Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
SPDA

NBR 5419-4:2026

Sistemas Elétricos e Eletrônicos Internos na Estrutura

Prof. Marcos Fergütz

Novembro/2026

Princípios Gerais

Esta parte da NBR5419 trata das medidas de proteção para reduzir os danos permanentes nos sistemas eletroeletrônicos existentes na estrutura. Os danos podem ser causados pelo impulso eletromagnético da descarga atmosférica (LEMP) por meio de:

- Surtos conduzidos ou induzidos nos cabos de energia e/ou sinal;
- Campos eletromagnéticos radiados diretamente para os equipamentos. Surtos na estrutura podem se originários de fontes externas ou internas à própria estrutura;
- Descargas atmosféricas que atingem linhas elétricas de energia/sinal ou o solo próximos a elas, geram surtos (origem externa) que são conduzidos aos sistemas eletroeletrônicos, por estas linhas que adentram à estrutura;
- Descargas atmosféricas que atingem a própria estrutura ou o solo próximo, geram surtos com origem interna. Chaveamento de cargas indutivas, também podem dar origem a surtos internos.

O acoplamento pode surgir por diferentes formas:

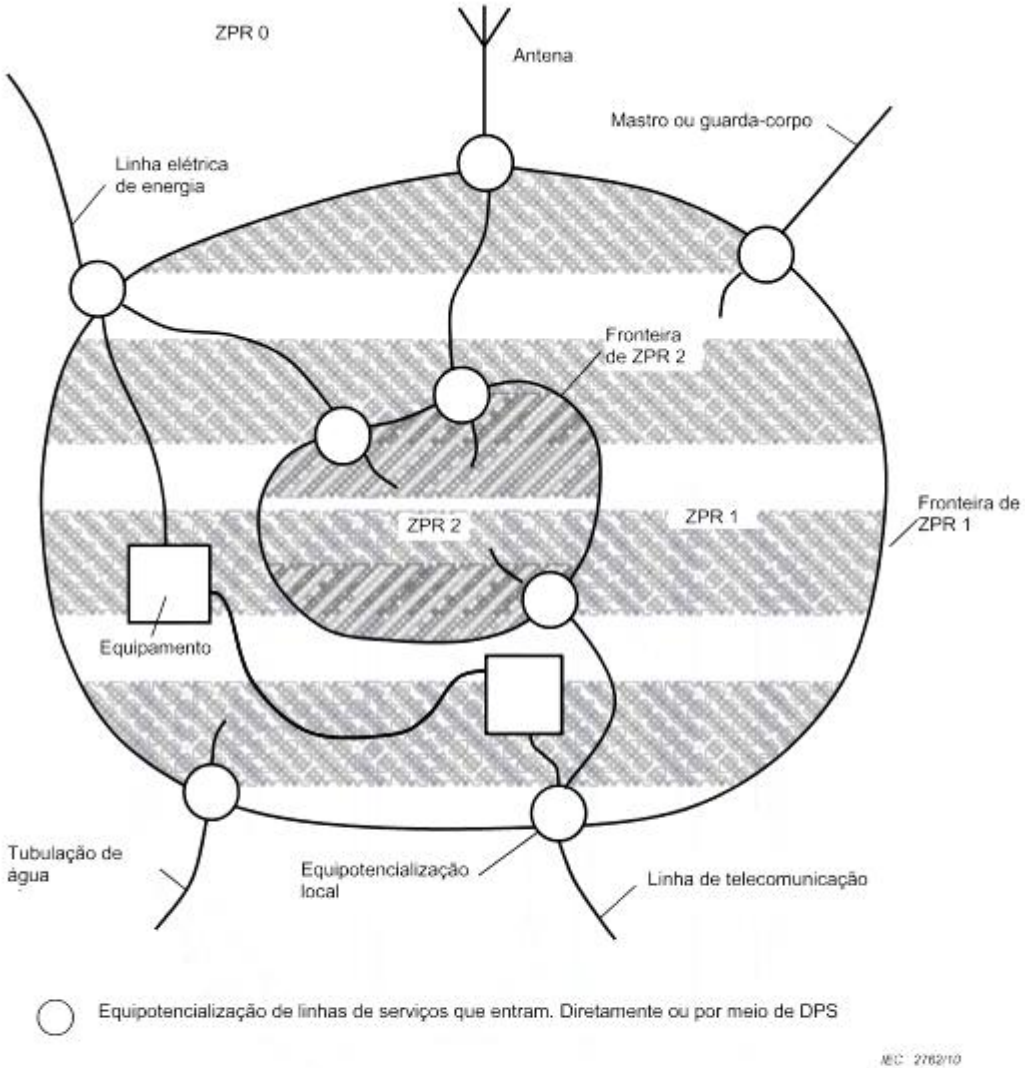
- Acoplamento resistivo (impedância do subsistema de aterramento ou resistência da blindagem dos cabos;
- Acoplamento indutivo (laços formados por cabos de alimentação, indutância dos condutores de equipotencialização etc.);
- Acoplamento pelo campo elétrico (mastros metálicos de antenas de recepção). Em geral são desprezíveis frente ao acoplamento indutivo.

Portanto, para evitar danos são necessárias Medidas de Proteção contra Surtos (MPS).

A proteção contra LEMP está baseada no conceito de Zonas de Proteção contra Raios (ZPR).

O volume contendo os sistemas a serem protegidos deve ser dividido em ZPRs.

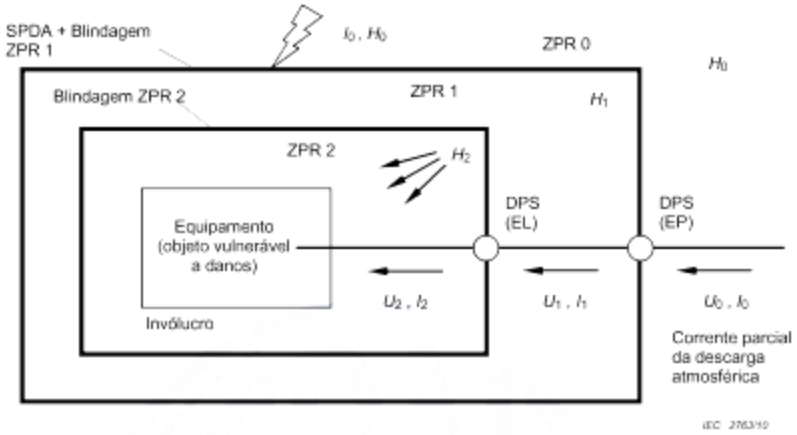
Estas zonas são teoricamente associadas à parte do espaço onde a severidade do LEMP é compatível com a suportabilidade dos sistemas internos existentes. As sucessivas zonas se caracterizam pela mudança significativa na severidade no LEMP. Sendo a fronteira de uma ZPR definida pelas MPS empregadas.



NOTA A Figura 1 mostra um exemplo de divisão de uma estrutura dentro de ZPR internas. Todos os serviços entrando na estrutura são equipotencializados por meio de barras de equipotencialização na fronteira de ZPR 1. Ainda, os serviços por meio de partes condutoras entrando em ZPR 2 (por exemplo, salas de computadores) são equipotencializados por meio de barras de equipotencialização em ZPR 2.

Figura 1 – Princípios gerais para a divisão de diferentes ZPR

Projetos de MPS

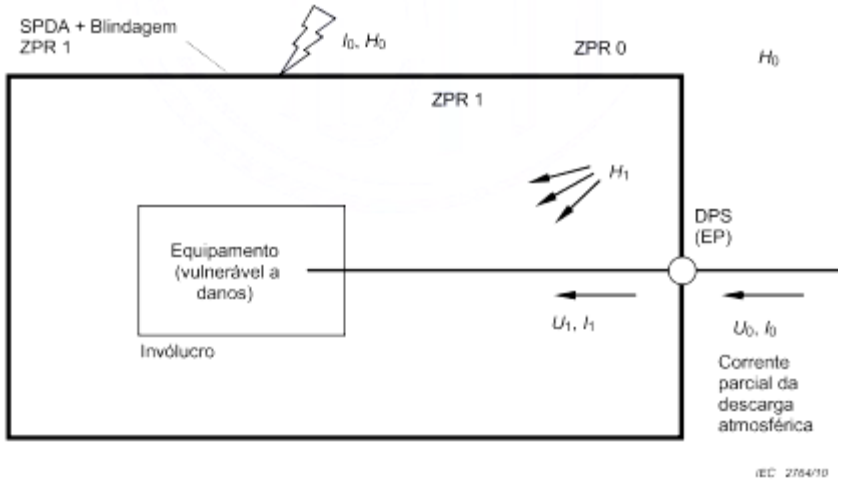


Legenda

EP equipotencialização principal

EL equipotencialização local

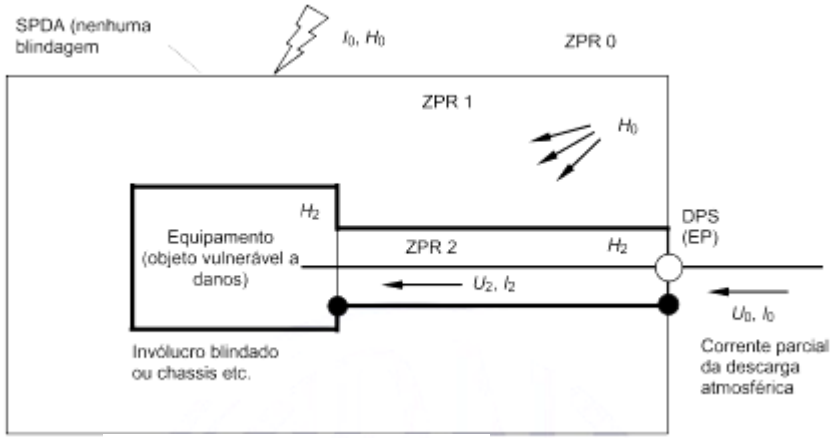
a) MPS usando blindagem espacial e um sistema coordenado de DPS – Equipamentos bem protegidos contra surtos conduzidos (U_2<<U_0 e I_2<<I_0) e contra campos magnéticos irradiados (H_2<<H_0)



Legenda

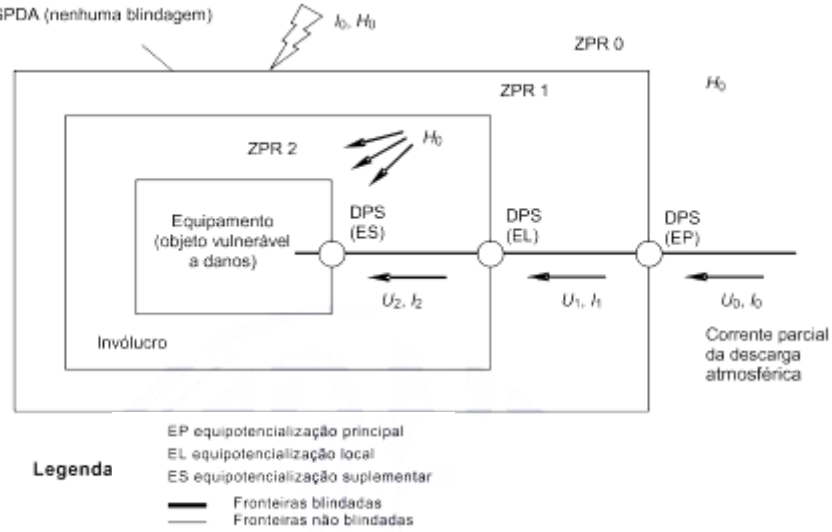
EP equipotencialização principal

b) MPS usando blindagem espacial em ZPR 1 e DPS na entrada – Equipamentos protegidos contra surtos conduzidos (U_1<<U_0 e I_1<<I_0) e contra campos magnéticos irradiados (H_1<<H_0)



Legenda EP equipotencialização principal

c) MPS usando linhas internas blindadas e proteção por meio de DPS na entrada de ZPR 1 – Equipamentos protegidos contra surtos conduzidos (U_2<U_0 e I_2<I_0) e contra campos eletromagnéticos irradiados (H_2<H_0)



Legenda

d) MPS usando apenas um sistema coordenado de DPS – Equipamento protegido contra surtos conduzidos (U_2<<U_0 e I_2<<I_0), mas não contra campos magnéticos irradiados (H_0

NOTA 1 DPS podem ser instalados nos seguintes pontos:

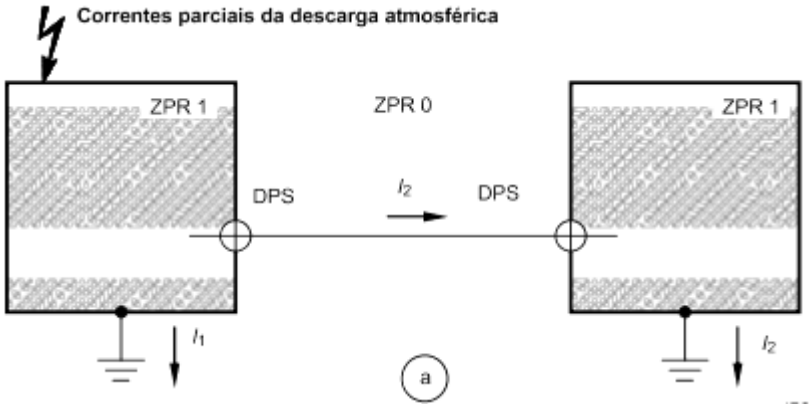
— na fronteira de ZPR 1 (por exemplo, no quadro de distribuição principal – QDP);

— nas fronteiras de ZPR 2 (por exemplo, nos quadros de distribuição secundária – QDS);

— no ou o mais próximo dos equipamentos (por exemplo, nas tomadas).

NOTA 2 Para informações mais detalhadas, ver ABNT NBR 5410.

Interconexão de ZPR de mesma ordem

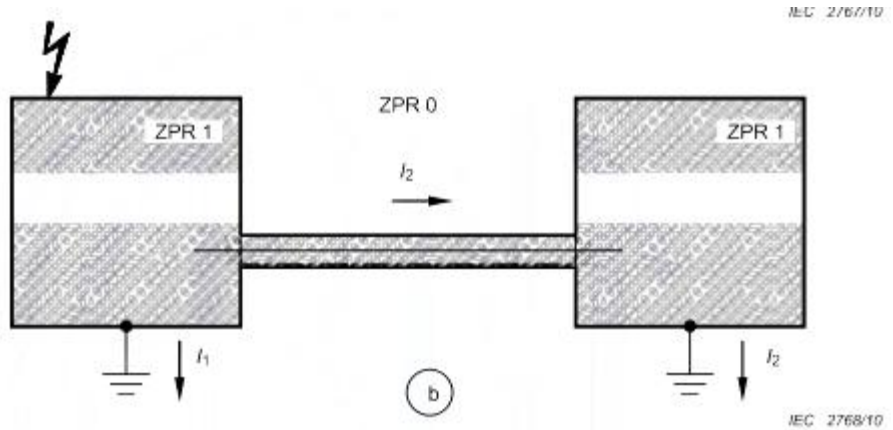


NOTA A Figura 3 a) mostra duas ZPR 1 conectadas por linhas elétricas (de energia ou de sinal). Recomenda-se cuidados adicionais se ambas ZPR 1 representam estruturas separadas com sistemas de aterramento separados, espaçados dezenas ou centenas de metros entre si. Neste caso, uma grande parcela da corrente da descarga atmosférica pode fluir pelas linhas conectadas que não estiverem protegidas.

onde

I_1, I_2 Correntes parciais da descarga atmosférica.

a) Interligando duas ZPR 1 usando DPS



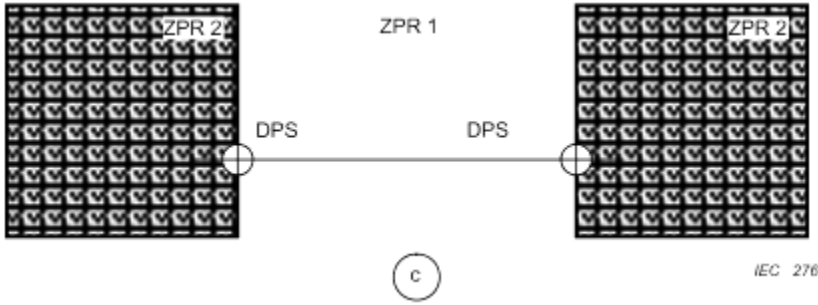
NOTA A Figura 3 b) mostra que este problema pode ser resolvido usando cabos blindados ou dutos blindados interconectando ambas ZPR 1, providenciando que as blindagens sejam capazes de conduzir uma parcela da corrente da descarga atmosférica. O DPS pode ser eliminado se a queda de tensão ao longo das blindagens não for muito alta.

onde

I_1, I_2 Correntes parciais da descarga atmosférica.

b) Interligando duas ZPR 1 usando cabos blindados ou dutos blindados

Figura 3 – Exemplos para interligação de ZPR



NOTA A Figura 3 c) mostra duas ZPR 2 conectadas por linhas elétricas (de energia ou de sinal). Devido às linhas estarem expostas no nível de ameaça da ZPR 1, DPS na entrada de cada ZPR 2 são necessários.

c) Interligando-se duas ZPR usando DPS

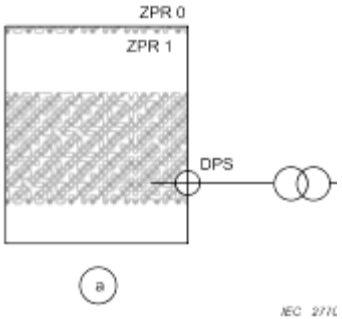


NOTA A Figura 3 d) mostra que tais interferências podem ser evitadas e os DPS podem ser omitidos, se cabos ou dutos blindados forem utilizados para interligar ambas ZPR 2.

d) Interligando-se duas ZPR 2 usando cabos blindados ou dutos blindados

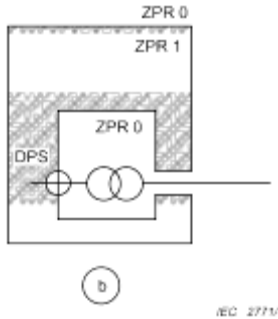
Figura 3 – Exemplos para interligação de ZPR

ZPRs Estendidas



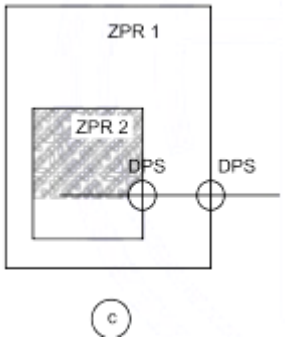
NOTA Figura 4 a) mostra uma estrutura alimentada por um transformador. Se o transformador é localizado fora da estrutura, somente a linha de baixa tensão entrando na estrutura requer proteção por meio de um DPS.

a) Transformador fora da estrutura (dentro de ZPR 0)



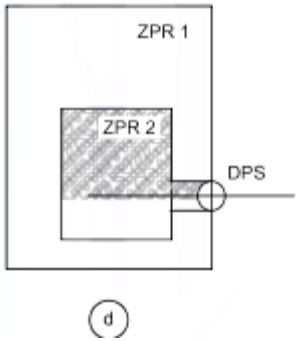
NOTA Se o transformador é localizado dentro da estrutura e não tem um DPS instalado no lado MT (uma vez que ao proprietário da edificação frequentemente não é permitido adotar medidas no lado da média tensão), então a Figura 4 b) se aplica.
A Figura 4 b) mostra que o problema pode ser resolvido por se estender a ZPR 0 dentro da ZPR 1, o que novamente requer que DPS sejam instalados apenas no lado de baixa tensão.

b) Transformador dentro da estrutura (ZPR 0 estendido dentro de ZPR 1)



NOTA Figura 4 c) mostra uma ZPR 2 alimentada por uma linha elétrica de energia ou sinal. Esta linha necessita 2 DPS coordenados: um na fronteira das ZPR 0/1, o outro na fronteira das ZPR 1/2.

c) São necessários 2DPSs coordenados – DPS (entre as zonas 0/1) e DPS (entre zonas 1/2)



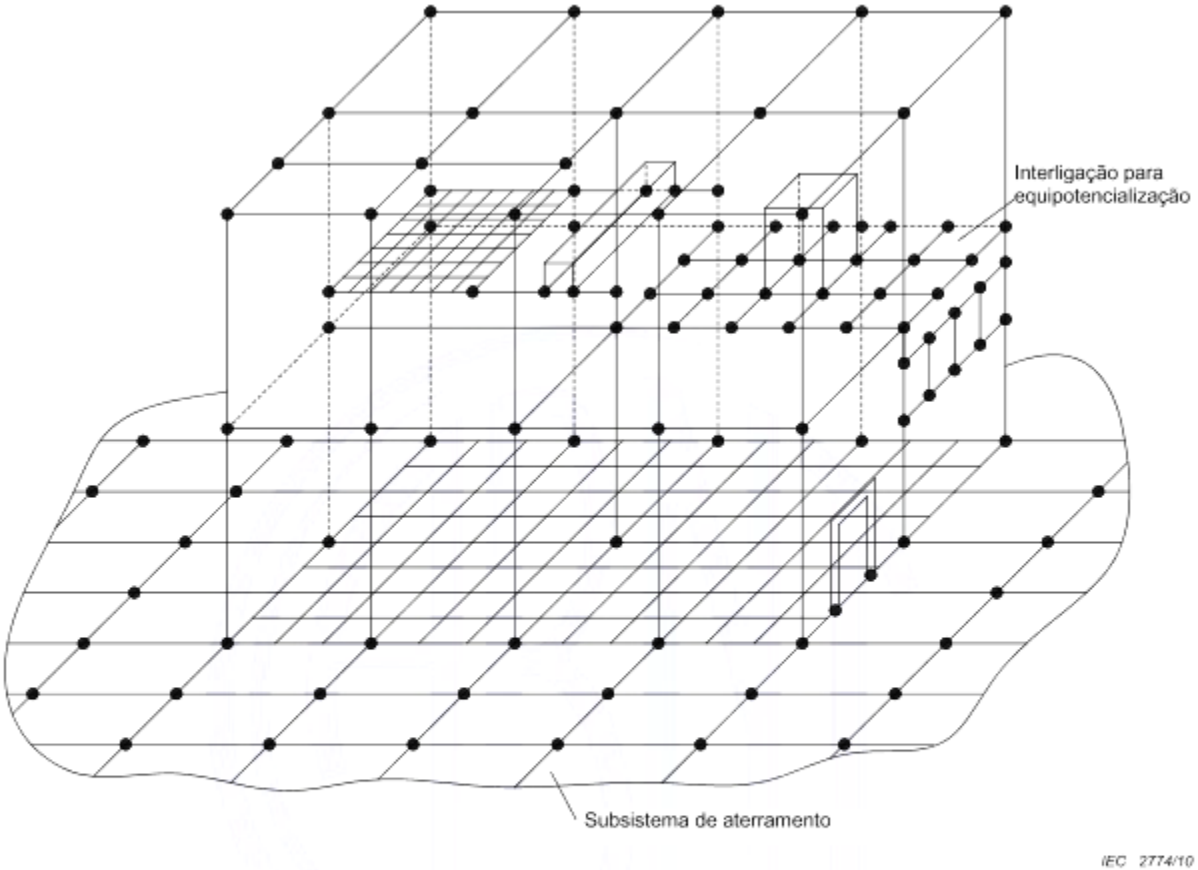
NOTA Figura 4 d) mostra que uma linha pode entrar imediatamente na ZPR 2 e, nessa condição, (se a ZPR 2 é estendida para a ZPR 1 usando cabos blindados ou dutos blindados para cabos) somente um DPS é necessário. Entretanto, este DPS precisa ser compatível para reduzir a ameaça imediatamente ao nivel da ZPR 2.

d)Somente um DPS é necessário – DPS (entre as zonas ZPR 0/2) (ZPR 2 estendido dentro de ZPR 1)

Figura 4 – Exemplos para ZPR estendidas

MPS Básicas

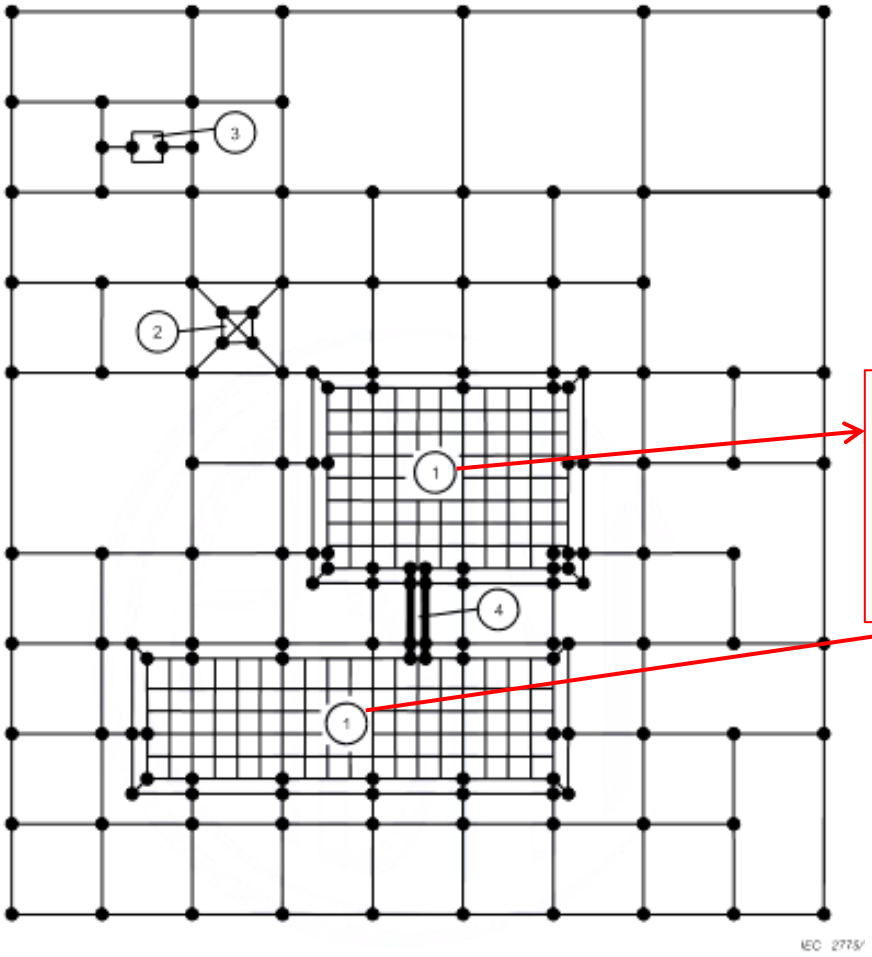
- ✓ Aterramento e Equipotencialização



NOTA Todos os condutores desenhados são elementos metálicos estruturais equipotencializados ou condutores de equipotencialização. Alguns deles podem servir para interceptar, conduzir e dispersar a corrente da descarga atmosférica para a terra.

Figura 5 – Exemplo de um sistema de aterramento tridimensional consistindo em uma rede de equipotencialização, interligada com o subsistema de aterramento

- Subsistema de Aterramento



Diminuição da dimensão da malha para reduzir tensões de passo.

Legenda

1 edificação com uma rede reforçada em forma de malha

2 torre no interior da planta

3 equipamento autônomo

4 bandeja de cabos

Figura 6 – Subsistema de aterramento em forma de malha de uma planta

- Ligação Equipotencial

Configuração S:

- Componentes metálicos (gabinetes, caixas e armários) devem estar isolados do aterramento;
- Linhas entre os equipamentos devem correr paralelas entre si e próximos aos condutores de equipotencialização para evitar laços de indução;
- Deve ser utilizada onde sistemas internos estão em zonas pequenas e todas as linhas entram na zona no mesmo ponto

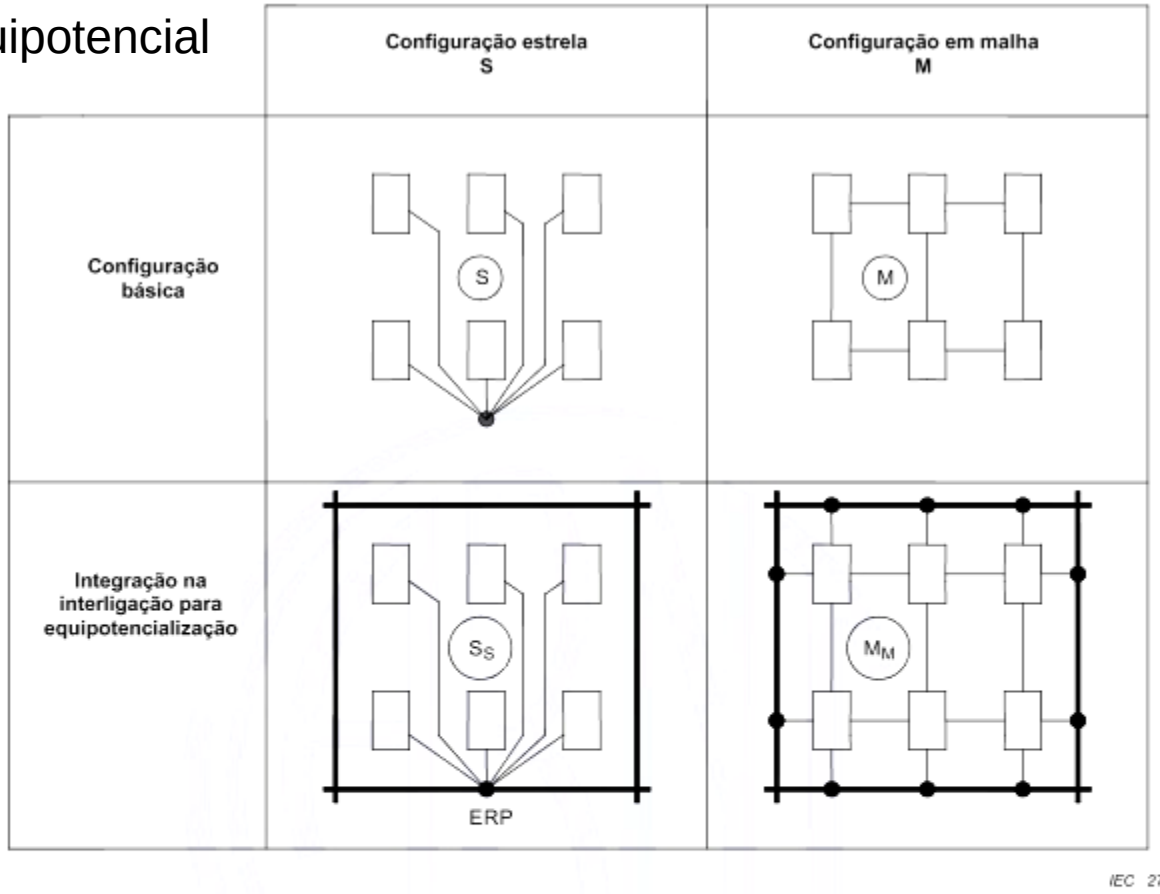
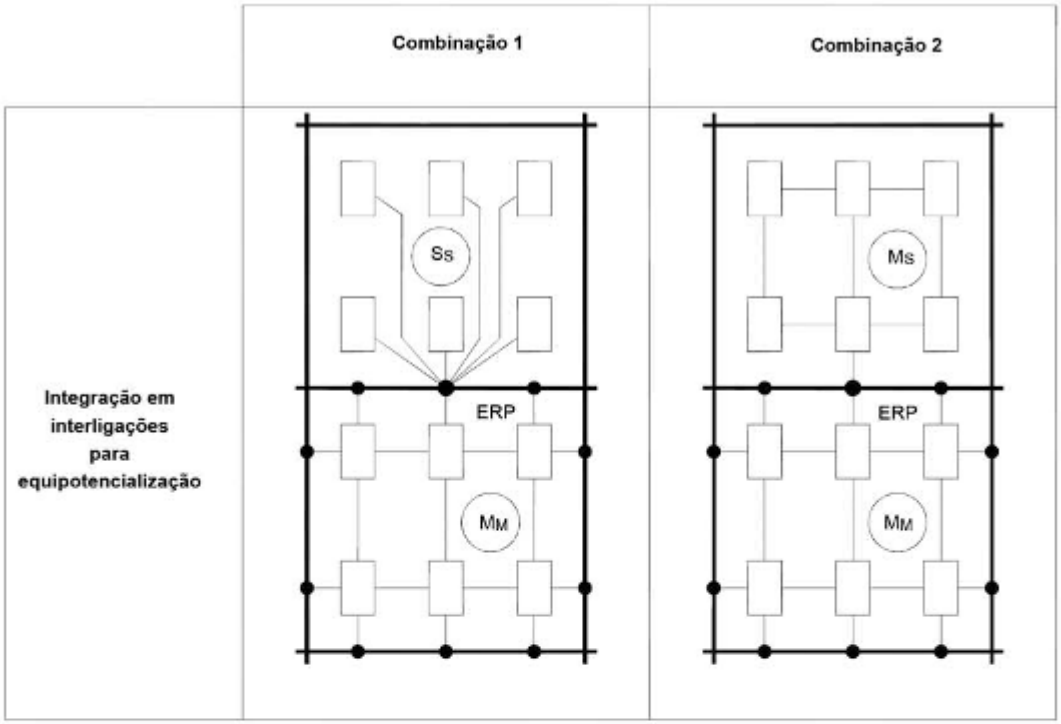


Figura 7 – Integração de partes condutoras de sistemas internos em uma interligação para equipotencialização

Configuração M:

- Componentes metálicos (gabinetes, caixas e armários) devem estar equipoten-cializados em múltiplos pontos;
- Deve ser utilizada onde sistemas internos estão em zonas amplas ou sobre uma estrutura inteira e onde as linhas entram na zona em pontos distintos.

- Equipotencialização combinada M e S



Legenda

▬▬	interligação para equipotencialização
───	condutor para equipotencialização
▭	equipamento
●	ponto de conexão para interligação para equipotencialização
ERP	ponto de referência para o sistema de aterramento
S_S	configuração em estrela, integrada em um ponto "estrela"
M_M	configuração em malha integrada em uma malha
M_S	configuração em malha integrada em um ponto "estrela"

Figura 8 – Combinação de métodos de integração de partes condutivas de sistemas internos na interligação para equipotencialização

- Equipotencialização em uma ZPR (item 5.4 e 5.5)

- Barra de equipotencialização deve estar instalada no ponto de entrada da zona;
- Preferencialmente, todas as linhas de utilidades devem adentrar no ponto de entrada para serem equipotencializadas;
- Caso haja entradas de linhas de utilidades em outros pontos da zona, ai, então, deve ser instalada uma barra de equipotencialização;
- As barras de equipotencialização devem estar interligadas entre elas. Para facilitar, pode-se lançar mão de uma barra em forma de anel (anel condutor) circundado a zona;
- DPS são necessários na entrada de uma ZPR e devem estar ligados à barra de equipotencialização, de modo a utilizar a conexão mais curta possível;
- A barra de equipotencialização deve ser conectado ao subsistema de aterramento por rota mais curta e retilínea possível;
- DPS devem ter conexões as mais curtas possíveis (vide NBR5410);
- Os materiais e dimensões das barras e condutores devem seguir o especificado na Tabela 1 (item 5.6);
- Do lado protegido da zona (interno), os efeitos de indução mútua devem ser minimizados pela diminuição da área do laço ou pela utilização de cabeamento ou duto blindado.

Tabela 1 – Seção transversal mínima para componentes de equipotencialização

Valores mínimos para os componentes de equipotencialização		Material [a]	Seção mm^2
Barras de equipotencialização		Cobre Aço[d]	50 50
Condutores para conexão de barras de equipotencialização para o subsistema de aterramento		Cobre Aço[d]	50 70
Condutores para conexão entre barras de equipotencialização (conduzindo o total ou parte significativa da corrente da descarga atmosférica)		Cobre Alumínio Aço[d]	16 25 50
Condutores para conexão de partes metálicas internas da instalação para as barras de equipotencialização (conduzindo uma parcela da corrente da descarga atmosférica)		Cobre Alumínio Aço[d]	6 10 16
Condutores para interligação dos *DPS*[b, e]	Classe I Classe II Classe III	Cobre	16 6 2,5[c]

[a] Outros materiais utilizados devem ter seção transversal assegurando resistência mecânica e condutância equivalentes.

[b] Para a determinação da conexão do *DPS* de sinal à equipotencialização, observar as características construtivas do *DPS*

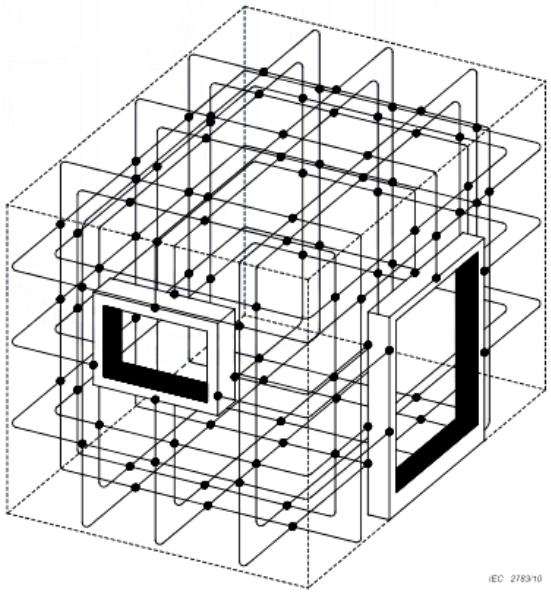
[c] Admite-se a utilização dos condutores incorporados ao *DPS*, desde que sua seção nominal não seja inferior a 1 mm^2.

[d] Aço revestido com tratamento anticorrosivo, por exemplo, cobre, zinco, estanho, níquel etc.

[e] Para *DPS* utilizados em linhas elétricas de energia, os condutores que os conectam aos dispositivos de proteção contra curto-circuito também devem ser dimensionados de acordo com a ABNT NBR 5410.

✓ Blindagem Espacial

- Pode cobrir toda a estrutura, uma parte dela, um cômodo ou gabinete de equipamento;
- Pode ser em forma de grade, blindagem metálica contínua ou utilizar “componentes naturais” da própria estrutura;
- Para grandes volumes, os componentes naturais como como armações metálicas nos tetos, paredes, pisos, os telhados e as fachadas metálicas, que juntos, criam uma blindagem em forma de grade;
- Para uma blindagem eficaz, é necessário que a largura típica seja menor que 5m.



Legenda

- solda ou conexão mecânica em todas as junções de barras ou cruzamentos

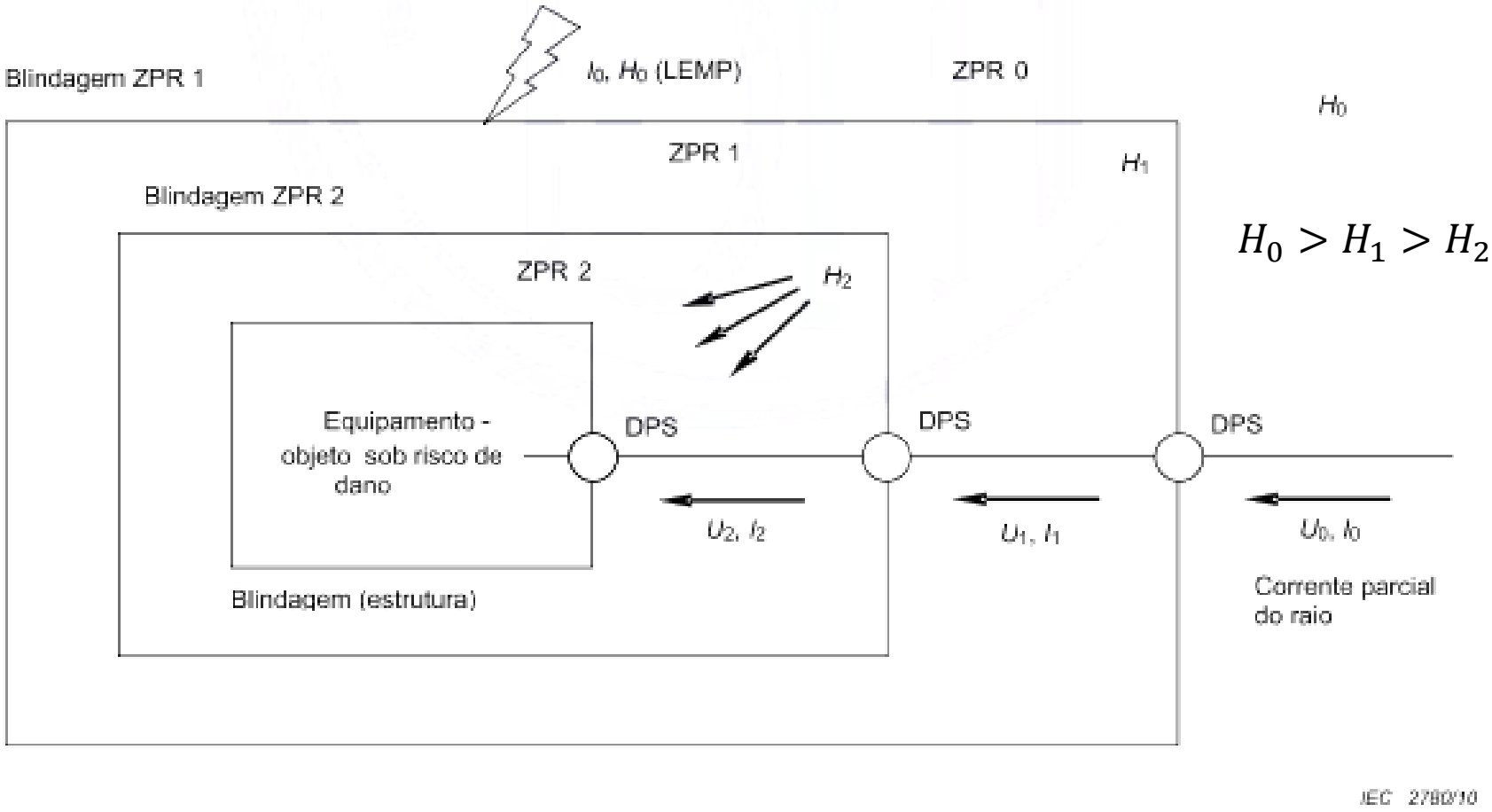
NOTA Na prática, não é possível soldar ou conectar mecanicamente todos os pontos nas grandes estruturas. Entretanto, a maioria dos pontos naturalmente está conectada por contato direto ou por amarração de arames.

Figura A.3 – Blindagem para grandes volumes construída por armações ou estruturas metálicas

Se o SPDA externo for constituído por uma malha com largura superior a 5m, o efeito da blindagem deve ser desconsiderado.

Para edificações de grande porte com estruturas de aço ou concreto armado, com muitos pilares estruturais, proporciona um efeito de blindagem significativo.

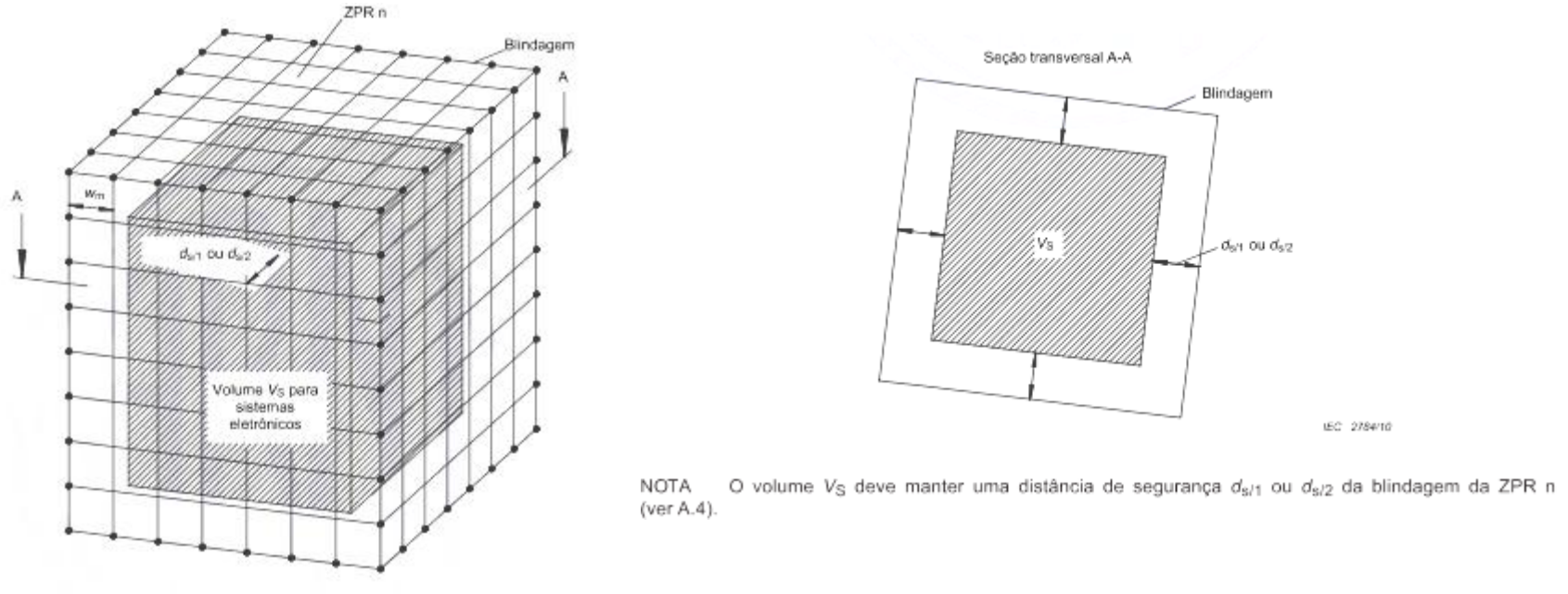
Um dos objetivos da blindagem é a redução dos campos magnéticos irradiados dentro das ZPRs.



$$H_0 > H_1 > H_2$$

Figura A.1 – LEMP devido à descarga atmosférica

Os sistemas internos devem ficar dentro de um volume seguro, respeitando a distância de segurança da blindagem ZPR, pois, o campo magnético é mais alto próximo da blindagem.



NOTA O volume V_S deve manter uma distância de segurança $d_{s/1}$ ou $d_{s/2}$ da blindagem da ZPR n (ver A.4).

Figura A.4 – Volume para sistemas elétricos e eletrônicos dentro de uma ZPR n interna

- Coordenação entre DPS (Item 7)

- Os requisitos para seleção e a instalação de DPS coordenados estão no Anexo C;
- Sistemas de MPS em que haja uma ou mais de uma ZPR, os DPS devem estra localizados no ponto em que a linha entra em cada ZPR;
- DPS adicionais podem ser necessários se a distância entre a localização do DPS e o equipamento a ser protegido é considerada longa (vide Anexo C, C.2.1.9);
- Os requisitos de ensaios do DPS devem atender a NBR IEC 61643, sendo:
  - Parte 12 para Energia; Parte 22 para Sinal; e, Parte 32 para Sistemas Fotovoltaicos.

✓ Roteamento das linhas

Os surtos induzidos dentro do sistema interno podem ser reduzidos através de um roteamento adequado das linhas, o que minimiza a área do" laço de indução". A utilização de cabos ou condutos metálicos equipotencializados também contribuem para atenuar os efeitos dos surtos.

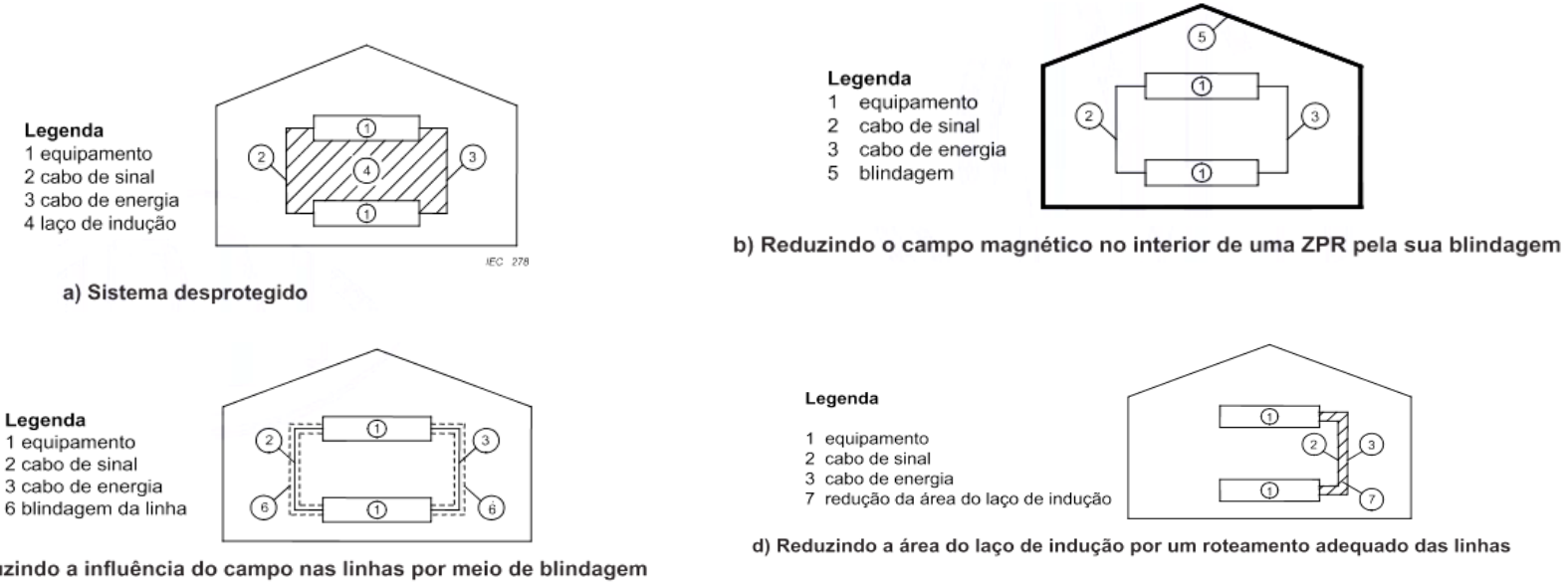
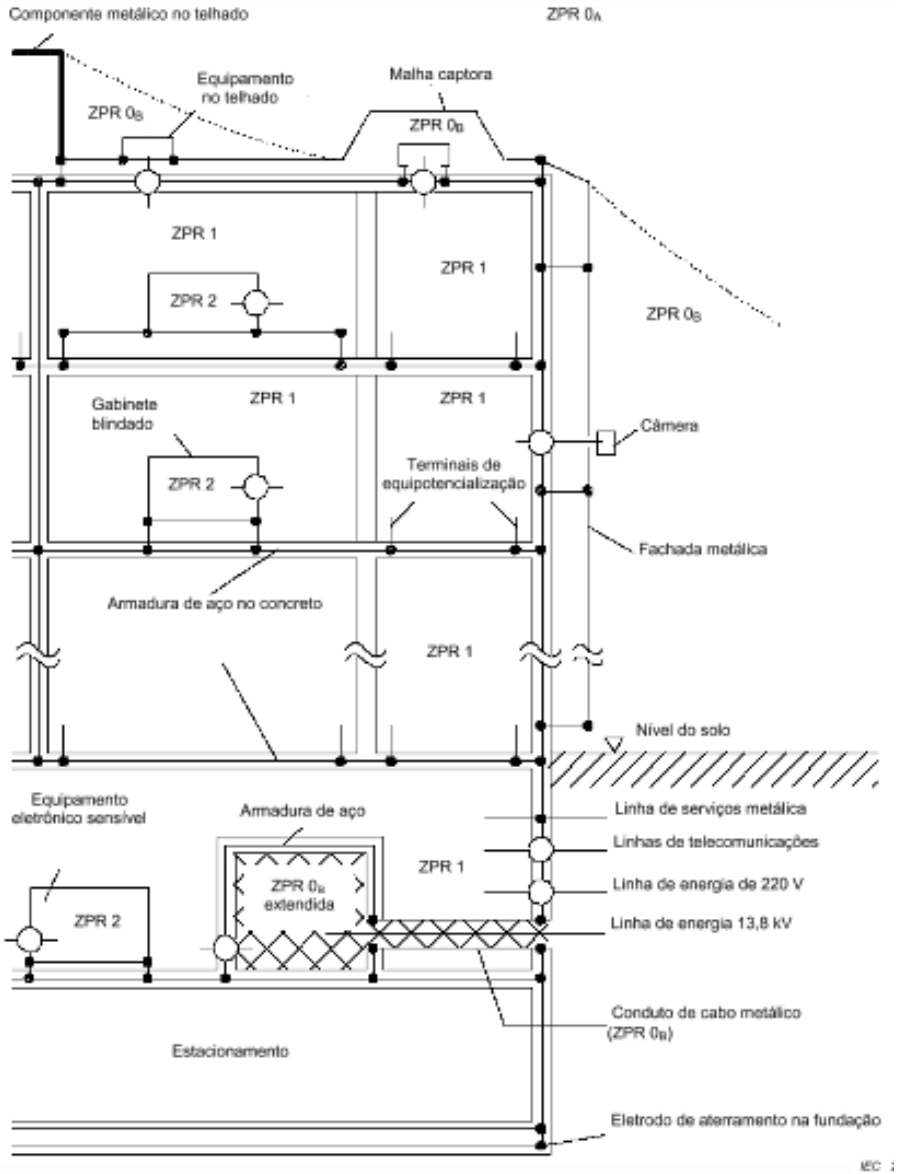


Figura A.5 – Redução dos efeitos da indução pelas medidas de roteamento e blindagem

- O roteamento dos condutores deve ser o mais próximo possível dos componentes metálicos da interligação para equipotencialização;
- Cabos que interligam estruturas separadas devem estar em condutos metálicos e equipotencializados nas duas extremidades;
- Cabos com blindagem, se a mesma tiver capacidade para conduzir parcela da corrente de descarga prevista não necessitam de condutos metálicos



Legenda

- Interligação para equipotencialização
- dispositivo de proteção contra surtos (DPS)

Figura A.6 – Exemplo de MPS para um prédio de escritórios

Inspeção das MPS (Item 9.2)

O objetivo é verificar se:

- MPS constantes do projeto estão de acordo com esta norma;
- MPS são capazes de atender às funções especificadas em projeto;
- Nova medida está adicionada corretamente às MPS

A ordem das inspeções deve ser:

- Durante a implantação das MPS;
- Na elaboração do “As Built” após a execução do projeto;
- Periodicamente, conforme 9.2.3;
- Após qualquer alteração das MPS que modifique a documentação “As Built”;
- Após suspeita de uma descarga atmosférica ter atingido diretamente a estrutura/instalação.

A periodicidade da inspeção deve ser determinada em projeto, considerando:

- O ambiente local, como a presença de atmosfera agressiva, insalubre ou solo corrosivo;
- O tipo de medidas empregadas no projeto;
- O intervalo máximo entre inspeções deve seguir os prazos estabelecidos para SPDA e constates da NBR 5419-3.

O procedimento para as inspeções deve seguir:

- Verificação da documentação técnica, observando que deve refletir o que foi executado;
- As inspeções visuais devem buscar identificar: maus contatos nas conexões; sinas de corrosão, principalmente ao nível do solo; interligação dos condutores de equipotencializações e blindagens dos cabos; avaliar alterações e acréscimos que necessitam medidas adicionais; avaliação do estado dos DPS (vida útil) e dos dispositivos de proteção (disjuntores/fusíveis); roteamento estão mantidos de forma adequada; avaliação das distâncias de segurança $\boldsymbol{s}$ e $\boldsymbol{d_s}$.
- Medições conforme Anexo F da NBR5419-3:2026 devem ser realizados nos condutores de equipotencialização e aterramento, quando a inspeção visual não seja possível de confirmar a continuidade elétrica dos mesmos (vide item 9.2.6.2).

Após a inspeção, as inconsistências que influenciem negativamente a proteção contra choque devem ser corrigidas imediatamente. Demais situações, deve-se definir a prioridade conforme a relevância. Se necessário, a documentação técnica deve ser atualizada (Item 9.3).

A cada inspeção, um relatório técnico deve ser emitido, apresentando as informações suficientes para orientar a execução das intervenções de manutenção, bem como, futuras inspeções. Devem constar do relatório todos os aspectos da instalação, seus componentes, métodos, parâmetros e resultados de ensaios (Item 9.4.1).

O relatório deve conter, no mínimo, as informações sobre (item 9.4.2):

- Situação geral com localização das MPS;
- Divergência encontradas na documentação técnica;
- Resultados dos ensaios e verificações efetuadas;
- Comentários e conclusão;

Esta documentação deve ser anexada àquela gerada quando do atendimento à NBR5419-3:2026, Seção 7 (Inspeção, manutenção e Documentação de um SPDA.