



PROTECCÇÕES E
LIGAÇÕES DE TERRA

15. PROTECÇÕES E LIGAÇÕES DE TERRA

15.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por objectivo apresentar uma solução para o sistema de terras das infra-estruturas de telecomunicações em edifícios. Para tal, será efectuada uma análise considerando os problemas associados às descargas atmosféricas, interferências e a implementação prática da rede de terras de acordo com a legislação actual.

Ao longo dos pontos seguintes existem recomendações claras do que se considera ser um bom sistema de terras, aplicável aos edifícios. O esquema eléctrico e de terras, no final deste capítulo, apresenta as obrigatoriedades consideradas mínimas, para este tipo de instalações.

15.2 IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE TERRAS

O sistema de terras deve ter sempre em consideração não só o sistema de telecomunicações mas também o sistema eléctrico de potência. Deste modo, este sistema deve ter por objectivo as seguintes funções:

- Segurança de pessoas: evitando potenciais perigosos de toque e de passo, através de terras de baixa impedância e ligação à terra de equipamentos que permitam contactos directos que possam resultar em tensões perigosas, originadas por defeitos eléctricos ou descargas atmosféricas;
- Protecção do equipamento e do edifício: por ligação directa à terra, de baixa impedância, dos equipamentos eléctricos e dos dispositivos de protecção contra sobretensões, de modo a permitir que as correntes originadas por defeitos ou descargas atmosféricas sejam rapidamente dissipadas e não resultem em tensões perigosas;
- Redução do ruído eléctrico: um bom sistema de terras ajuda a reduzir o ruído eléctrico.

No caso particular dos sistemas de telecomunicações, há que ter uma atenção especial às fontes de perturbação electromagnética. Existem diferentes fontes de perturbação electromagnética que podem afectar a operação destes sistemas de telecomunicações.

De modo a atenuar este tipo de problemas, o sistema de terras deve ser projectado tendo em consideração esses efeitos. Pelo menos cinco aspectos básicos devem ser considerados:

Ruído - A eliminação dos problemas da interferência electromagnética envolve a identificação da fonte de ruído (seja interna ou externa), o meio de transmissão e o circuito que é afectado. Tendo identificado a origem do problema, a interferência pode ser reduzida, alterando um ou mais componentes;

Potencial da terra - Para cada circuito deve existir um único referencial. A existência de duas referências pode dar origem a diferenças de potencial que, por sua vez, podem originar o ruído;

Campos electromagnéticos - Para uma análise em baixa frequência, um circuito pode ser descrito em termos de uma rede eléctrica como sendo constituído por resistências, condensadores e bobinas. No entanto, no domínio da alta-frequência, as propriedades de radiação do circuito não podem ser desprezadas. Uma corrente é sempre acompanhada por um campo magnético, enquanto que uma tensão é sempre acompanhada por um campo eléctrico. Deste modo, podem ocorrer problemas de interferências, se estes simples aspectos não foram tidos em consideração;

Correntes de modo comum - Quando num circuito se consideram dois condutores (conductor da fonte para a carga e retorno), podem diferenciar-se dois tipos de fluxo de corrente; o modo diferencial e o modo comum. O modo diferencial é o desejado, ou seja, a corrente circula da fonte para carga através de um conductor e retorna através do outro conductor. No modo comum, está-se perante um sinal indesejado em que o fluxo da corrente circula no mesmo sentido em ambos os condutores, e retorna através de um terceiro conductor (normalmente um conductor de terra). Estas correntes de modo comum causam normalmente numerosos problemas de interferência, envolvendo os sistemas de terras;

Protecção contra descargas atmosféricas - Uma das fontes de perturbação electromagnética mais importante, que pode afectar os sistemas de telecomunicações, é originada pelas descargas de origem atmosférica. Este fenómeno não só pode causar interferências como, inclusivamente, causar danos nos equipamentos de telecomunicações. Deste modo, as medidas de protecção devem ser baseadas numa análise de risco minuciosa, que entra em conta com a estrutura onde o equipamento está instalado, o próprio equipamento e os cabos de rede.

Assim, no sentido de minimizar os efeitos das fontes de perturbação electromagnética, o sistema de terras deve ter em consideração os seguintes aspectos:

- Ajudar à dissipação da energia proveniente das descargas atmosféricas;
- Proporcionar a segurança no caso de algo provocar tensões perigosas nas massas dos equipamentos;
- Proporcionar uma referência estável para os equipamentos de telecomunicações de modo a minimizar o ruído durante o seu funcionamento;
- Estar devidamente ligado de modo a permitir um ponto de equipotencialidade.

15.3 ELÉCTRODOS DE TERRA

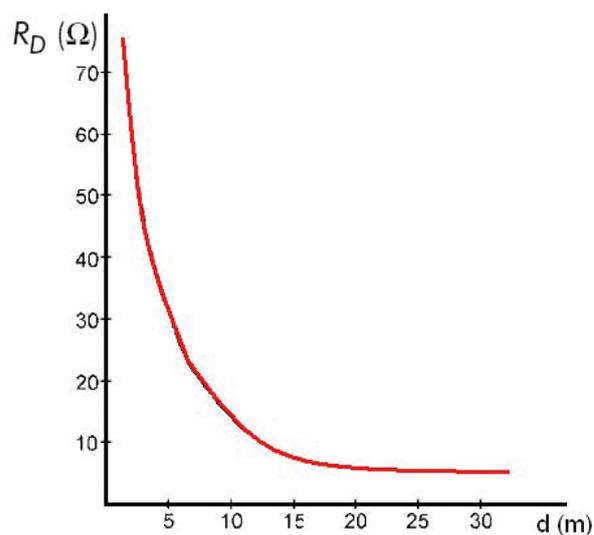
A ligação entre os condutores e a terra é efectuada através dos designados eléctrodos de terra. Quanto às propriedades eléctricas de uma ligação à terra, dependem, essencialmente, dos seguintes parâmetros:

- Impedância da terra;
- Configuração do eléctrodo de terra.

Em circuitos de corrente alternada, deve ser considerada a impedância de terra, que é a impedância entre o sistema de terras e a terra de referência para uma determinada frequência de funcionamento. A reactância do sistema de terras é a reactância do condutor de terra e as partes metálicas do eléctrodo de terra. A baixas frequências esta reactância é desprezável quando comparada com a resistência de terra.

A resistência de terra depende da profundidade a que o eléctrodo se encontra enterrado. Este fenómeno deve-se ao facto do conteúdo da humidade do terreno ser mais estável, e em maior quantidade, nas camadas mais profundas do terreno. As camadas mais próximas da superfície são mais sensíveis às variações das estações do ano e podem inclusive sofrer a influência das geadas. A figura seguinte apresenta a variação da resistência de terra para um eléctrodo do tipo barra. Através desta figura é possível verificar que a resistência da terra reduz com o aumento de profundidade do eléctrodo.

FIGURA 114: Exemplo da resistência de dissipação de um eléctrodo de terra constituído por uma barra longitudinal, progressivamente crescente em função da profundidade

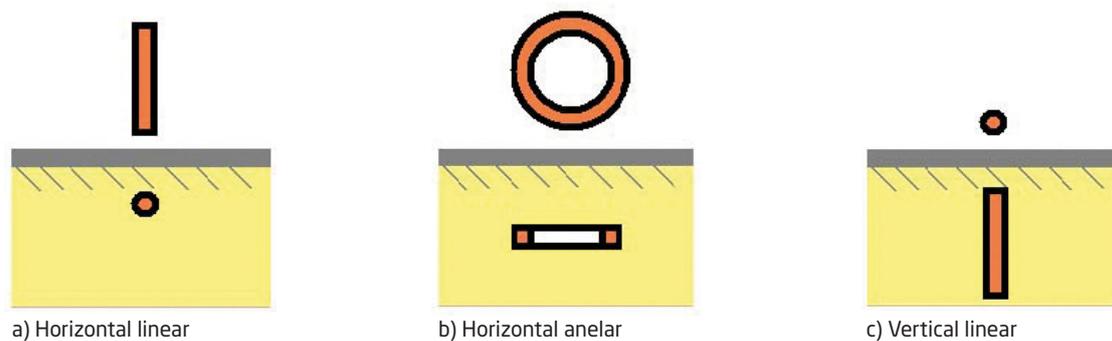


Existem diversos tipos de eléctrodos de terra, nomeadamente:

- Eléctrodos simples (cabos nus, varetas, varões, tubos, chapas e perfis)
- Combinado (associação de diversos tipos simples)
- Malha (fitas metálicas formando uma malha)
- Fundações (pilares metálicos interligados por estruturas metálicas)

Os eléctrodos de terra do tipo simples são colocados debaixo da superfície da terra a uma determinada profundidade. A sua colocação pode ser horizontal (linear, anel, etc.) ou vertical.

FIGURA 115: Eléctrodos de terra do tipo simples



Na colocação dos eléctrodos de terra simples devem ser observadas as regras seguintes:

- Eléctrodos horizontais:

Devem ser colocados debaixo da superfície da terra a uma profundidade de 0,6m a 1m. O comprimento dos elementos do eléctrodo deve ser muito superior à profundidade de enterramento.

Com o aumento da profundidade do enterramento do eléctrodo diminuem as tensões de passo e as tensões de toque. Com o aumento da profundidade do enterramento do eléctrodo também diminui, embora ligeiramente, a resistência de contacto com a terra.

- Eléctrodos verticais:

O topo do eléctrodo deve estar enterrado, debaixo do solo, a uma profundidade típica de 1m. O comprimento típico situa-se entre os 3m e os 30m.

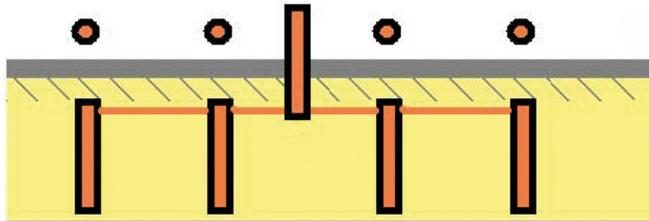
Normalmente devem ser montados através de um conjunto de varetas de comprimento de 1,5m, colocados sucessivamente uns sobre os outros através de um martelo mecânico.

Neste tipo de eléctrodos a resistência de terra é mais estável quando comparada com os horizontais. Contudo, apresenta uma distribuição do potencial de superfície desfavorável.

Uma vez que este sistema necessita de uma superfície de terra muito reduzida é recomendado para as áreas com elevada densidade de edificações ou nas superfícies cobertas por asfalto ou cimento.

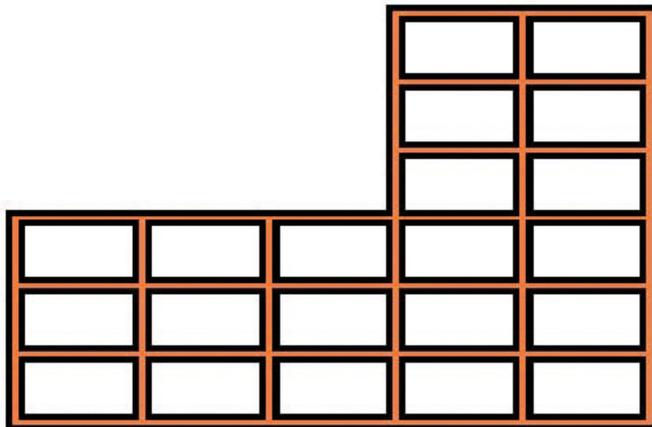
Os eléctrodos de terra do tipo combinado são constituídos por eléctrodos do tipo horizontal e vertical. Este tipo de eléctrodos permite reduzir a resistência à terra e melhorar a distribuição do potencial de superfície. O efeito de proximidade das várias varetas permite reduzir a resistência.

FIGURA 116: Eléctrodos de terra do tipo combinado



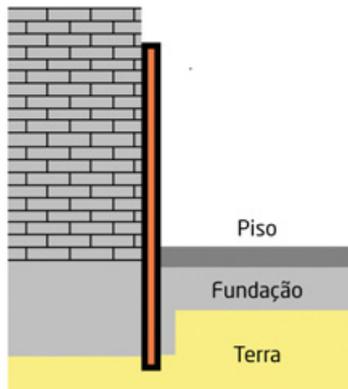
Os eléctrodos do tipo malha são constituídos por um conjunto de varetas ou fitas, colocadas horizontalmente no solo. Com a utilização das fitas obtém-se uma maior superfície de contacto com a terra, conseguindo-se deste modo uma terra mais adequada às altas frequências. Este tipo de eléctrodos favorece a distribuição de potencial, no entanto, é mais susceptível às mudanças da constituição do solo.

FIGURA 117: Eléctrodos de terra do tipo malha



O eléctrodo do tipo fundação é constituído por troços de metal condutor embebidos no cimento das fundações do edifício. Uma das vantagens deste tipo de eléctrodo é que as partes metálicas não necessitam de uma protecção adicional anticorrosiva. Este tipo de eléctrodo é considerado como uma solução muito prática para o sistema de terras do edifício.

FIGURA 118: Eléctrodos de terra do tipo fundação



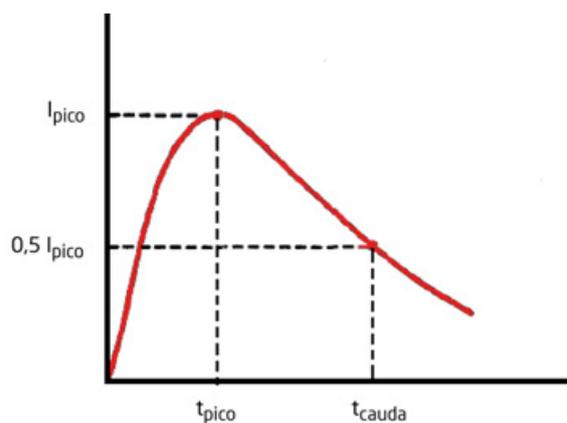
15.4 CONSIDERAÇÕES PARA A MINIMIZAÇÃO DOS EFEITOS DAS FONTES DE PERTURBAÇÃO ELECTROMAGNÉTICA

Tal como foi referido nos pontos anteriores, existem diversas fontes de perturbação electromagnética que podem afectar a operação dos sistemas eléctricos e dos sistemas de telecomunicações. Os sistemas de terra são de extrema importância para a atenuação destes efeitos. Durante a fase inicial da construção de um edifício, a sua implementação não é dispendiosa. Contudo, uma vez o edifício construído, a substituição ou modificação do sistema de terras torna-se normalmente muito dispendiosa.

Das diferentes fontes de perturbação electromagnética, as descargas atmosféricas constituem uma das mais importantes que podem afectar os sistemas de telecomunicações. Deste modo, para a protecção dos sistemas de telecomunicações contra descargas atmosféricas deve efectuar-se uma análise dos seus efeitos.

Têm sido realizados diversos trabalhos experimentais no sentido de se poderem caracterizar as descargas de origem atmosférica. Através destes trabalhos verificou-se que as correntes originadas pelas descargas atmosféricas apresentam uma forma de onda do tipo impulso, conforme se pode verificar pela figura seguinte.

FIGURA 119: Forma de onda típica de uma descarga atmosférica



Os valores obtidos com origem no Comité da Protecção de Descargas Atmosféricas da Comissão Electrotécnica Internacional (*Technical Committee 81 da I.E.C.*) demonstram que 50% das descargas atmosféricas apresentam uma corrente de pico de 33kA e 5% uma corrente superior a 85kA. A taxa de crescimento da corrente pode atingir valores superiores 65kA/ μ s. O rápido crescimento da corrente pode dar origem a uma tensão muito elevada, que poderá ser obtida a partir da seguinte expressão:

$$V \approx \sqrt{\left(L \frac{d_i}{d_t}\right)^2 + (R_i)^2}$$

onde

L é a indutância dos condutores de descarga e do eléctrodo de terra [H]

R é a resistência do eléctrodo de terra [Ω]

Dependendo da corrente de descarga e das propriedades do sistema de terras, a tensão gerada por uma descarga atmosférica pode atingir valores muito elevados, por vezes muito superiores à tensão da rede eléctrica. Deste modo, para garantir a protecção das instalações é necessário utilizar descarregadores de sobretensões e uma estrutura de ligação à terra.

Outro dos factores que pode afectar os sistemas de telecomunicações é a tensão de referência dos respectivos equipamentos. Para que um equipamento, interligado com outros, possa funcionar correctamente, a tensão de referência deve ser estável para todos os equipamentos.

Para se obter uma tensão de referência estável, é necessário garantir que a impedância do circuito de terras seja muito reduzida. Deste modo, procura-se que a totalidade do sistema de terras, representado pelo condutor de terra, seja basicamente uma superfície equipotencial. Na prática é extremamente difícil obter uma diferença de potencial entre todos os pontos de terra igual a zero. Contudo, essa diferença deve ser suficientemente baixa para não causar mau funcionamento ao equipamento.

A interferência electromagnética é outro dos fenómenos que pode afectar os sistemas de telecomunicações. Normalmente, os equipamentos eléctricos e electrónicos produzem alguma radiação electromagnética. Contudo, muitos destes equipamentos também são sensíveis a esses mesmos efeitos.

Um dos factores que permite atenuar esse fenómeno é o sistema de terras utilizado. No sentido de reduzir este tipo de interferência sobre os equipamentos é necessário reduzir as malhas de terra.

É de salientar que os cabos ligados às estruturas metálicas permitem que essas estruturas se comportem como condutores de terra paralelos. Assim, através desta ligação é possível reduzir a impedância da malha formada pelo cabo e pela rede de terras.

No passado foram utilizados sistemas de terra separados, tais como, terra para a rede eléctrica, terra para as descargas atmosféricas e terra de sinal. No entanto, o sistema de terras separado foi abandonado e as normas internacionais prescrevem agora um sistema de terras único. O capítulo seguinte apresenta algumas das considerações constantes da regulamentação nacional em vigor.

15.5 SISTEMAS DE TERRAS DE PROTECÇÃO

15.5.1 TERRAS DA INSTALAÇÃO ELÉCTRICA

As Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT), aprovadas pela Portaria nº 949-A/2006, estabelecem alguns conceitos e critérios para a definição das redes de terras de protecção e de equipotencialização das instalações eléctricas em edifícios, com vista à protecção das pessoas contra contactos indirectos.

Nessas Regras são estabelecidas condições que conduzem à definição de critérios para ligação à terra de outro tipo de instalações, como é o caso das instalações de equipamentos informáticos. Indirectamente, podem estabelecer-se critérios para a ligação à terra das Instalações de Telecomunicações.

São também objecto de referência, nas RTIEBT, o modo de ligação à terra dos descarregadores de sobretensão das Instalações Telefónicas.

De acordo com a secção 413 das RTIEBT, a protecção de pessoas contra contactos indirectos é assegurada pela **ligação à terra de todas as massas metálicas normalmente sem tensão**, embora associada à utilização de aparelhos de corte automático sensíveis à corrente diferencial - residual, instalados nos quadros.

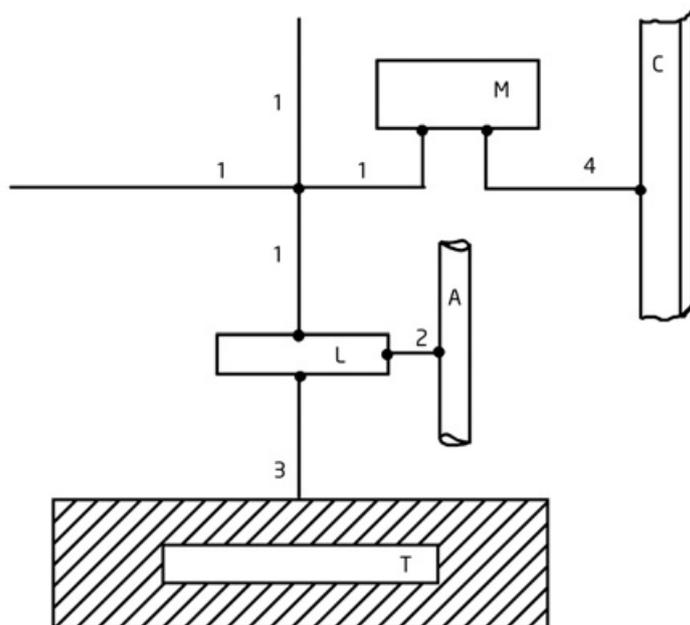
A ligação das massas à terra deve ser efectuada pelo **condutor de protecção** incluído em todas as canalizações e ligado ao **circuito geral de terras** através dos quadros. Os condutores de protecção serão sempre de cor verde/amarelo, do tipo dos condutores activos e de secção igual à dos condutores de neutro.

Outra das acções conducentes à protecção de pessoas consiste em dotar os edifícios de **ligações equipotenciais** com a rede de terras de protecção, através da ligação de condutores entre todas as partes metálicas e o barramento principal de terra, nomeadamente:

- Caminhos de cabos e calhas metálicas;
- Estruturas metálicas de quadros e equipamentos;
- Canalizações metálicas de abastecimento de água e de gás;
- Elementos metálicos acessíveis e estrutura metálica do edifício.

A rede de terras de uma instalação deve apresentar uma estrutura que será tipicamente constituída por anel de terras como eléctrodo, condutores de terra (prumadas) e condutores de protecção.

FIGURA 120: Constituição de um circuito de terra



1. Condutor de protecção 2. Condutor da ligação equipotencial principal 3. Condutor de terra 4. Condutor de equipotencialidade
A. Canalização metálica principal de água C. Elemento condutor L. Terminal principal de terra M. Massa T. Eléctrodo de terra

15.5.2 LIGAÇÃO À TERRA DE EQUIPAMENTOS DE INFORMAÇÃO

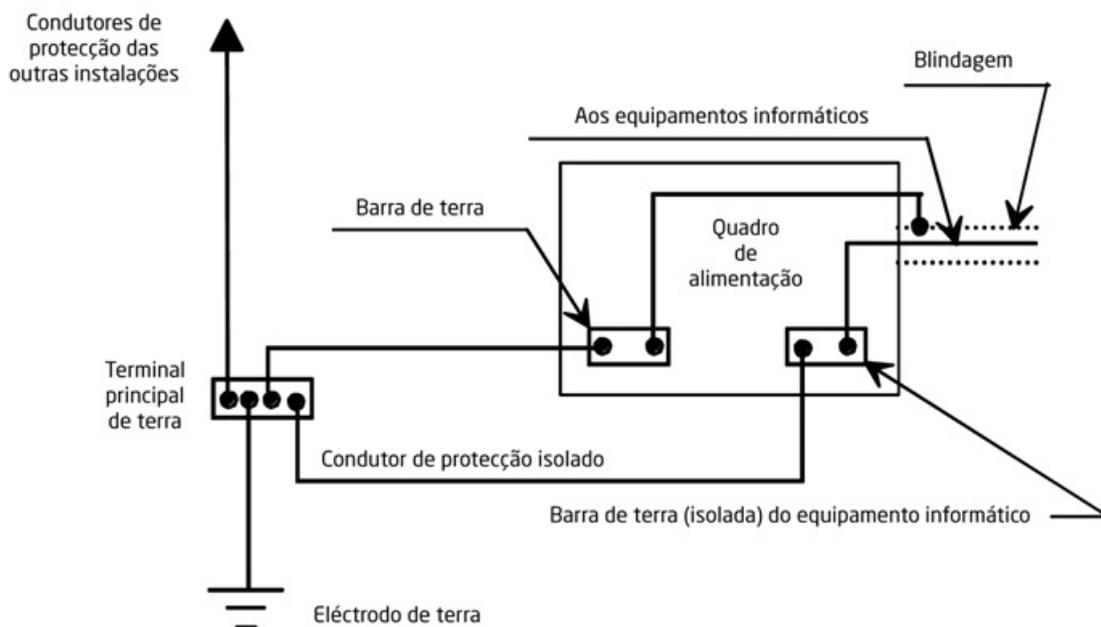
As Regras Técnicas, na secção 707, também apresentam critérios para a ligação à terra dos equipamentos de tratamento da informação com as instalações fixas dos edifícios. De algum modo estes critérios podem ser condicionantes para a ligação à terra dos equipamentos de Telecomunicações.

Estas regras aplicam-se às instalações situadas a jusante do ponto de ligação do equipamento, podendo, também, aplicar-se a instalações que não sejam de tratamento da informação desde que tenham correntes de fuga de valor elevado (estas, ao circularem nos condutores de protecção e nos eléctrodos de terra, podem ocasionar aquecimentos excessivos, degradações locais ou perturbações) em consequência do cumprimento das regras de antiparasitagem (por exemplo, os equipamentos de telecomunicações).

As RT 707.545 apresentam também critérios para terras sem ruído. Consideram nomeadamente que uma **terra sem ruído** é uma ligação à terra na qual o nível das interferências transmitidas a partir de fontes externas não causa defeitos de funcionamento inaceitáveis no equipamento de tratamento da informação ou em equipamento análogo.

Explicitam que os equipamentos para o tratamento da informação devem ser ligados ao terminal principal de terra. Na figura seguinte (extraída da figura 707A das RTIEBT) apresenta-se o exemplo referido nas regras técnicas sobre este assunto.

FIGURA 121: Ligações à terra nas instalações de equipamentos de tratamento de informação



De acordo com o indicado na secção 4.1.3.1, das RT, não é permitida a ligação a eléctrodos de terra diferentes de massas simultaneamente acessíveis. Esta condição implica que, num determinado edifício, todas as instalações devem estar ligadas ao mesmo sistema de terras e equipotencializadas.

15.5.3 LIGAÇÃO À TERRA DOS DESCARREGADORES DE SOBRETENSÃO DAS INSTALAÇÕES TELEFÓNICAS

Nas **Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT) - Anexo V**, apresentam-se os critérios para a ligação entre os descarregadores de sobretensão das instalações telefónicas e as instalações fixas dos edifícios. Desse anexo transcrevemos alguns trechos que nos parecem mais significativos:

“Os descarregadores de sobretensão das instalações telefónicas podem ser ligados aos eléctrodos de terra das massas das instalações eléctricas desde que sejam respeitadas simultaneamente as seguintes condições:

a) *A resistência do eléctrodo seja compatível com as condições exigidas para a ligação à terra dos descarregadores de sobretensão das instalações telefónicas.*

b) *O condutor de ligação à terra dos descarregadores de sobretensão das instalações telefónicas seja ligado directamente ao terminal principal de terra do edifício por meio de um condutor que não seja identificado pela cor verde - amarela.”*

*“Se as características e as disposições do eléctrodo de terras das massas da instalação eléctrica não forem adequadas às correntes resultantes de uma descarga atmosférica, deve ser utilizado um **eléctrodo de terra especial para os descarregadores de sobretensão das instalações telefónicas**, como pode ser o caso dos eléctrodos que não sejam anéis de fundação dos edifícios. **Os dois eléctrodos de terra devem, neste caso, ser interligados por um condutor de equipotencialidade de secção não inferior a 6mm², se de cobre, ou de secção equivalente, se de outro material, identificado como condutor de protecção pela cor verde - amarela.**”*

Em síntese, pode afirmar-se que as implicações das RTIEBT são as seguintes:

1. Todos os sistemas e equipamentos de telecomunicações, desde que com componentes metálicos (normalmente sem tensão), devem estar devidamente ligados ao eléctrodo de terras de fundações do edifício;
2. Cada um dos sistemas, tais como pára-raios, devem estar ligados à terra com eléctrodo dedicado mas equipotencializados com a terra geral do edifício;
3. Toda a estrutura metálica (vigas, perfis, etc.) constitutiva do edifício deve estar equipotencializada com a terra;
4. Os equipamentos de telecomunicações devem ser ligados à terra geral do edifício, independentemente de possuírem também eléctrodos de terra dedicados, que todavia estarão equipotencializadas com a terra.

15.6 SISTEMA DE TERRAS RECOMENDADO

De acordo com os pressupostos anteriormente referidos recomenda-se, para a rede de terras das telecomunicações, associada à rede de terras da instalação eléctrica do edifício, a seguinte estrutura:

- **Anel de terras**, constituído por cabo cobre nu (secção $\geq 25 \text{ mm}^2$) ou fita de aço galvanizado (secção $\geq 100 \text{ mm}^2$), enterrado ao nível das fundações do edifício, e que será ligado a intervalos regulares à estrutura metálica das sapatas de modo a obter um anel com uma impedância de terra não superior a 1Ω . Esta ligação à estrutura metálica das sapatas deve ser efectuada de modo a que a distância máxima entre ligações não exceda os 10m.
- **Vareta, tubo ou chapa**, para interligação com o anel de terras através de soldadura aluminotérmica.

As dimensões mínimas (diâmetro x comprimento) destes eléctrodos devem ser:

- Varetas em cobre ou aço, $\varnothing 15 \text{ mm} \times 2 \text{ m}$.
- Tubos em cobre $\varnothing 20 \text{ mm} \times 2 \text{ m}$.
- Tubos em aço $\varnothing 55 \text{ mm} \times 2 \text{ m}$.

As chapas em aço devem ter dimensões mínimas de espessura de 2mm e superfície de contacto com a terra de 1 m^2 .

Em cada um dos vértices das fundações do edifício poderá ser colocado um eléctrodo deste tipo.

Para além do pressuposto anterior, em edifícios ocupando áreas do solo relativamente elevadas (superiores a 1000 m^2), devem ser colocados eléctrodos ligados nos pontos correspondentes às ligações à estrutura metálica das sapatas das fundações.

- **Condutores de terra**, com origem no eléctrodo, que ligarão ao terminal principal de terra do edifício, através de um ligador amovível, e deste aos barramentos de terra dos armários de telecomunicações. As secções mínimas serão de 25mm^2 se em cobre. Na ligação das prumadas ao anel poderá ser colocado um eléctrodo de terra do tipo vareta, ligado por soldadura aluminotérmica;
- **Condutores de protecção e de equipotencialidade**, a sua secção não será inferior a 6mm^2 , se de cobre, ou de secção equivalente, se de outro material. Destinam-se a efectuar a ligação dos condutores de terra à estrutura do edifício. Esta ligação poderá existir em cada piso do edifício. Efectuam também a ligação entre a rede de terras das telecomunicações com a rede geral de terra do edifício.

15.6.1 PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Esta protecção será efectuada através de sistema de pára-raios do edifício caso exista. No caso de tal não existir, os sistemas de antenas devem estar preparados para este tipo de protecção. Nesta situação, as antenas devem ser ligadas directamente ao anel de terras. Neste ponto de ligação poderá ser colocado um eléctrodo de terra do tipo vareta, ligado por soldadura aluminotérmica.

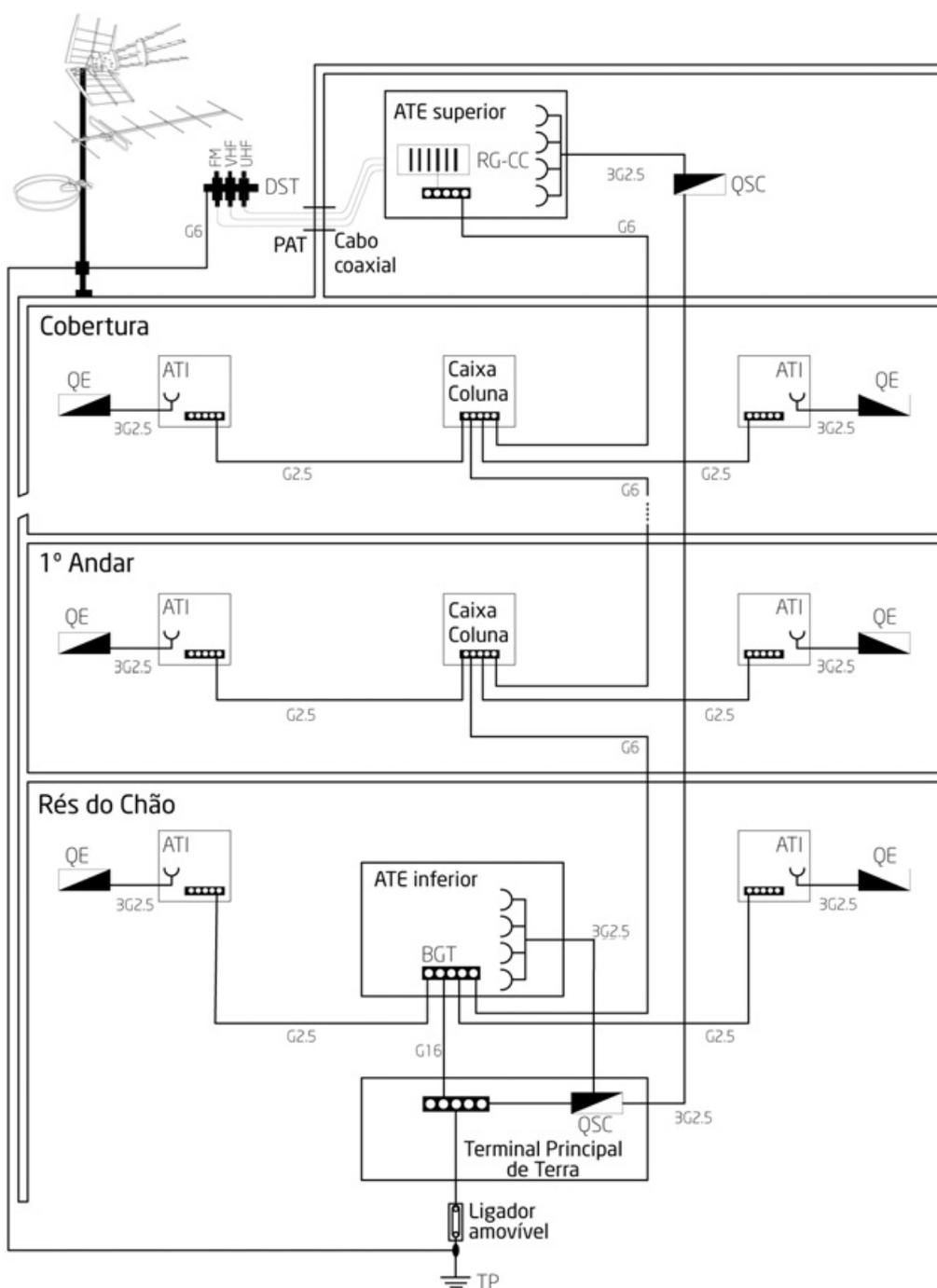
Na figura seguinte é apresentado um esquema geral do sistema de terras para um edifício. Tal como foi referido, no ponto anterior, o regulamento de instalações eléctricas não considera algumas das propostas aqui referidas para o sistema de terras das telecomunicações, nomeadamente:

- Não é obrigatório, em moradias, uma malha de terras;
- Nos edifícios é previsto uma malha de terras. No entanto, não se entra em consideração com a resistividade do terreno, pelo que a ligação à estrutura não é condicionada por este fenómeno. Assim, não é obrigatória a ligação de um eléctrodo de terra em cada um dos vértices das fundações do edifício, também não se considerando obrigatória a ligação a todos os pilares do edifício.

15.7 ESQUEMA ELÉCTRICO E DE TERRAS

A figura seguinte representa um edifício ITED, ao nível do esquema eléctrico e de terras, que deve ser seguido como uma obrigatoriedade mínima.

FIGURA 122: Esquema eléctrico e de terras



LEGENDA DO ESQUEMA ELÉCTRICO E DE TERRAS

Gx - Condutor de protecção com "x" mm² de secção.

3G 2,5 - 3 condutores de cobre, de 2,5mm² de secção cada um, sendo um de protecção.

DST - Descarregador de sobretensão para cabos coaxiais.

BGT - Barramento Geral de Terras das ITED.

QE - Quadro de Entrada de fogo.

 - Terminal de equipotencialidade.

 - Tomada de corrente a 230V/50Hz.

ATE - Armário de Telecomunicações de Edifício.

ATI - Armário de Telecomunicações Individual.

NOTAS

1. A ligação do mastro das antenas à terra é obrigatória, de acordo com o estabelecido no ponto 559.4 das Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT), aprovadas pela Portaria n.º 949-A/2006.
2. O DST garante uma tensão de escorvamento para a terra, inferior à tensão admitida para o equipamento instalado no ATE-superior. A ligação do DST à terra deve ser efectuada directamente ao mastro das antenas.
3. O ligador amovível das ITED (normalmente entre o BGT e o TPT) é facultativo.
4. O circuito eléctrico dos ATE será proveniente dos quadros de serviços comuns, quando existam.
5. O dimensionamento dos condutores de protecção é entendido como mínimo.