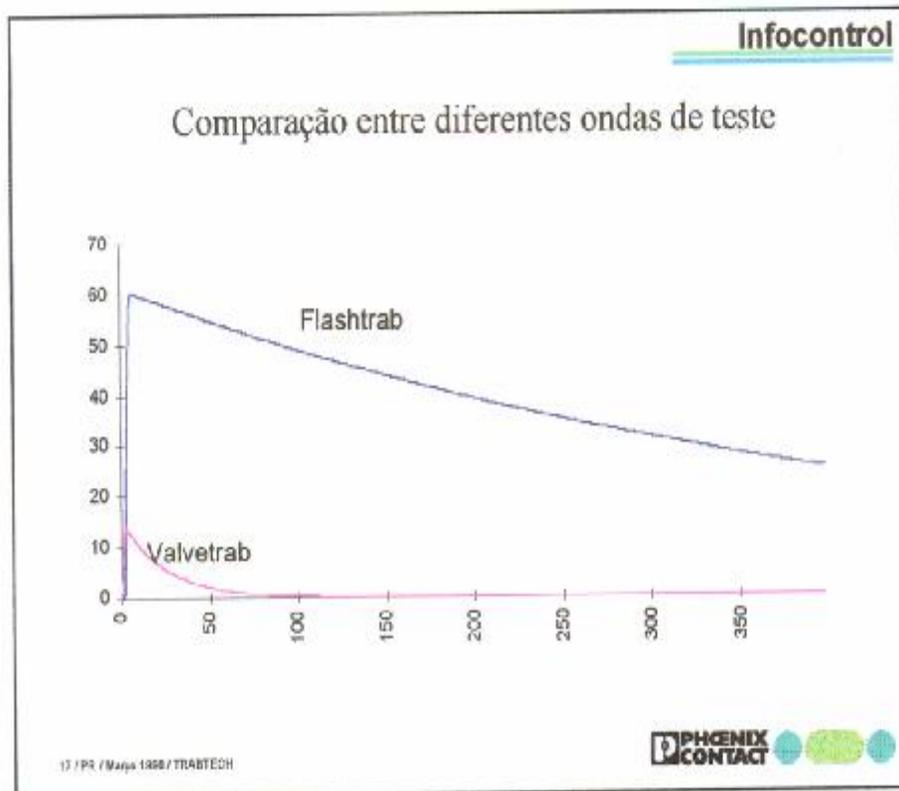
1. Normas
2. Tipos de protecção
3. Protecção geral
4. Auto-extinção do arco
5. Protecção intermédia
6. Coordenação de protecções
7. Protecção local

14.1 – Normas



Segundo a norma IEC1312-1 a curva 10/350 está associada a dispositivos de protecção contra descargas atmosféricas directas e a 8/20 testa os dispositivos de protecção contra sobretensões de manobra

14.2 – Tipos de protecção

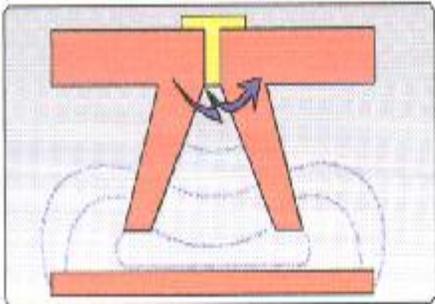


- Há equipamentos com grande capacidade de escorvamento ($\int i^2(t) dt / 1\Omega$) que são próprios para instalar nos quadros gerais das instalações (QGBT). A capacidade de scorvamento é definida de acordo com a curva 10/350.
- Outros, com menor capacidade de escorvamento, são adequados aos quadros parciais. A sua capacidade de descarga é definida segundo a curva 8/20.

14.3 – Protecção geral

Infocontrol

FLASHTRAB - Protecção contra descargas atmosféricas directas



	FLT 25-400	FLT 50-400
Tensão nominal	440 V AC	440 V AC
Impulso de corrente (8/80 μ s)	50 KA	100 KA
Impulso de corrente (10/350 μ s)	25 KA	60 KA
Tensão de ignição	< 4 KV	< 4 KV
Capacidade de extinção ICC	3,5 KA (230V)	4 KA (230 V)

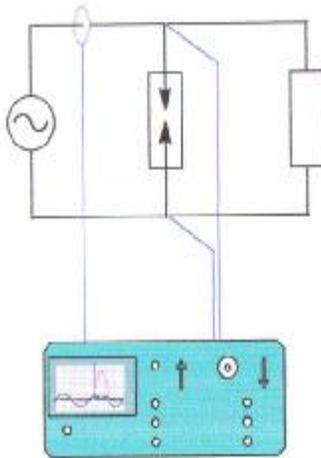
18 / PR / Mayo 1990 / TRARTECH



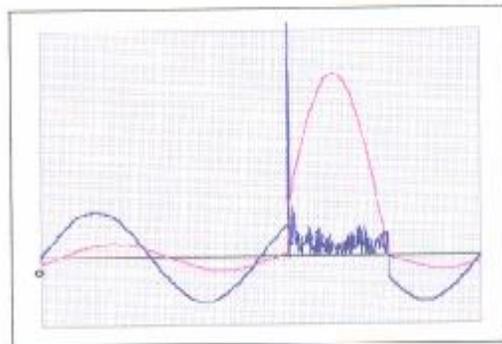
Utilizam-se de aparelhos com grande capacidade de escorvamento (25 ou 60 kA segundo a curva 10/350), com uma boa capacidade de auto-extinção do curto-circuito subsequente (4kA), mas que não são adequados à protecção de equipamento terminal que precisa de uma protecção de 1,5 kV. Para isso a tensão residual não deveria ser superior a 1,5 kV.

14.4 – Auto-extinção do arco

Infocontrol
Processo de autoextinção de um curto-circuito subsequente a uma descarga



19 / PR / Março 1998 / TRABTECH

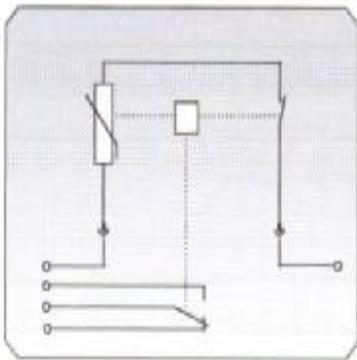


- *O curto-circuito termina quando a corrente passa por zero o que significa que a duração máxima do curto-circuito é de meio período.*
- *Se as protecções a montante tiverem calibre adequado para não terem fundido, o circuito pode continuar a funcionar normalmente após a sobretensão*

14.5 – Protecção intermédia

Infocontrol

Valvetrab - Limitação da sobretensão nos quadros parciais



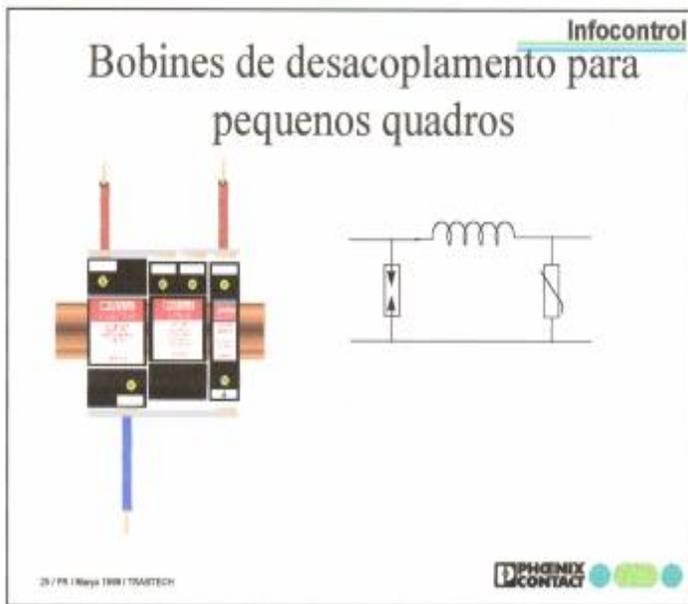
	VALVETRAB
Tensão nominal	275 V AC
Impulso de corrente I_{max} (8/20 μs)	40 KA
Impulso de corrente I_{nom} (8/20 μs)	15 KA
Tensão residual (In)	< 1.5 KV

22 / PR / Maio 1998 / TRABTECH



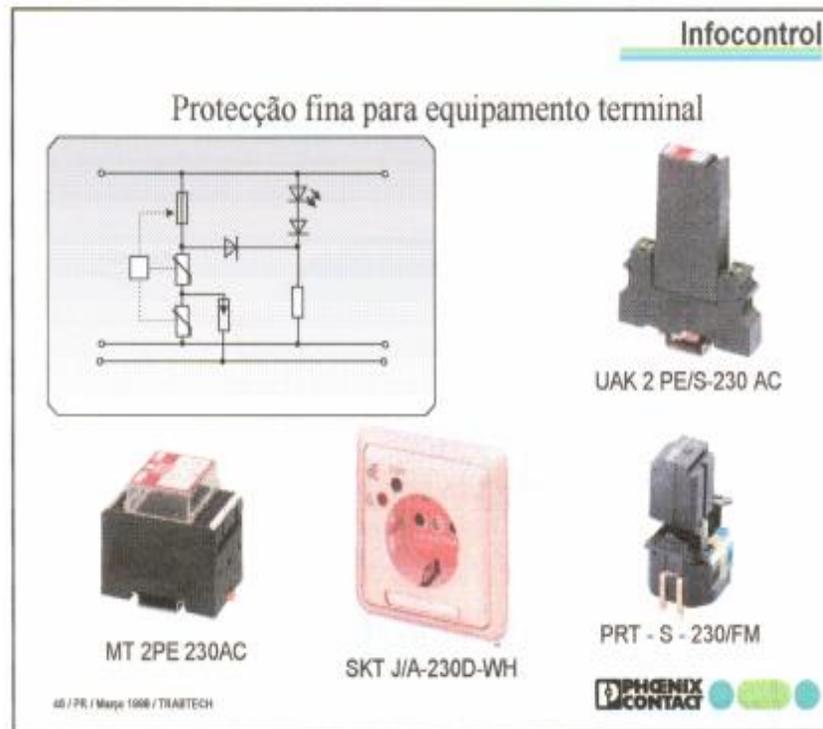
- Para proteger os equipamentos podem utilizar-se dispositivos do tipo *varistor* que se fecham quando a tensão aos seus terminais ultrapassa um determinado valor e que abrem quando essa tensão é mais reduzida

14.6 – Coordenação de protecções



- Perante uma sobretensão o primeiro dispositivo a entrar em funcionamento é o de tensão de ignição mais baixa – o varistor.
- Em presença de uma descarga atmosférica o varistor não suporta a corrente da descarga e danifica-se a menos que a protecção a montante actue. Para isso tem de ter 4 kV aos terminais, superior em 2 500 V à tensão aos terminais do varistor, que é só de 1,5 kV.
- Essa q.d.t. consegue-se na própria linha de alimentação ao quadro parcial (10 a 15 m são suficientes) ou através da utilização de uma bobina de desacoplamento, com uma indutância de poucos μH , que se instala no próprio quadro.

14.7 – Protecção local



- Em certos casos pode ser necessária a instalação de um outro nível de protecção.
- Utilizam-se dispositivos como os da figura que protegem equipamentos terminais específicos.
- Existem também dispositivos que fazem a protecção a equipamentos de comunicações e outros.

PROTECÇÃO CONTRA

**DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS**

FIM