

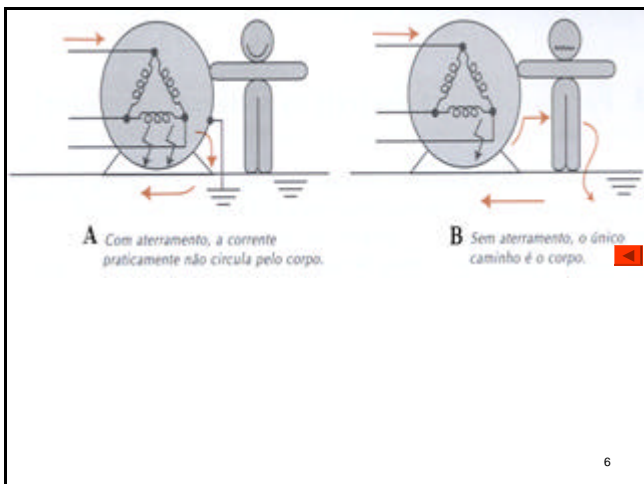
Proteção contra surtos

4

Objetivo

- Segurança do equipamento
- Segurança Pessoal ▶
- Segurança Estrutural
- Segurança da Informação
- Segurança da Instalação
- Legislação – NR10
- Normalização - NBR





6

Funções

- ✳ Aterramentos de estrutura, equipotencialização;
- ✳ Melhoria da operação e temporização dos dispositivos de proteção e releamento;
- ✳ SPDA e ESD;
- ✳ Transporte de altos valores de correntes de faltas;
- ✳ Controle dos potenciais de contacto
- ✳ Proteção Catódica e
- ✳ Referência de nível de sinal

7

Aterramentos

- **Aterramento elétrico fixo em Equipamentos** - Esse sistema de proteção coletiva é obrigatório nos invólucros, carcaças de equipamentos, barreiras e obstáculos aplicados às instalações elétricas, fazendo parte integrante e definitiva delas. Visa assegurar rápida e efetiva proteção elétrica, evitando a passagem da corrente elétrica pelo corpo do trabalhador ou usuário.
- **Aterramento fixo em redes e linhas** - Quando o neutro está disponível estará ligado ao circuito de aterramento. Neste caso o condutor neutro é aterrado em vários pontos, de modo que nenhum ponto da rede ou linha fica a uma determinada distância sem aterramento.

8

Aterramentos

- **Aterramento fixo em estais** - Os estais de âncora e contra poste são sempre aterrados e conectados ao neutro da rede se estiver disponível. O condutor de aterramento é instalado internamente ao poste, sempre que possível.
- **Aterramento de veículos** - Nas atividades com linha viva de distribuição, o veículo sempre deve ser aterrado com grampo de conexão no veículo, grampo no trado e cabo flexível que liga ambos.

9

Aterramentos

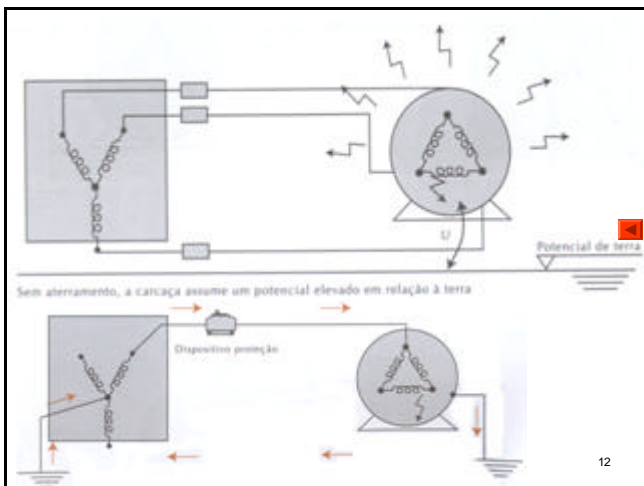
- **ATERRAMENTO TEMPORÁRIO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO** - Toda instalação elétrica somente poderá ser considerada desenergizada após adotado o procedimento de aterramento elétrico. O aterramento elétrico da linha desenergizada tem por função evitar acidentes gerados pela energização acidental da rede, propiciando rápida atuação do sistema de proteção. Também tem o objetivo de promover proteção aos trabalhadores contra descargas atmosféricas que possam interagir ao longo do circuito em intervenção. O aterramento temporário deve ser realizado em todos os circuitos em intervenção através de seu curto-circuitamentos, ou seja, da equipotencialização desses e conexão com o ponto de terra. Esse procedimento deverá ser adotado a montante e a jusante do ponto de intervenção do circuito, salvo quando a intervenção ocorrer no final do trecho. Deve ser retirado ao final dos serviços.
- **Aterramento de transformadores e Geradores**
 - Solidamente aterrado
 - Aterramento por impedância
 - Isolado do sistema de terra.

10

Esquemas de aterramento

- **ATERRAMENTO DE PROTEÇÃO (ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação):**
 - Limitar o potencial entre massas, entre massas e elementos condutores estranhos à instalação (equalização de potencial) ▶
 - Proporcionar às correntes de falta para terra um caminho de retorno de baixa impedância ▶
- **ATERRAMENTO FUNCIONAL (ligação à terra de um dos condutores vivos do sistema):**
 - definição e estabilização da tensão da instalação em relação à terra durante o funcionamento
 - Limitação de sobretensões devidas a manobras e descargas atmosféricas

11



12

LEI Nº 11.337, DE 26 DE JULHO DE 2006.

- Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor-terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica. **O PRESIDENTE DA REPÚBLICA** - Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:
- Art. 1º As edificações cuja construção se inicie a partir da vigência desta Lei deverão obrigatoriamente possuir sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização do condutor-terra de proteção, bem como tomadas com o terceiro contato correspondente.
- Art. 2º Os aparelhos elétricos com carcaça metálica e aqueles sensíveis a variações bruscas de tensão, produzidos ou comercializados no País, deverão, obrigatoriamente, dispor de condutor-terra de proteção e do respectivo adaptador macho tripolar.
- Parágrafo único. O disposto neste artigo entra em vigor quinze meses após a publicação desta Lei.
- Art. 3º Esta Lei entra em vigor noventa dias após sua publicação.
- Brasília, 26 de julho de 2006; 185ª da Independência e 118ª da República.

13

Esquemas de aterramento Baixa tensão

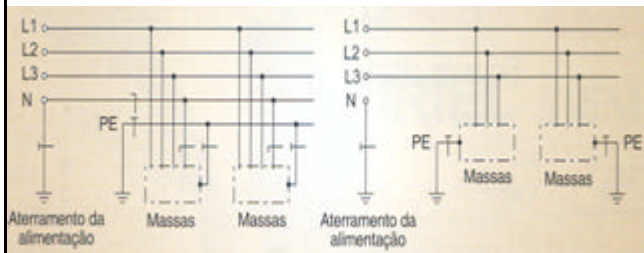
Simbologia:

- **L1 - situação de alimentação em relação à terra**
 - T - um ponto diretamente aterrado
 - I - isolamento de todas as partes vivas ou aterramento através de impedância
- **L2 - situação das massas em relação à terra**
 - T - massas diretamente aterradas
 - N - massas ligadas ao ponto de alimentação aterrado, geralmente, o neutro
- **L3 - condutor neutro/ condutor de proteção**
 - S - condutores diferentes, do contrário, usamos C

14

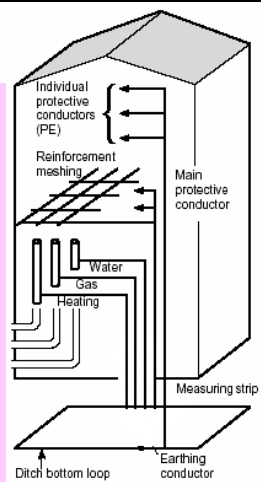
Esquema TT

- Alimentação: diretamente aterrada
- Massas da instalação: diretamente aterradas
- Percurso de corrente: Falta FN inclui a terra e a elevada impedância do caminho serve para limitar a corrente de falta

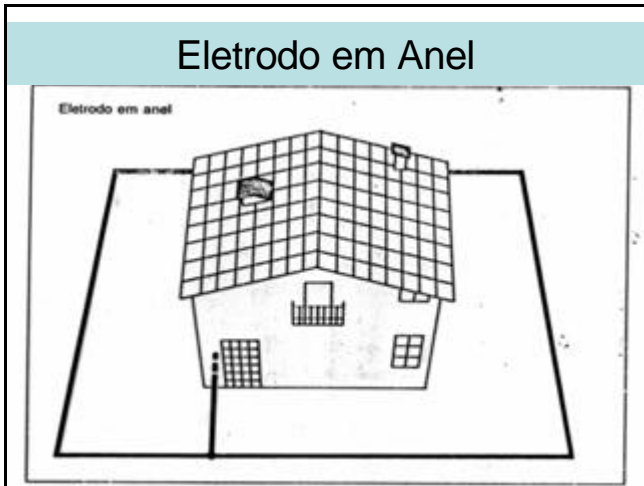


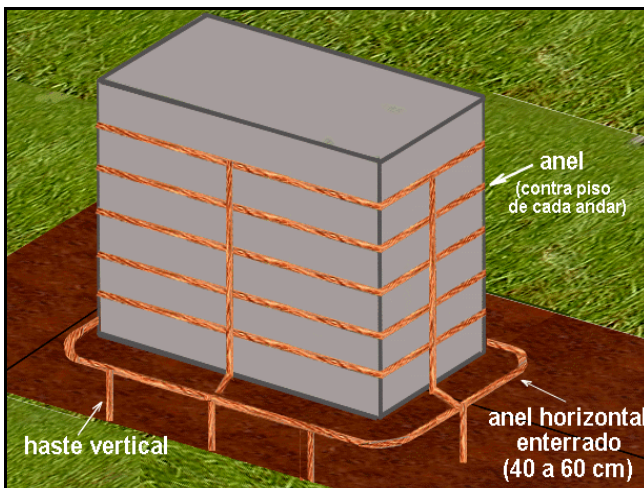
Configuração esquemática do TT com segurança

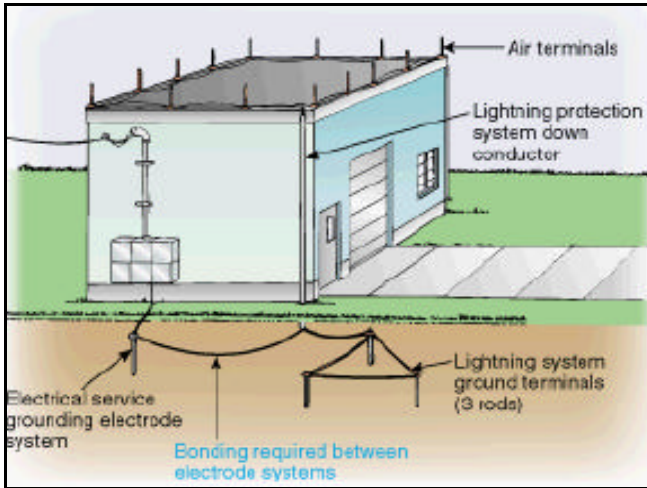
- > Eletrodos de aterramento: (NBR5410 – 6.4.1)
- > Preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações; ou
- > Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto; ou
- > Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e ou cabos dispostos radialmente; ou
- > No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação.



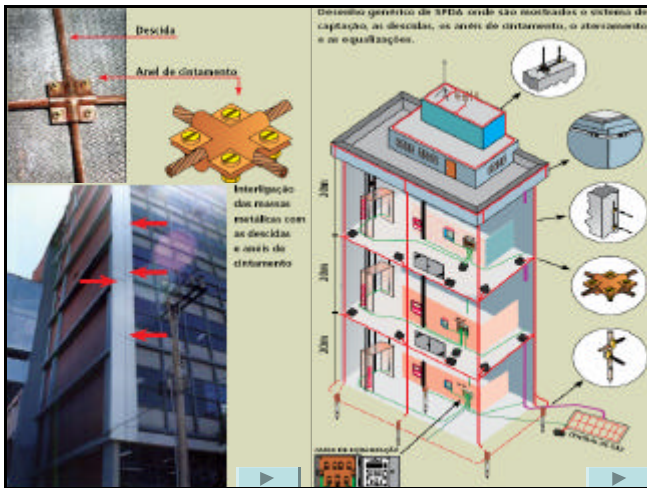
Eletrodo em Anel



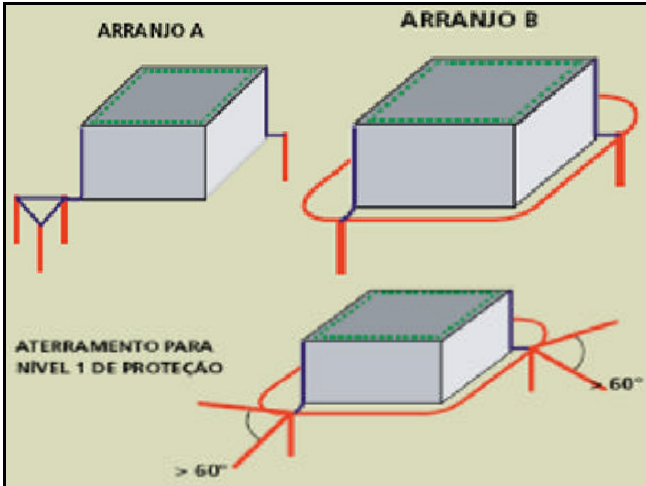












Esquema TN-S

- Alimentação: diretamente aterrada
- Massas: ligadas a um condutor de proteção, que está ligado ao aterramento da alimentação - distinto do neutro
- Percurso de corrente: através do condutor de proteção com baixíssima impedância

L1

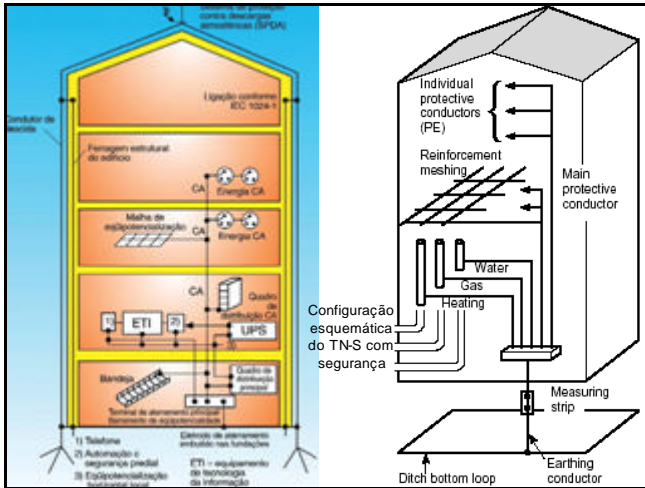
L2

L3

N

PE

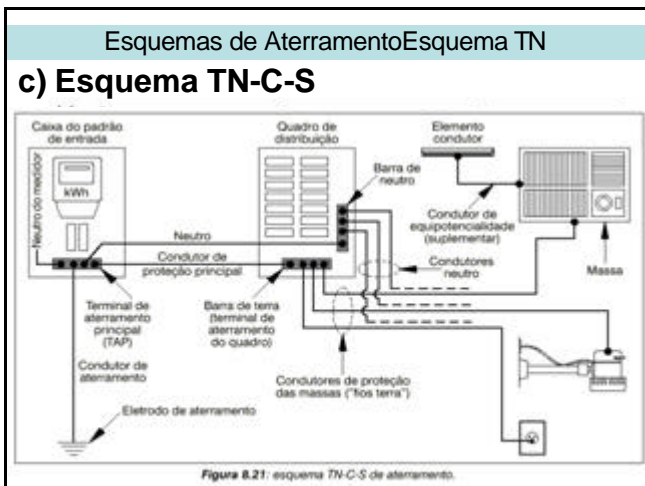
CARGA



Esquema TN-C

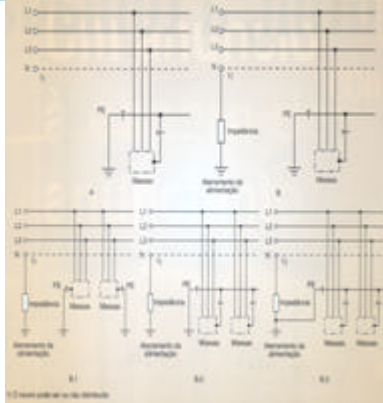
- Difere do anterior no fato de condutores de proteção e neutro serem os mesmos.
- Percurso da corrente: por meio de condutores de proteção
- *Aplicações Principais:*
- *Sistema de distribuição de energia.*
- **Atenção: Falta Fase Massa = Falta Fase Neutro**

29

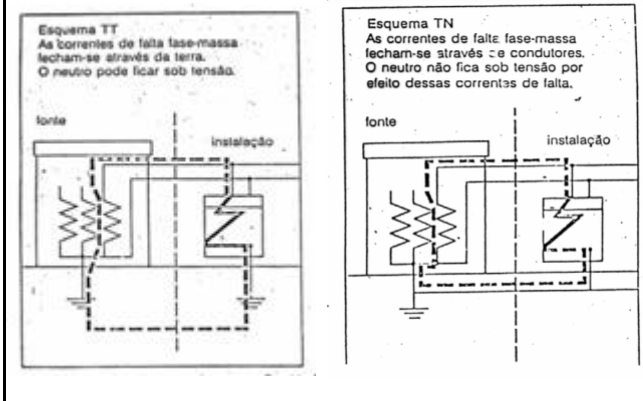


Esquema IT

- Alimentação: não é diretamente aterrada - isolada por uma impedância
- Massa: aterrada por eletrodos de aterramento próprios
- Percurso de corrente: na falta FN não tem intensidade de risco.



Corrente de falta / esquemas



Corrente de Falta



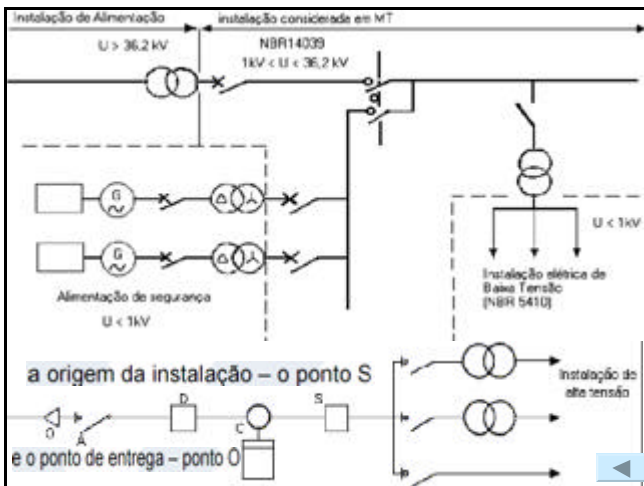
É muito importante se analisar as correntes de falta, no sentido de verificar quando o ser humano pode ser envolvido por elas.

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE ATERRAMENTO.					
SISTEMA	TIPO DE DISTRIBUIÇÃO	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS		VANTAGENS	DESVANTAGENS
		PRINCÍPIO BÁSICO DE PROTEÇÃO DOS RECIPIENTES	EXIGÊNCIAS COMPLEMENTARES		
TT	Seccionamento à 1ª falta	Ligação do neutro ao terra da alimentação e das massas a terra(s) independente(s) em associação com dispositivos automáticos de seccionamento.	- Seletividade após DR's, se necessário.	- Facilidade de projeto. - Exigência de pessoal de manutenção com preparação mínima.	- Custo dos DR's (custo adicional). - Possibilidade de disparos intersetivos - qualidade de serviço afetada.
TN	Seccionamento à 1ª falta	Ligação do neutro e das massas ao terra de alimentação em associação com dispositivos automáticos de seccionamento.	- Definição de comprimentos máximos de circuitos em função das condições de segurança. - Complementação de segurança por ligações equipotenciais ou outras ações.	- Possibilidade de aconchego de materiais (TN-C). - Possibilidade de utilização dos dispositivos de proteção contra as sobre correntes na proteção contra os contatos indiretos.	- Maior dificuldade no projeto - maior investimento a nível de projeto. - Exigência de pessoal especializado de alta tensão. - Menos sujeitos a sobretensões do neutro de alimentação.
IT	Seccionamento à 2ª falta	Neutro isolado ou impedido massas ligadas a terra(s) dependente(s) em associação com dispositivos automáticos de seccionamento e com dispositivos de controle.	- Necessidade de vigilância permanente do isolamento. - Necessidade de limitação de sobretensões. - Necessidade de complementação de segurança (ligações equipotenciais). - Definição de comprimentos máximos de circuitos em função das condições de seccionamento à 2ª falta.	- Possibilidade de utilização dos dispositivos de proteção contra as sobre correntes na proteção contra os contatos indiretos (seccionamento à 2ª falta).	- Maior dificuldade de projeto - maior investimento. - Exigência de pessoal especializado de alta tensão. - Exigência de equipamentos suplementares de segurança e controlo (OP1). - Limitação do comprimento dos circuitos.

Aterramento NBR14039

- 1ª - neutro da instalação em relação à terra;
 - Aterrado o condutor vivo – T, isolado - I
- 2ª - massas da instalação. ▶
- T = massas estão ligadas diretamente à terra,
- N = massas ligadas ao pto de alimentação aterrado, o neutro.
- 3ª - massas da subestação de alimentação
- R = ligadas ao eletrodo de aterramento do neutro e ao das massas da instalação;
- N = ligadas ao eletrodo de aterramento do neutro, mas não ao das massas da instalação;
- S = eletrodo separado do neutro e daquele das massas da instalação

▶ 35



Aterramento NBR14039

Sistema TNR

- O esquema TNR possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas da instalação e da subestação ligadas a esse ponto através de condutores de proteção (PE) ou condutor de proteção com função combinada de neutro (PEN). Nesse esquema, toda corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito

- Nos esquemas TN, o percurso da corrente de falta fase-massa é constituído exclusivamente por elementos condutores, sendo, portanto, um percurso de baixa impedância. Neste caso, todo defeito de isolamento é um curto-circuito, sendo permitido que a detecção dos defeitos seja efetuada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes instalados em todos os condutores de fase. Porém, é obrigatória a verificação das condições de funcionamento destes dispositivos, através da avaliação da corrente de curto-circuito mínima.
- O cálculo da corrente de curto-circuito mínima deve considerar a impedância do percurso da corrente de falta, incluindo a fonte, os condutores de fase em defeito e o condutor de proteção. Para permitir este cálculo, o condutor de proteção deve, em princípio, caminhar ao lado dos condutores de fase sem interposição de elementos ferromagnéticos (armaduras, telas) ou fazer parte do mesmo eletroduto.
- Em uma instalação alimentada em média tensão pela concessionária, no caso de ser adotado o esquema TN, o neutro da rede de distribuição deve ser considerado como condutor PEN.
- É importante ressaltar que, instalações com alimentação aterrada por uma impedância que visa somente limitar a corrente de falta, por exemplo, a 500 A, são instalações TT.
- No esquema TT, o percurso da corrente de falta fase-massa inclui a terra. É, portanto, um percurso de impedância elevada.
- Nos esquemas TT, a corrente de falta é limitada por: resistências dos eletrodos de aterramento; das massas e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação, que pode ser inserida entre o ponto neutro e a terra; resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e do eletrodo de aterramento.
- Devido a esta limitação, a magnitude da corrente de falta será muito menor do que a corrente de curto-circuito fase neutro. A detecção destas baixas correntes de fuga não é possível com dispositivos cujo valor de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal). Por isso, é necessária a utilização de dispositivos sensíveis à corrente diferencial. Neste caso, não é permitido que a detecção da corrente de falta seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, pois o seu funcionamento seria de difícil verificação. A detecção das faltas deve ser efetuada por dispositivos sensíveis à corrente diferencial e provocam a interrupção da alimentação, não necessitando de uma verificação das condições de disparo.
- Os eletrodos de aterramento do ponto de alimentação e o eletrodo de aterramento das massas devem ser distintos, mesmo que haja superposição nas zonas de influência dos eletrodos da alimentação e das massas. O esquema é considerado TT, para efeito de aplicação das medidas de proteção contra contatos indiretos.

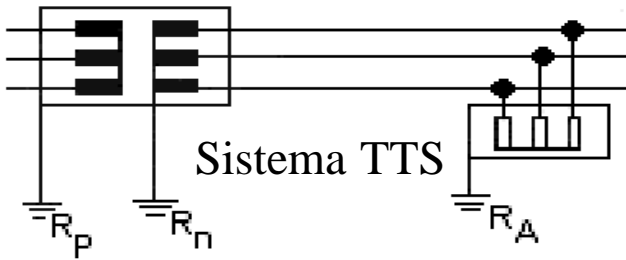
38

Aterramento NBR14039

Sistema TTN

- Os esquemas TTx possuem um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da subestação.
- Nesse esquema, as correntes de falta direta fase-massa devem ser inferiores a uma corrente de curto-circuito, sendo, porém suficientes para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.
- São considerados dois tipos de esquemas, TTN e TTS, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção das massas da subestação, a saber:
- No qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento

Aterramento NBR14039

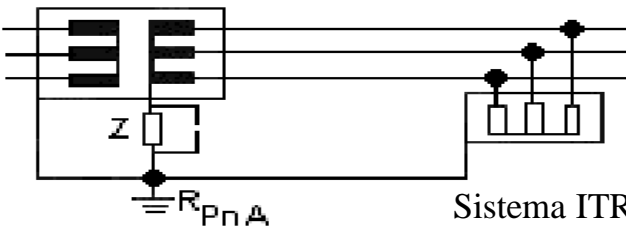


Sistema TTS

- No qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a eletrodos de aterramento distintos

40

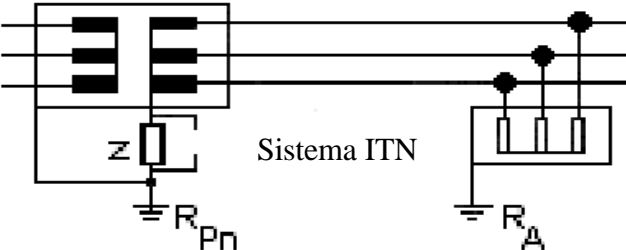
Aterramento NBR14039



Sistema ITR

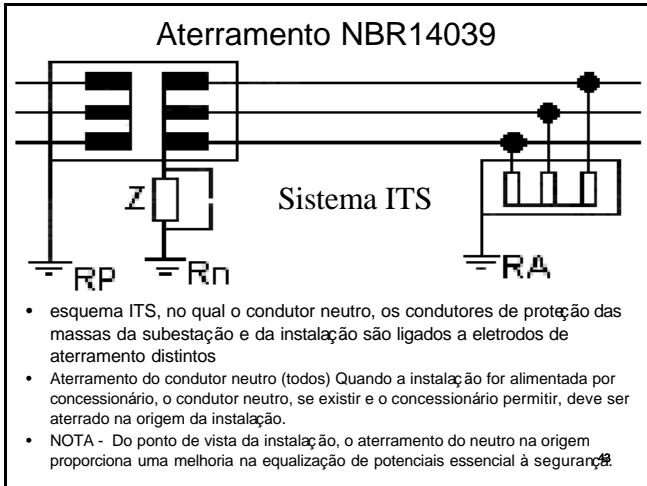
- Os esquemas Itx não possuem qualquer ponto da alimentação diretamente aterrado ou possuem um ponto da alimentação aterrado através de uma impedância, estando as massas da instalação ligadas a seus próprios eletrodos de aterramento.
- Nesse esquema, a corrente resultante de uma única falta fase-massa não deve ter intensidade suficiente para provocar o surgimento de tensões de contato perigosas.
- Esquema ITR, no qual o condutor neutro, os condutores de proteção das massas da subestação e da instalação são ligados a um único eletrodo de aterramento

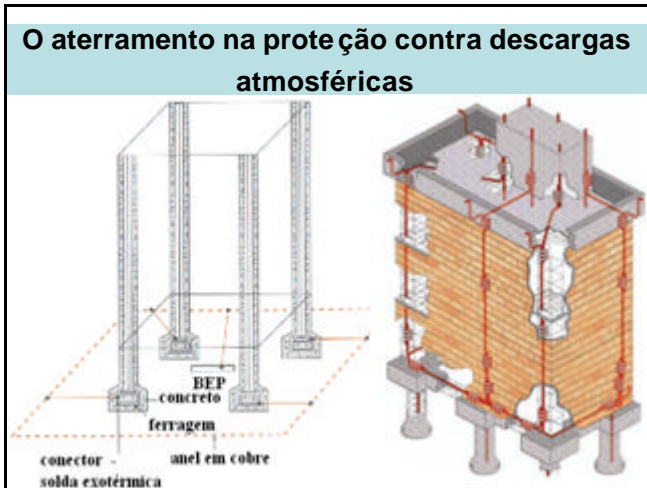
Aterramento NBR14039



Sistema ITN

- esquema ITN, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção das massas da subestação são ligados a um único eletrodo de aterramento e as massas da instalação ligadas a um eletrodo distinto
- Em um esquema IT, a alimentação pode estar isolada da terra ou aterrada através de uma impedância. As massas, por sua vez, individualmente, ou por grupos, ou coletivamente, podem estar aterradas em eletrodo ou eletrodos específicos ou, no caso da alimentação aterrada por impedância, no mesmo eletrodo da alimentação.
- Em qualquer caso, a corrente de uma primeira falta fase-massa apresenta um valor limitado, visto que seu percurso se fecha através da capacitância do circuito em relação à terra ou, eventualmente, através da impedância por meio da qual é aterrada a alimentação.





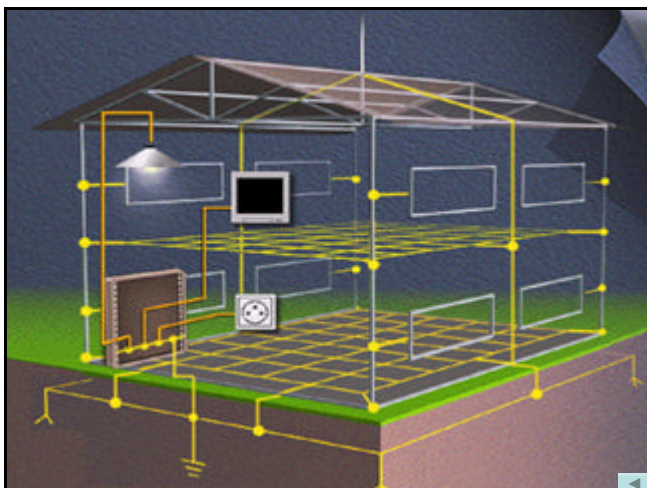
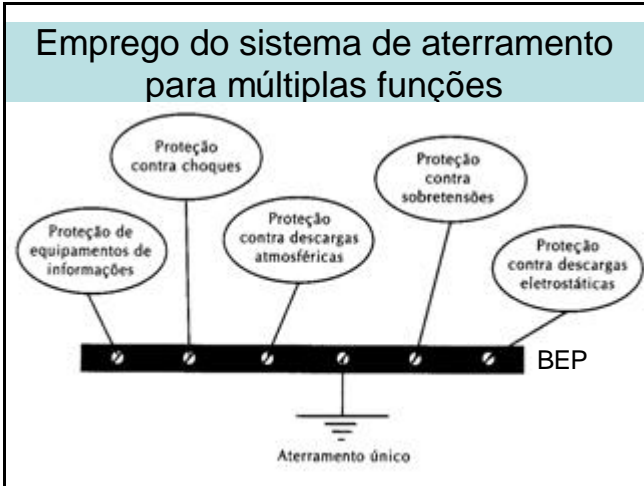




Foto 1 – Descarga lateral em prédio



BEP

- a) condutor de aterramento;
- b) condutores de proteção principais;
- c) condutores de equipotencialidade principais;
- d) condutor neutro, se disponível;
- e) barramento de equipotencialidade funcional (ver 6.4.8.5), se necessário;
- f) condutores de equipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA).

48

Tipos de condutores de proteção

- ! a) veias de cabos multipolares;
- ! b) condutores isolados, cabos unipolares ou condutores nus num conduto comum aos condutores vivos;
- ! c) condutores isolados, cabos unipolares ou condutores nus independentes;
- ! d) proteções metálicas ou blindagens de cabos;
- ! e) eletrodutos metálicos e outros condutos metálicos;
- ! f) certos elementos condutores estranhos à instalação.

49

O Aterramento - Condutor de proteção

- **Atenção!!** Devem ser identificados pela dupla coloração verde-amarela ou pela cor verde em todos os pontos visíveis e acessíveis
 - No esquema TN-C = Condutor PEN deve ter cor azul-claro com indicações verde-amarelo
- A relação de bitolas depende do condutor fase – tabela 7
- **NBR 5410:** considerando critério mecânico, se o condutor não faz parte do mesmo cabo ou do mesmo invólucro dos condutores vivos, S maior ou igual a $2,5\text{mm}^2$, se possui proteção mecânica, do contrário maior que 4mm^2 . No caso de condutor PEN, S maior ou igual a 10mm^2 ⁵⁰

Quando a instalação contiver linhas pré-fabricadas (barramentos blindados) com invólucros metálicos, tais invólucros podem ser usados como condutores de proteção se satisfizerem simultaneamente às três prescrições seguintes:

- a) sua continuidade elétrica deve estar assegurada e de forma a estar protegida contra deteriorações mecânicas, químicas ou eletroquímicas;
- b) sua condutância seja, pelo menos, igual à resultante da aplicação.
- c) devem permitir a ligação de outros condutores de proteção em todos os pontos de derivação predeterminados.

As proteções metálicas ou blindagens de cabos, bem como os eletrodutos e outros condutos metálicos, podem ser usados como condutores de proteção dos respectivos circuitos se satisfizerem às prescrições a) e b).

Elementos condutores estranhos à instalação podem ser usados como condutores de proteção se satisfizerem a todas as prescrições seguintes:

- a) sua continuidade elétrica deve estar assegurada, por construção ou por ligações adequadas, e de forma a estar protegida contra deteriorações mecânicas, químicas e eletroquímicas;

seu traçado seja o mesmo dos circuitos correspondentes; só devem poder ser desmontados se forem previstas medidas compensadoras;

NOTA - As canalizações metálicas de água e gás não devem ser usadas como condutores de proteção.

Elementos condutores estranhos à instalação não devem ser usados como condutores PEN.

51

Eletrodos

- **Eletrodos existentes (naturais)** Prédios com estruturas metálicas ou armação do concreto. Na utilização desse sistema, deve-se assegurar que haja uma perfeita continuidade entre todas as partes metálicas e deve ser realizada a ligação equipotencial entre as partes metálicas que, eventualmente, possam estar desconectadas;
- **Eletrodos encapsulados em concreto** O concreto em contato com o solo é um meio semicondutor com resistividade da ordem de 3000 ohmsxm, muito melhor do que o solo propriamente dito. Podem ser utilizados os próprios ferros da armadura da edificação, colocados no interior do concreto das fundações.
- **Eletrodos fabricados**
- **Outros eletrodos**

52

Tabela 7.1- Eletrodos de aterramentos convencionais.

Tipo de eletrodo	Dimensões mínimas	Observações
Tubo de aço zincado	2,40 m de comprimento e diâmetro nominal de 25 mm.	Enterramento totalmente vertical
Perfil de aço zincado	Cantoneira de (20mmx20mmx3mm) com 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço zincado	Diâmetro de 15 mm. com 2,00 ou 2,40 m. de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de aço revestida de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Haste de cobre	Diâmetro de 15 mm com 2,00 ou 2,40 m de comprimento	Enterramento totalmente vertical
Fita de cobre	25 mm ² de seção, 2 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical;
Fita de aço galvanizado	100 mm ² de seção, 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Largura na posição vertical;
Cabo de cobre	25 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal
Cabo de aço zincado	95 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal;
Cabo de aço cobreado	50 mm ² de seção e 10 m de comprimento	Profundidade mínima de 0,60 m. Posição horizontal.

Não devem ser usados como eletrodo de aterramento canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços, o que não exclui a ligação equipotencial de que trata.

53

- 1- A experiência tem demonstrado que as armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e das vigas baldramas, interligadas nas condições correntes de execução, constituem um eletrodo de aterramento de excelentes características elétricas.
 - 2- As armaduras de aço das fundações, juntamente com as demais armaduras do concreto da edificação, podem constituir, nas condições prescritas pela NBR 5419, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (aterramento e gaiola de Faraday, completado por um sistema captor).
 - 3- Em geral os elementos em concreto protendido não devem integrar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.
- A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende das condições locais do solo; devem ser selecionados um ou mais eletrodos adequados às condições do solo e ao valor da resistência de aterramento exigida pelo esquema de aterramento adotado. O valor da resistência de aterramento do eletrodo de aterramento pode ser calculado ou medido

Seções mínimas de condutores de aterramento enterrados no solo		
	Protegido contra danos mecânicos	Não protegido contra danos mecânicos
Protegido contra corrosão	Cobre: 2,5 mm ² Aço: 10 mm ²	Cobre: 16 mm ² Aço: 16 mm ²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 50 mm ² (solos ácidos ou alcalinos) Aço: 80 mm ²	

6.4.2.1.3 Junto ou próximo do ponto de entrada da alimentação elétrica deve ser provido um barramento denominado "barramento de equipotencialização principal" (BEP), ao qual todos os elementos relacionados em 6.4.2.1.1 possam ser conectados, direta ou indiretamente.

55

Conexões aos eletrodos

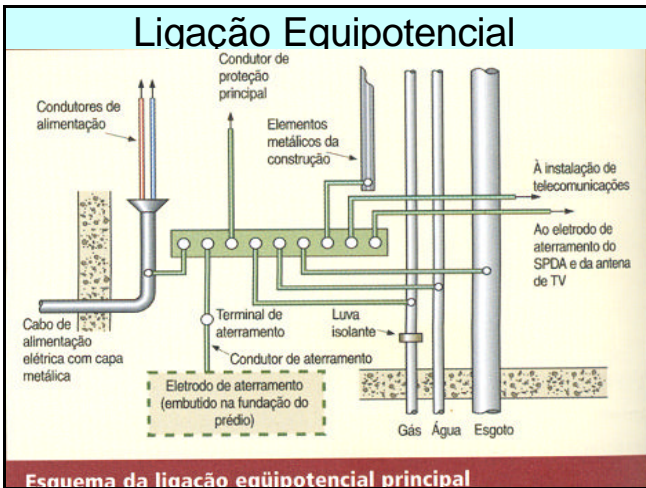
- **Dispositivos mecânicos** São facilmente encontrados, simples de instalar e podem ser desconectados para efeitos de medição de resistência de aterramento. Apresentam um desempenho histórico satisfatório. Apesar de apresentarem, às vezes, problemas de corrosão, se devidamente protegidas, essas conexões estejam sempre acessíveis para inspeção e manutenção;
- **Conexões por compressão** É fácil de instalar, apresenta uma baixa resistência de contato, porém não podem ser desconectados para as medições de resistência de aterramento.
- **Solda exotérmica** Esse método realiza uma conexão permanente e praticamente elimina a resistência de contato e os problemas de corrosão, sendo ideal para as ligações diretamente no solo. Requer o emprego de mão de obra especializada e não pode ser utilizada em locais onde haja a presença de misturas explosivas;

56



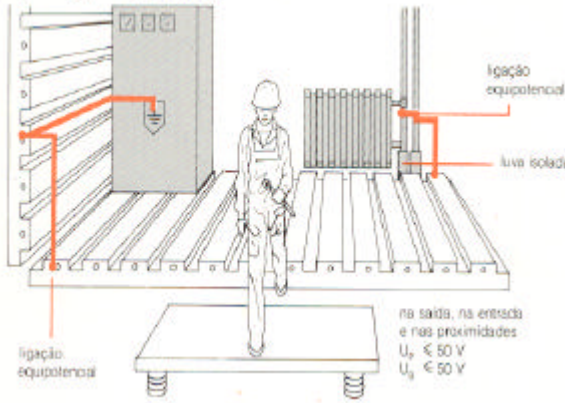


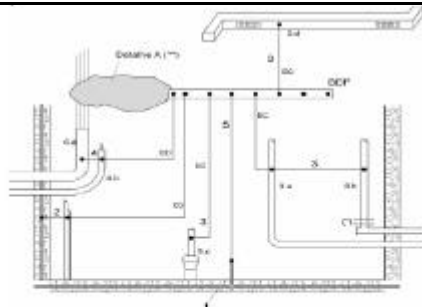




Ligação Equipotencial

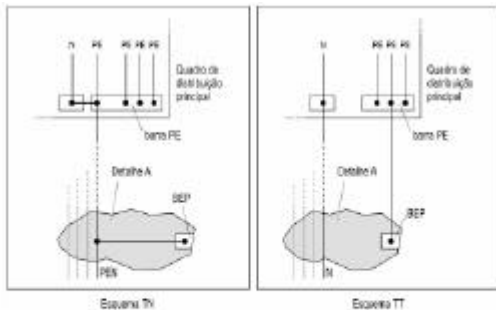
Proteção por ligação equipotencial





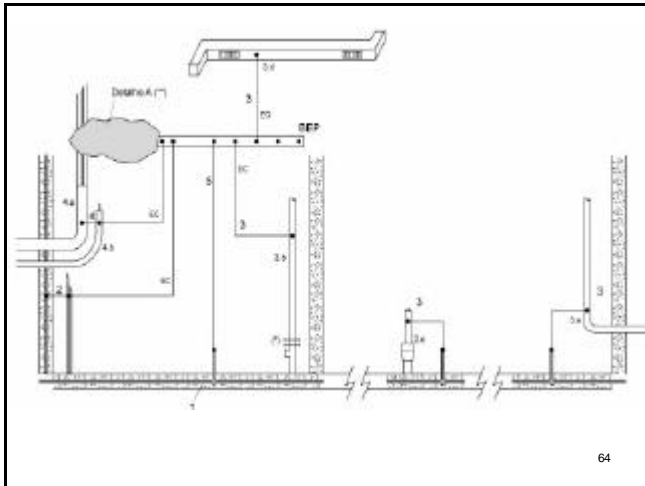
Legenda:
 BEP - Elemento de equipotenciação principal
 BIC - Condutores de equipotenciação
 1 - Eletrodo de aterramento (armado nas fundações)
 2 - Armadura de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação
 3 - Tubulação metálicas de utilidades, bem como os elementos estruturais metálicos e seus associados.
 Por exemplo:
 3.a = água
 3.b = gás
 (*) = leve isolada (ver nota 2 da 4.4.2.1.1)
 3.c = esgoto
 3.d = ar-condicionado
 4 - Condutas metálicas, hidrômetros, armários, cabinetes e peças metálicas de cobre.
 5.a = Linhas elétricas de energia
 5.b = Linhas elétricas de sinal
 5 - Condutas de aterramento externas

NBR5410/2004



NOTAS

- 1 - A figura é essencialmente ilustrativa. Se o quadro de distribuição principal se situar perto ou bem próximo do ponto de entrada da linha na edificação, sua barra PE, caso não haja outras restrições, poderá acumular a função de BEP.
- 2 - O detalhe relativo ao esquema TN-C-S ilustra situação conforme 5.4.3.6.



O Aterramento

- Critério Térmico:

$$S^2 \geq \frac{I^2 \cdot t}{K^2}$$

S = seção em mm²

I = valor eficaz da corrente no caso de falta fase - massa

t = tempo de atuação do dispositivo de proteção em s

K = constante - tabela

65

Tabela do coeficiente k

Valores mais comuns do coeficiente k (NBR5410)

Tipo de condutor de proteção	k
Condutor isolado (cobre) com isolamento de	
— PVC (PIRASTIC AF, PIRASTIC-FLEX AF)	143
— XLPE (VOLTALENE)	176
Cabo unipolar (cobre) com isolamento de	
— PVC (SINTENAX AF)	143
— EPR (EPROTENAX, EPROPREENE)	176
— XLPE (VOLTENAX)	176
Veia de cabo multipolar (cobre) com isolamento de	
— PVC (TRIPLAST AF, SINTENAX AF)	115
— XLPE (VOLTENAX)	143
— EPR (EPROTENAX, EPROPREENE)	143
Condutores nus	
— Visíveis e em áreas restritas - Cobre	228
— " - " - Aço	82
— Em prédios - condições normais - Cobre	159
— " - " - Aço	58
— Em prédios - risco de incêndio - Cobre	138
— " - " - Aço	49

NBR5410 e NBR14039

- A NBR5410 determina as seções mínimas para os condutores de proteção, como:

Tabela 7 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores fase da instalação S (mm ²)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente S _p (mm ²)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

A seção de qualquer condutor de proteção que não faça parte do mesmo cabo ou do mesmo invólucro que os condutores vivos devem ser, em qualquer caso, não inferiores a:

- 2,5 mm² se possuir proteção mecânica;
- 4 mm² se não possuir proteção mecânica

67

Condutor de Equipotencialidade

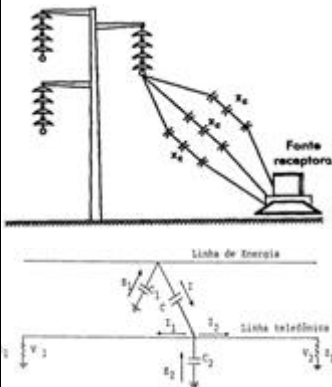
Valores mínimos prescritos pela NBR5410 para a seção do condutor de equipotencialidade

	Seção do condutor de proteção (mm ²)	Seção do condutor de equipotencialidade (mm ²)
EQP	≤ 10	6
	16	10
	25	16
	≥ 35	25

EQS

- massa-massa EQS ≥ PE de menor seção
- massa-el. condutor EQS ≥ 1/2 da seção do PE correspond.
- 2 el. condutores EQS ≥ 2,5 mm² c/ prot. mec. ou 4 mm² sem proteção mecânica

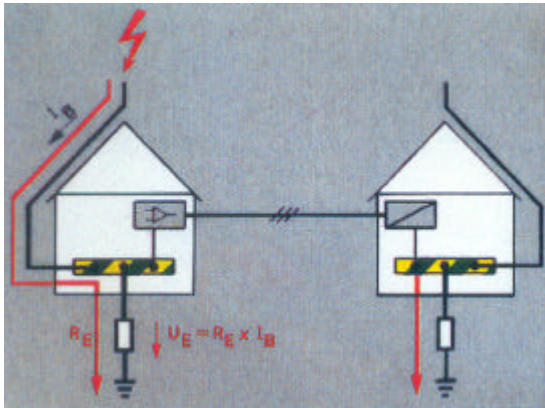
Interferência eletromagnética



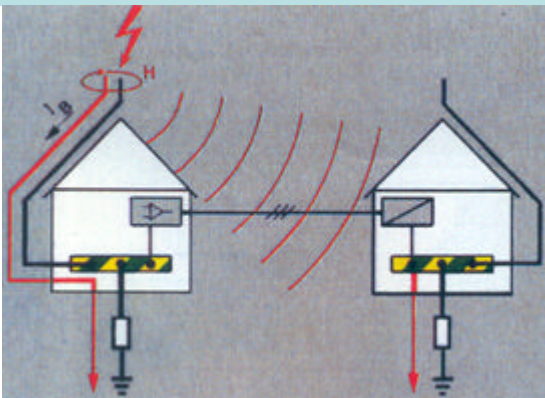
É o fenômeno provocado pelos sistemas elétricos, equipamentos eletrônicos ou não que geram ondas dentro de uma larga faixa de frequência, que interferem nos equipamentos eletrônicos sensíveis, devido à proximidade com esses, podendo mesmo destruir o seus componentes.

69

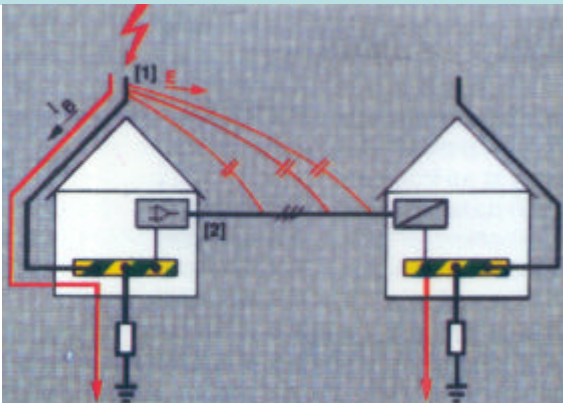
Acoplamento galvânico

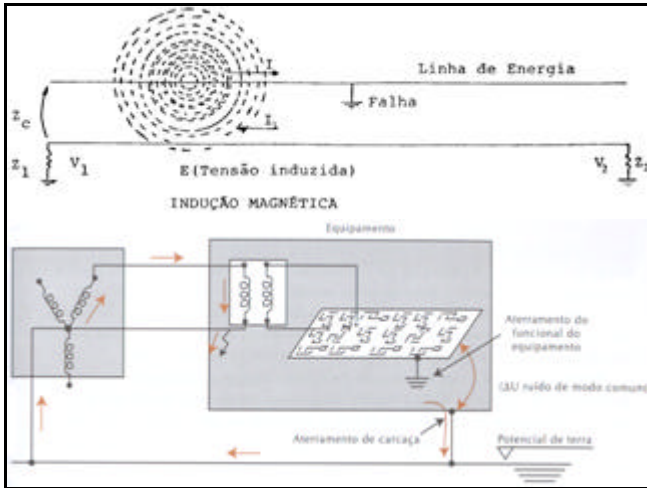


Acoplamento indutivo



Acoplamento capacitivo





Problema e causas

- a) A emissão de um equipamento interfere com outros, podendo fazer com que estes não funcionem devidamente;
- b) A emissão de um equipamento interfere com ele próprio, podendo fazer com que este não funcione devidamente;
- c) A exposição prolongada do ser humano às emissões eletromagnéticas não controladas pode ter efeitos sobre a saúde;
- d) Devido aos itens anteriores, mas e mais órgãos, governamentais têm imposto limitações eletromagnéticas intencionais e não intencionais os que obrigam um projetista que a pensar em compatibilidade eletromagnética, sob pena de perder espaço no mercado, ou piores conseqüências nos casos de contraria ou burlar alguma restrição governamental.

74

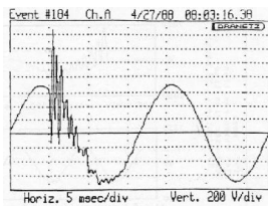
Conceitos

As instalações elétricas estão sujeitas a diversas interferências do meio em que se encontram.

O resultado de algumas dessas interferências são os surtos.

É necessário então entender o que vem a ser "surto" para melhor proteger o circuito contra seus efeitos e prevenir que eles aconteçam em intensidade que cause risco aos equipamentos e usuários.

Surto



75

Origem das interferências

Fontes de sobretensões

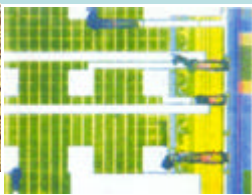
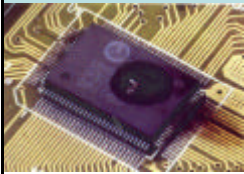
? Descargas atmosféricas diretas e indiretas;

- Age diretamente ou indiretamente, dv/dt ; e di/dt
- Eleva o potencial do sistema de aterramento.
- Onda tráfegante, sobretensões nos invólucros e blindagens

? Chaveamentos;

- ? Mesmos efeitos da descarga, com frequência maior;
- ? Desenergização de cargas indutivas geram ondas de 1 MHz a 20 MHz com picos de 5 kV, tempo de subida da ordem de 10^{-9} s;
- ? Geram no mínimo tensão duas vezes V_o , transitórias.

Efeitos dos surtos

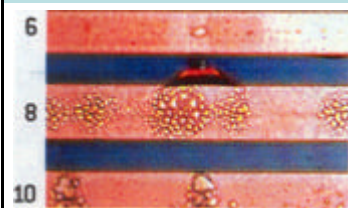


Nas trilhas o ponto de fusão é maior, a camada de isolante funde e escoá.

A trilha no surto, forma bolhas ou vaporiza.

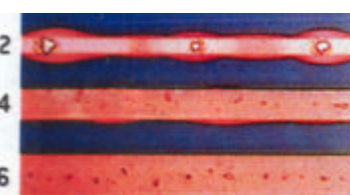


Efeitos dos surtos



Na ausência da isolamento, o cobre forma bolhas ou vaporiza, alterando as condições das trilhas.

Às altas temperaturas as paredes laterais das trilhas, fundem provocando a extrusão do cobre.



Origem das interferências

➤ Tensões induzidas de origem magnética e elétrica;

- Magnética: correntes 3Φ desbalanceadas;
 - Circuitos monofásicos multiterrados; Faltas fase-terra;
 - harmônicos; Instalação Elétrica (separação física, comprimento de exposição, sensibilidade, equipotencialização)
- Elétrica – efeito capacitivo.

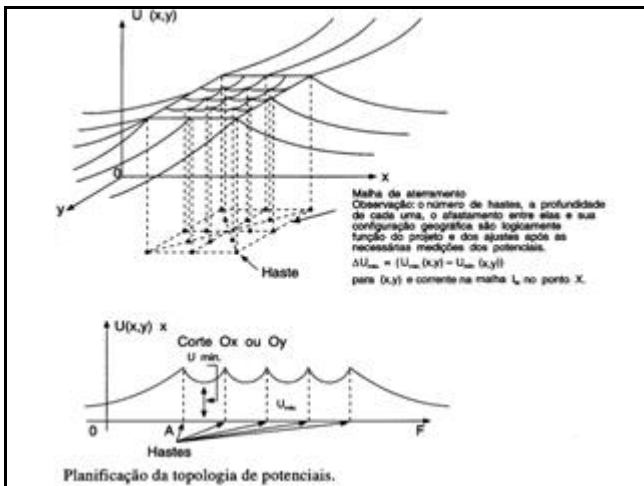
➤ Elevação do potencial da terra.

- Comportamento, taxa de variação da corrente;
- Área de influência ▶

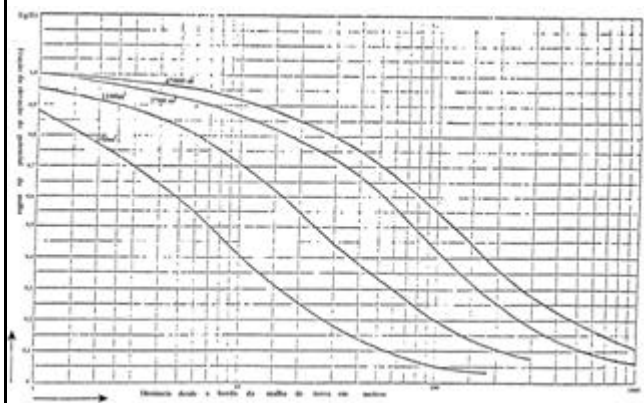
➤ Efeito freqüência

- PE atua como antena. DA – 5kHz = $f = 1,5\text{MHz}$.
- Concentração de energia 10 MHz - $\lambda = 30\text{m}$

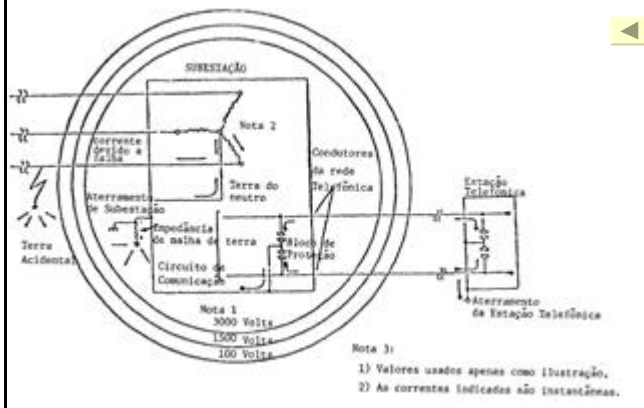




Área de influência



Elevação do potencial de terra



Circuitos

- Análise do trajeto – segregação –
- Redes aéreas:
 - Menor percurso;
 - Evitar paralelismo
 - Caminho linear
 - Compartilhamento (energia e comunicação)
 - $V = 15\text{kV}$ com os afastamentos mínimos:
 - $600\text{ V} < V = 13800 \Rightarrow d_h = 1,80\text{ m}$
 - $V = 600\text{ V} \Rightarrow d_h, d_v = 0,60\text{ cm}$
 - Cruzamento: $V > 600\text{ V}$. $T \rightarrow 60^\circ$.
 - Se $T < 60^\circ$ cruzamento subterrâneo (obrigatório⁸³)

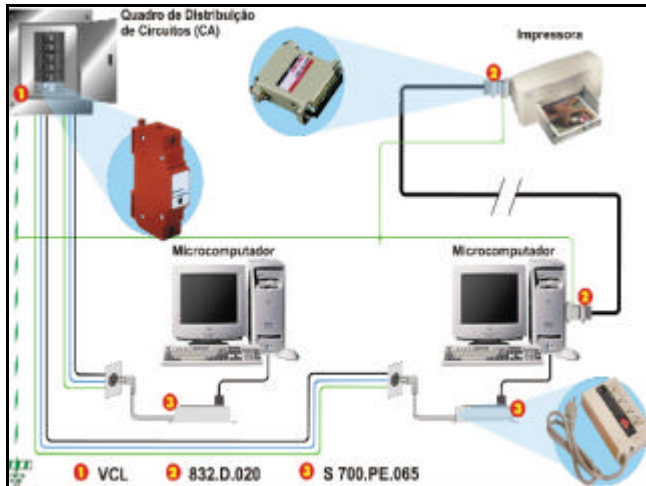
- Redes subterrâneas: os dutos devem ser protegidos – área de influência: metálicos; ou cabos blindados. Fora da área de influência dutos isolantes.
- Redes internas (edificação)
 - Dutos exclusivos por redes;
 - Locais de influência: metálicos, blindagens;
 - Locais fora de influência: isolantes.
- Blindagens
 - Objetivo: atenuar ou eliminar as interferências
 - Eficiência: qualidade do material utilizado;
 - Elétrica: materiais paramagnéticos(fita alumínio)
 - Magnética: - materiais ferromagnéticos

84

Medidas a serem adotadas

- ✓ Separação física dos circuitos;
- ✓ Melhoria dos sistemas de aterramentos;
- ✓ Configuração dos dispositivos de proteção;
- ✓ Blindagem;
 - a - a blindagem deve ser praticamente contínua e de baixa resistência (baixo valor de ohms por km);
 - b - a blindagem deve ter uma baixa impedância de acoplamento dentro da faixa de frequência de interferência;
 - c - o aterramento da blindagem deve ter uma impedância muito baixa, isto é, os condutores de aterramento devem ter seção adequada, comprimento mínimo e ótimas condições de contato;
 - d - em alguns casos pode ser necessário aterrar as blindagens na entrada das salas de relés ou gabinete dos equipamentos de controle, de modo que as correntes circulantes nas blindagens não afetem os circuitos não blindados..
- ✓ Dispositivos de limitação da tensão;

85



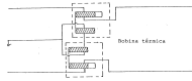
Dispositivos

Os Dispositivos de Proteção contra Surtos – DPS, são equipamentos capazes permanecer invisíveis ao circuitos quando em regime normal e atuar rapidamente abrindo um caminho de baixa impedância assim que for detectada uma sobretensão.

Existem diferentes tecnologias de DPS, cada qual indicada para determinada situação.

87

Dispositivos de proteção

- Condutores
 - Minimizar indutâncias, e acoplamentos;
- Fusível;
- Bobina térmica; 
- Transformador de isolamento;
- Transformador de neutralização;
- Reator de drenagem;
- Gaiola de Faraday
- Transzorb's
- válvulas

88

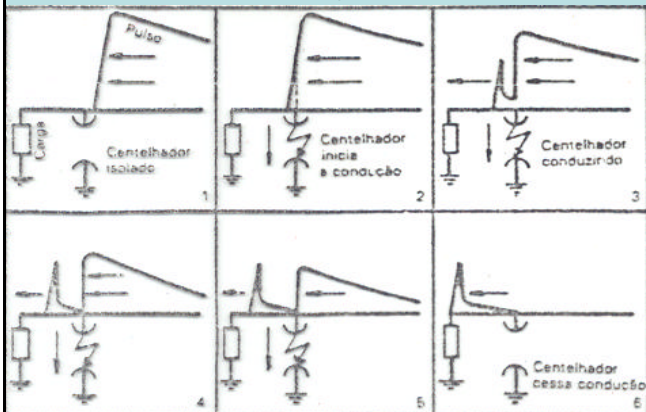
Dispositivos de proteção

- Para-raios
- Centelhadores
 - Carvão
 - Eletrodo metálico
 - Gás
 - Máxima tensão disruptiva de impulso
 - Máxima tensão disruptiva de corrente contínua
 - Tensão residual
 - Tensão de arco
 - Tensão de luminescência
- Continua...



89

Seqüência de operação do centelhador



Dispositivos de proteção

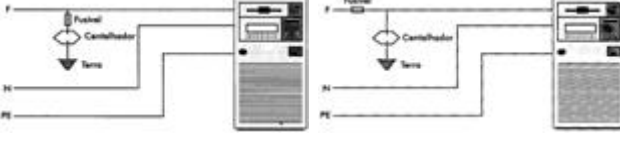
- Centelhador (ar)



Princípio de funcionamento FLT 60-400

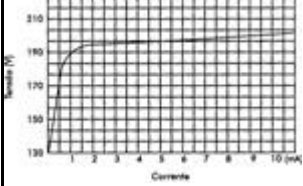
A) Pulso de tensão para disparar

- 1 - Ionização através de sobretensões
- 2 - O arco caminha através dos eletrodos
- 3 - Arco é empurrado para o exterior
- 4 - Arco é arrefecido contra a placa de choque
- 5 - Formação de arcos parciais
- 6 - Interrupção e extinção de arcos parciais

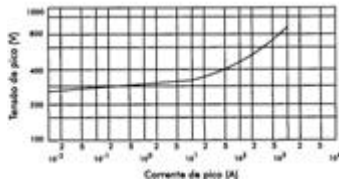


Dispositivos de proteção

- Varistor de óxido metálico (MOV)



Curva VxI do varistor ZnO

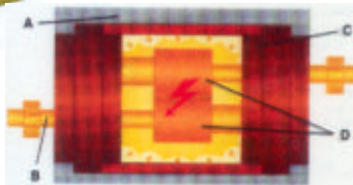
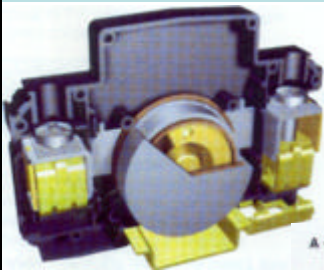


Curva característica VxI de dupla graduação do varistor

- Coeficiente de não linearidade
- Expectativa de vida útil

92

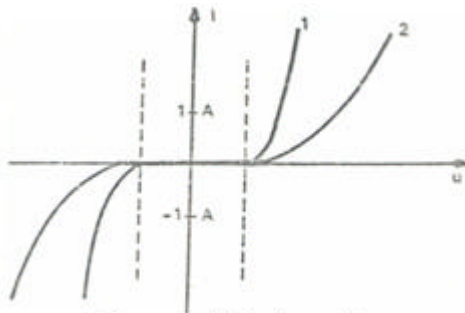
Detalhe interno do varistor



características dos varistores

- Máxima tensão eficaz a 25° C; é o valor máximo da tensão senoidal que pode ser aplicada ao varistor continuamente;
- Máxima tensão à corrente contínua a 25° C, é o valor máximo da tensão à corrente contínua que pode ser aplicado ao varistor continuamente;
- Tensão do varistor para 1 mA de pico, é a tensão de pico que faz circular uma corrente no varistor de 1 mA, valor de crista. Essa tensão é utilizada como referência na seleção da faixa de tensão de operação do varistor;
- Máxima corrente de fuga é o máximo valor da corrente que pode circular pelo varistor quando este está submetido à máxima tensão eficaz à temperatura de 25° C;
- Máxima corrente de pico na forma de onda de 8x20 microseg., é a máxima corrente de pico com forma de onda de 8x20 microsegundo que pode ser aplicada ao varistor em uma única aplicação.

94



curva UxI característica de varistores
1 - óxido de zinco 2 - caboneto de silício

95

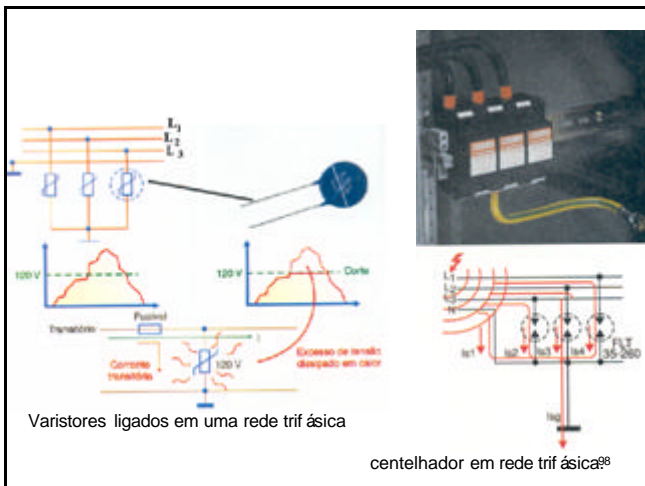
Dimensionamento de varistores

- A origem dos transitórios é conhecida: elaborar o projeto de proteção dos equipamentos eletrônicos em ambiente que contém motores acionados por contadores;
- Os transitórios são mensuráveis e podem ser medidos através de equipamentos dedicados e posteriormente analisados;
- A origem dos transitórios é desconhecida e não há meios de registrá-los.
 - Para selecionar um varistor nas duas primeiras condições, deve-se seguir metodologia:
 - Selecionar a faixa de tensão em que o varistor irá operar. Com base na tensão nominal do sistema ao qual será conectado, permitir uma margem de flutuação de tensão de $\pm 10\%$;
 - Conhecido o valor de pico da corrente transitória, determinar o tipo de varistor mais apropriado para essa aplicação. Os picos de corrente podem variar entre 50 a 5000 A.

Algumas recomendações para a instalação dos varistores

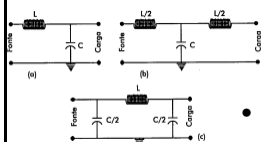
- Quando aplicar um varistor nos terminais de entrada de um equipamento, é conveniente selecionar, como mínimo, o tipo com 10 mm. de diâmetro, já que não são previsíveis as condições às quais ficará sujeito o equipamento;
- Os varistores podem ser colocados em série ou paralelo. Isto somente é aconselhável se for esperado no circuito uma dissipação de energia superior à capacidade de um varistor;
- Tratando-se de ligação de varistores em série, somar as tensões do varistor V_V à tensão de operação do mesmo;
- Tratando-se de ligação em paralelo, adotar as tensões nominais da rede. Nesse caso, aplicar varistores com a mesma tensão máxima, ou muito próxima disso, a fim de evitar tensões diferenciadas entre varistores.

97



Filtros

• Filtro passa-baixo



• Filtro passa-alto

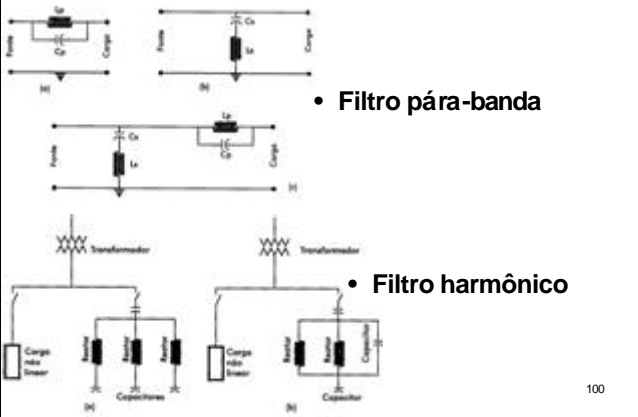


Filtro passa-banda



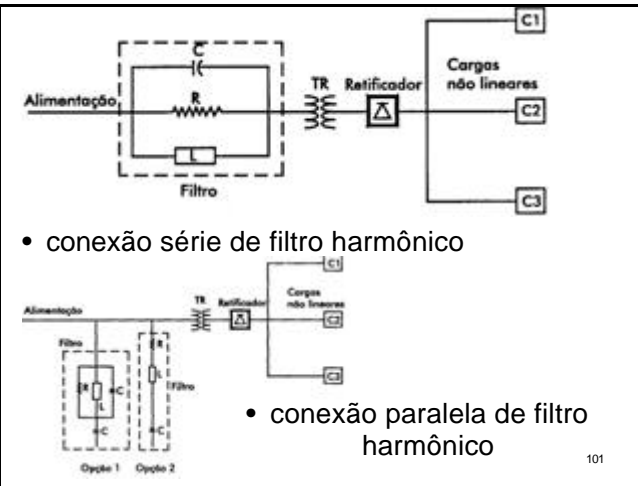
99

Filtros



100

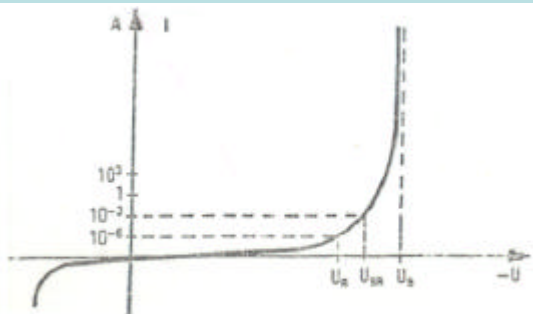
• conexão série de filtro harmônico



101

• conexão paralela de filtro harmônico

Diodo supressor (Zener)



Curva $U \times I$ característica para o diodo supressor

102

Características de alguns DPS

Dispositivo	Valores típicos de operação	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
MOV (Zener, Diode Varistor)	<ul style="list-style-type: none"> Tempo de operação: 1 - 5 ns Polaridade: bipolar Faixa de tensão de operação: 12 - 1400 V Corrente máx.: 1 a 25 kA para surtos de 8/20 µs Potência de pico para 1 ms: 700 kW Energia até 600 J 	<ul style="list-style-type: none"> Supressão de transientes em circuitos reforçadores de potência em baixa tensão Supressão de transientes em circuitos de potência de baixa tensão 	<ul style="list-style-type: none"> Grande variedade de faixa de tensão e corrente de operação Bom para supressão de surtos de alta amplitude e curta duração 	<ul style="list-style-type: none"> Alta capacitância (> 1000 pF) Capacitância varia com a polarização Impedância relativamente alta envolvendo alta potência na condução Corrente de fuga alta, inviabilizando seu uso para alguns circuitos de comunicação Características de limitação de tensão inferior, quando com parada com trabalho
Transistor (supressores de semicondutores)	<ul style="list-style-type: none"> Tempo de operação: < 100 ps Polaridade: mono e bipolar Faixa de tensão de operação: 6 - 480 VCA Corrente máxima: 200 A para pulso de 1/120 s Faixa de potência de pico: 1,5 - 15 kW 	<ul style="list-style-type: none"> Devido ao seu rápido tempo de resposta e baixo fator de limitação (clamping), é usado normalmente como proteção secundária (junto ao circuito) na proteção de circuitos integrados, dispositivos MOS, circuitos transistóricos, híbridos e outros componentes mais sensíveis 	<ul style="list-style-type: none"> Disponível em grandes faixas de tensão de operação Baixo fator de limitação (clamping) Velocidade de resposta compatível com a velocidade de componentes eletrônicos mais modernos Longa vida, para operação dentro dos limites de energia 	<ul style="list-style-type: none"> Baixa capacidade de dissipação de energia Normalmente necessita de proteção primária com alta capacidade de condução de energia Normalmente necessita de circuito de filtro e limitação de corrente associados

Características de alguns DPS

Dispositivo	Valores típicos de operação	Aplicação	Vantagens	Desvantagens
Diodo Zener	<ul style="list-style-type: none"> Tempo de operação: 1 - 10 ns Polaridade: CA ou CC Faixa de tensão de operação: 1,8 - 200 V Corrente máxima: 200 A para 0,25 µs (diodo 60 V) Energia: 100 mJ 	<ul style="list-style-type: none"> Proteção complementar de circuitos transistóricos Proteção complementar de alguns circuitos integrados Usado normalmente (junto a diodos) como proteção secundária em circuitos associados em cascata a com fibras 	<ul style="list-style-type: none"> São obtidos níveis precisos de limitação de tensão, mesmo em circuitos de baixa tensão Vida longa, não excedendo os limites de energia 	<ul style="list-style-type: none"> Suficiente capacitância que varia com a polarização Baixa capacidade de condução de energia (menor que Transistor) Aparenta inatenuação, emissão de tensão
Controlador de gás (dióxido e triplicato)	<ul style="list-style-type: none"> Tempo de operação: 0,1 - 10 µs (depende do gás) Polaridade: bipolar Faixa de tensão de operação: 50 V a 2 kV (para surtos de 5 kV/µs) Corrente máx.: 25 kA para surtos de 8 µs/20 µs Potência de pico para 1 ms: 50 kW Energia: 50 J 	<ul style="list-style-type: none"> Para proteção de equipamentos eletrônicos de potência Utilizado como proteção primária em circuitos híbridos Em circuitos CC de potência desde que a tensão nominal não seja superior à tensão de arco 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensão pequena Custo Capacitância parâmetro menor que 10 pF Capacidade de conduzir correntes de até 25 kA para surtos de 8/20 µs Disponível com tensão de disparo variando de 75 V a 10 kV Capacitância não varia com a polarização 	<ul style="list-style-type: none"> Impedância na tensão de disparo seix para disparo de 1000 V pode variar variação de 200 a 250 V) Em descargas de alta corrente o gás tende a curtar o circuito Tempo de operação muito longo para a proteção de dispositivos de estado sólido Tensão de disparo ao usar muito acima dos níveis de proteção, requer uso de dispositivos tais como diodos, transistores, limitadores de corrente e fibras

104

Comparação entre dispositivos

Tipo	Tempo de operação	Polaridade	Consumo em condição não operativa (µA)	Máxima corrente em 1000 µs	Pico de potência (1 ms µW)	Pico de energia (J)	Fator de clamping em 10 A
Selina	1 - 10 ns	Bipolar	12	até 200 A	9	9	2,3
MOV	5 ns	Bipolar	1	1000 A até 25 kA para 8/20 µs	Até 700	Até 600	2
Zener	1 - 10 ns	CA ou CC	0,005	200 A para 0,25 µs (diodo 60 V)	—	< 100 mJ	1,85
Supressor gás anodo	0,1 - 10 µs	Bipolar	—	Até 10 kV para impulso: 8 µs/20 µs	50	50	8,2 (1 kV µs)
Controlador	< 10 µs	CA ou CC	0,005 - 1	100 - 3000	110 - 7500	110 - 7500	N/A
Transistor	< 100 ps	CA ou CC	0,25	200 A @ 1/120 s	1,5	1,5	1,2

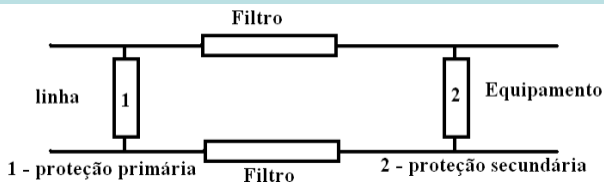
105

Filosofia de proteção

- Os sistemas de proteção contra surtos devem apresentar características de forma a garantir o “grampeamento” de tensão a níveis inferiores e tempos aos suportáveis e manter a integridade, continuidade dos equipamentos e dispositivos da instalação.

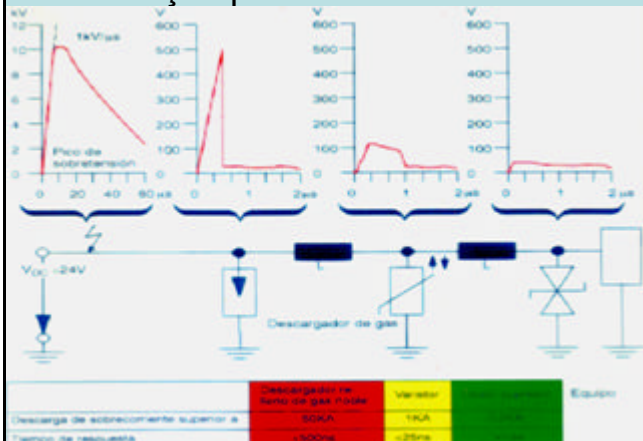
106

Esquema de proteção

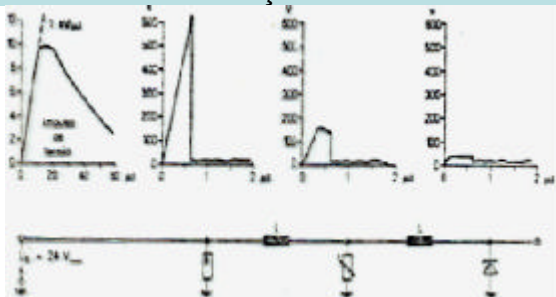


- Proteção primária
 - Centelhadores a gás;
 - Varistores
- Proteção secundária
 - Varistores;
 - Diodos zener's
 - tranzorbs

Proteção primária e secundária



Combinção de DPS

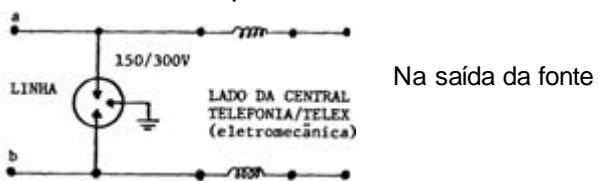


Característica	Centelhador a gás	Varistor de ZnO	Diodo Zener
Corrente de impulso de descarga até	50 kA	2 kA	0,2 kA
Tempo de resposta	500 nanoseg ¹	< 25 nanoseg ²	< 10 nanoseg ²

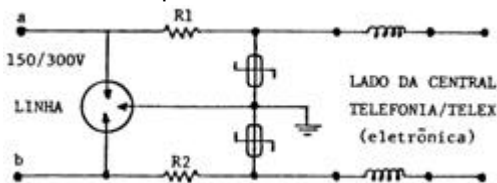
¹ - depende de di/dt ² - acoplamento indutivo pobre

109

Centelhador para linha telefônica



- Centelhador acoplado com varistor – saída da fonte



110

Chegada no ETI



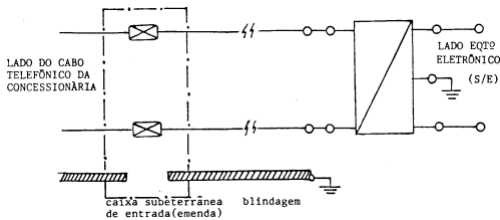
- Esquema de proteção para circuito de sinal



111

Circuitos de sinais

- Redes de sinais dentro de uma edificação
 - As blindagens dos percursos aterrados nas extremidades;
 - No equipamento DPS mas próximo possível;
 - Cabos de ligação do sistema à terra com menor percurso possível; e
 - Análise dos trajetos e segregação com a energia.
- Redes de sinais saindo da edificação

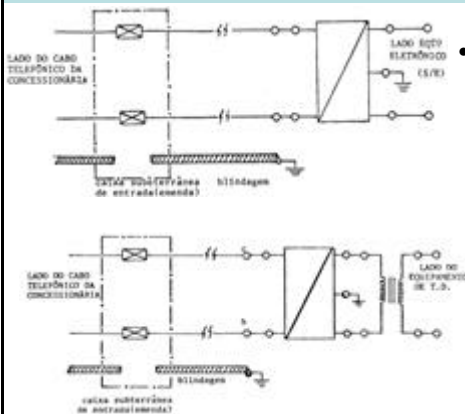


Linha telefônica originária de concessionárias públicas

112

Circuitos de sinais

- Linha telefônica entrando em edificação com forte área de influência.



113

Circuitos de sinais

- Redes de sinais, que estejam interligando duas edificações com forte área de influência.



NOTA: $d_1 = d_2$ SÃO DISTÂNCIAS PARA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS SE'S/US'S.

114

Prescrições normativas (NBR5410) sobre a utilização de dispositivos contra sobretensões:

- Os dispositivos de proteção contra as sobretensões devem ser dispostos de forma a não por em perigo pessoas ou equipamentos que estejam próximos durante a sua atuação;
- As características dos dispositivos de proteção contra as sobretensões devem ser tais que os mesmos não atuem para tensões iguais ou inferiores à tensão mais elevada que possa haver na instalação em serviço normal;
- Ao ser feita a seleção dos limitadores de sobretensão, devem ser observado os seguintes parâmetros: Tensão nominal da instalação; nível de isolamento da instalação; maneira de ligação do limitador de sobretensão e valor máximo da energia dissipada.
- O terminal de terra dos limitadores de sobretensão deve ser ligado por uma das seguintes maneiras:
 - a) um conjunto interligado, compreendendo todas as massas da instalação e todos os elementos condutores estranhos à instalação dos locais servidos pela mesma; a
 - b) um eletrodo de aterramento independente, que apresente uma resistência no máximo igual ao cociente do nível de isolamento mínimo da instalação, diminuído da tensão entre fases ou entre fase e neutro, conforme o modo de ligação do limitador, pela corrente máxima de falta para a terra referente à instalação de tensão mais elevada.

115

Proteção contra sobretensões transitórias em linhas de energia

- Deve ser provida proteção contra sobretensões transitórias, nos seguintes casos(5.4.2.1.1):
- quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região sob condições de influências externas AQ2 (mais de 25 dias de trovoadas por ano);
- quando a instalação se situar em região sob condições de influências externas AQ3 (ver tabela 15).

116

Proteção contra Sobretensão

- NOTA – Admite-se que a proteção contra sobretensões exigida em 5.4.2.1.1 possa não ser provida se as consequências dessa omissão, do ponto de vista estritamente material, constituírem um risco calculado e assumido. Em nenhuma hipótese a proteção pode ser dispensada se essas consequências puderem resultar em risco direto ou indireto à segurança e à saúde das pessoas.

117

Proteção contra sobretensões transitórias em linhas de sinal

- Toda linha externa de sinal, seja de telefonia, de comunicação de dados, de vídeo ou qualquer outro sinal eletrônico, deve ser provida de proteção contra surtos nos pontos de entrada e/ou saída da edificação.
- Além dos pontos de entrada/saída, pode ser necessário prover proteção contra surtos também em outros pontos, ao longo da instalação interna, e, em particular, junto aos equipamentos mais sensíveis, quando não possuem proteção incorporada.

118

Prevenção de influências eletromagnéticas nas instalações e seus componentes

- Toda linha metálica de sinal que interligue edificações deve dispor de condutor de equipotencialização paralelo, acompanhando todo seu trajeto, sendo esse condutor conectado às equipotencializações, de uma e de outra edificação, às quais a linha de sinal se acha vinculada.
- Em toda edificação alimentada por linha elétrica em esquema TN-C, o condutor PEN deve ser separado, a partir do ponto de entrada da linha na edificação, ou a partir do quadro de distribuição principal, em condutores distintos para as funções de neutro e de condutor de proteção. A alimentação elétrica, até aí TN-C, passa então a um esquema TN-S (globalmente, o esquema é TN-C-S).

119

Prevenção de influências eletromagnéticas nas instalações e seus componentes

- Além da observância de [6.1.7.1](#) e [6.1.7.2](#) e das prescrições pertinentes de [6.4](#), devem ser adotadas as medidas necessárias para reduzir os efeitos das sobretensões induzidas e das interferências eletromagnéticas a níveis aceitáveis.
- NOTA – São exemplos de medidas que contribuem para a redução dos efeitos das sobretensões induzidas e das interferências eletromagnéticas:
- disposição adequada das fontes potenciais de perturbações em relação aos equipamentos sensíveis;
- disposição adequada dos equipamentos sensíveis em relação a circuitos e equipamentos com altas correntes, como, por exemplo, barramentos de distribuição e elevadores;
- uso de filtros e/ou dispositivos de proteção contra surtos (DPSs) em circuitos que alimentam equipamentos sensíveis;
- seleção de dispositivos de proteção com temporização adequada, para evitar desligamentos indesejáveis devidos a transitórios;

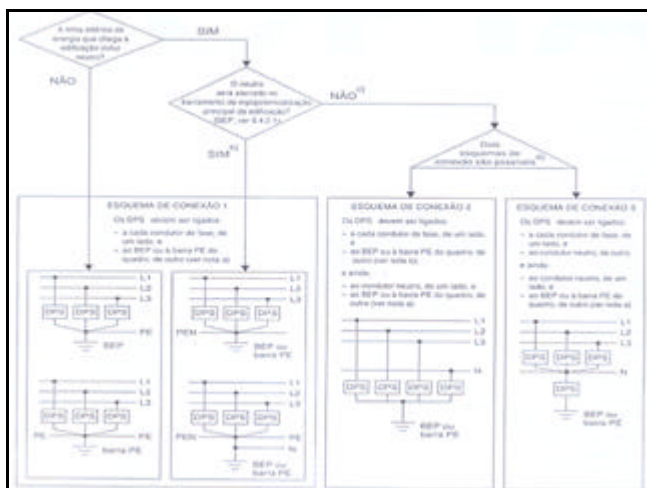
120

Prevenção de influências eletromagnéticas nas instalações e seus componentes

- equipotencialização de invólucros metálicos e blindagens;
- separação adequada, por distanciamento ou blindagem, entre as linhas de energia e as linhas de sinal, bem como seu cruzamento em ângulo reto;
- separação adequada, por distanciamento ou blindagem, das linhas de energia e de sinal em relação aos condutores de descida do sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- redução dos laços de indução pela adoção de um trajeto comum para as linhas dos diversos sistemas;
- utilização de cabos blindados para o tráfego de sinais;
- conexões de equipotencialização as mais curtas possíveis;
- linhas com condutores separados (por exemplo, condutores isolados ou cabos unipolares) contidas em condutos metálicos aterrados ou equivalentes;
- evitar o esquema TN -C, conforme disposto em [5.4.3.6](#);
- concentrar as entradas e/ou saídas das linhas externas em um mesmo ponto da edificação (ver nota de 6.4.2.1.2.);
- utilizar enlaces de fibra óptica sem revestimento metálico ou enlaces de comunicação sem fio na interligação de redes de sinal dispostas em áreas com equipotencializações separadas, sem interligação.

Proteção em linhas de energia Uso e localização dos DPS's

- Nos casos em que for necessário o uso de DPS e nos casos em que esse uso for especificado, independentemente das considerações de [5.4.2.1.1](#), a disposição dos DPSs deve respeitar os seguintes critérios:
- a) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação, bem como a proteção contra sobretensões de manobra, os DPSs devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada; ou
- b) quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, os DPSs devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação.



NOTAS

a) A ligação ao BEP ou à barra PE depende de onde, exatamente, os DPS serão instalados e de como o BEP é implementado, na prática. Assim, a ligação será no BEP quando:

– o BEP se situar a montante do quadro de distribuição principal (com o BEP localizado, como deve ser, nas proximidades imediatas do ponto de entrada da linha na edificação) e os DPS forem instalados então junto do BEP, e não no quadro; ou

– os DPS forem instalados no quadro de distribuição principal da edificação e a barra PE do quadro acumular a função de BEP.

Por consequência, a ligação será na barra PE, propriamente dita, quando os DPS forem instalados no quadro de distribuição e a barra PE do quadro não acumular a função de BEP.

b) A hipótese configura um esquema que entra TN C e que prossegue instalação adentro TN C, ou que entra TN C e em seguida passa a TN S (alínea, como requer a regra geral de 5.4.3.6). O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser alterado no BEP, direta ou indiretamente (ver figura G.2). A passagem do esquema TN C a TN S, com a separação do condutor PEN de chegada em condutor neutro e condutor PE, seria feita no quadro de distribuição principal (globalmente, o esquema é TN-C-S).

c) A hipótese configura três possibilidades de esquema de aterramento: TT (com neutro), IT com neutro e linha que entra na edificação já em esquema TN S.

d) Há situações em que um dos dois esquemas se torna obrigatório, como a do caso relacionado na alínea b) de 6.3.5.2.6

Figura 13 — Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da linha de energia ou no quadro de distribuição principal da edificação

Proteção em linhas de energia Uso e localização dos DPSs

- Os DPSs devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base, no mínimo, nas seguintes características:
- 1. nível de proteção,
- 2. máxima tensão de operação contínua,
- 3. suportabilidade a sobretensões temporárias,
- 4. corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso e
- 5. suportabilidade à corrente de curto-circuito.

125

Critérios de seleção

- Nível de proteção – U_p – vide categoria; tab 31
- Máxima tensão de operação U_c . Tabela 49;
- Corrente nominal e de impulso.
 - 5 kA = I_n = 20 kA redes trifásicas ou = 10 kA mono.
 - 12,5 kA = I_{imp} = 50 kA trifásica ou = 25 kA mono.
- Suportabilidade à corrente de curto circuito;
 - Conexão entre neutro e PE I_{cc} = 100 A.
- Coordenação – dado de fabricante.

126

Tensão nominal da instalação V		Tensão de impulso suportável requerida kV			
		Categoria de produto			
		Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115-230 120-240 127-254	4	2,5	1,5	0,8
220/380, 230/400, 277/480	—	6	4	2,5	1,5
400/690	—	8	6	4	2,5

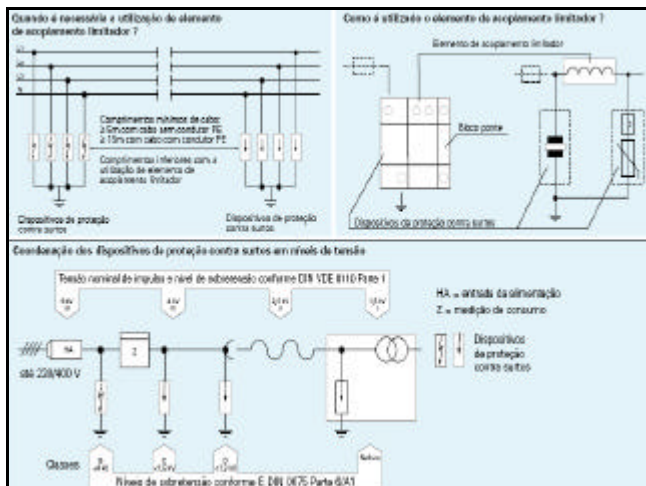
NOTAS

1 O anexo E traz orientação sobre esta tabela.

2 Valores válidos especificamente para seccionadores e interruptores-sectionadores são dados na tabela 50.

3 Para componentes associados a linhas de sinal utilizadas na entrada da instalação (categoria IV de suportabilidade), a tensão de impulso suportável mínima é de 1 500 V (ver IEC 61663-2).

Classes	Local de utilização	Nível de proteção	Capacidade de sobrecarga	
A	Para utilização em linhas aéreas de baixa tensão	<ul style="list-style-type: none"> • Sem necessidade de proteção contra contato direto • Podem ser sobrecarregados / afetados pela incidência direta de descargas atmosféricas • Resistência de isolamento mesmo com influências atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> • IEC W1 (em preparação) • Classe de resistência a impulsos de tensão IV conforme DIN VDE 0110-1: 1997-04 • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • E DIN VDE 0675 Parte 6: 1999-11 (Im = 5 kA IGD20) • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03
B	Para fins de proteção contra descargas atmosféricas - equalização de potências - de acordo com DIN VDE 0185-1 VDE V 0185-100 DIN VDE 0185-103	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária proteção contra contatos diretos • Não podem apresentar danos a risco de incêndio com utilização de acordo com a sobrecarga solicitada 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • Classe de resistência a impulsos de tensão IV conforme DIN VDE 0110-1: 1997-04 • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • E DIN VDE 0675 Parte 6: 1999-11 (Im = 0,5 a 5 kA IGD20) • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03
C	Para fins de proteção de sobretensão em instalações fixas, preferencialmente em aplicações na classe de resistência de impulso de tensão II (classe de sobretensão)	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária proteção contra contatos diretos • Não podem apresentar danos a risco de incêndio com utilização de acordo com a sobrecarga solicitada 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • Classe de resistência a impulsos de tensão II conforme DIN VDE 0110-1: 1997-04 • E DIN VDE 0675 Parte 6: 1999-11 • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • E DIN VDE 0675 Parte 6: 1999-11 • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03
D	Para fins de proteção contra descargas atmosféricas em instalações variáveis de acordo com a localização / instalações fixas, preferencialmente em aplicações na classe de resistência de impulso de tensão II (classe de sobretensão)	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária proteção contra contatos diretos • Não podem apresentar danos a risco de incêndio com utilização de acordo com a sobrecarga solicitada 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • Classe de resistência a impulsos de tensão II conforme DIN VDE 0110-1: 1997-04 • E DIN VDE 0675 Parte 6: 1999-11 • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03 	<ul style="list-style-type: none"> • conforme • E DIN VDE 0675 Parte 6: 1999-11 (Im = 5 kA IGD20) • E DIN VDE 0675 Parte 6/A1: 1996-03



Seleção dos DPS

Tabela 49 — Valor mínimo de U_c exigível do DPS, em função do esquema de aterramento

DPS conectado entre				Esquema de aterramento				
Fase	Neutro	PE	PEN	TT	TN-C	TN-S	IT com neutro distribuído	IT sem neutro distribuído
X	X			$1,1 U_0$		$1,1 U_0$	$1,1 U_0$	
X		X		$1,1 U_0$		$1,1 U_0$	$\sqrt{3} U_0$	U
X			X		$1,1 U_0$			
	X	X		U_0		U_0	U_0	

NOTAS

1. Ausência de indicação significa que a conexão considerada não se aplica ao esquema de aterramento.
2. U_0 é a tensão fase-neutro.
3. U é a tensão entre fases.
4. Os valores adequados de U_c podem ser significativamente superiores aos valores mínimos da tabela.

130

Seleção

3 - Os DPS devem suportar as sobretensões temporárias decorrentes de faltas na instalação BT e os DPS conectáveis ao PE, e quando assim conectados, não devem oferecer nenhum risco à segurança em caso de destruição provocada por sobretensões temporárias devidas a faltas na média tensão e por perda do neutro.

4 – Descargas atmosféricas indireta ou manobra:
 c. nominal de descarga (I_n) superior a 20kA (8/20 μ s) (trifásicas) ou a 10 kA (8/20 μ s) (monofásicas) para o esquema 3;
 Descargas atmosféricas diretas: corrente de impulso (I_{imp}) superior a 12,5 kA para cada nó. No esquema de conexão 3, DPS entre neutro e PE, deve-se utilizar a IEC 61312-1 (I_{imp}) (50/25)
 Se simultâneo: I_n e I_{imp} calculados separadamente⁴³¹

Seleção

5 – Suportabilidade a correntes de curto-circuito igual ou superior à calculada para o ponto de instalação. Para centelhadores, a capacidade de interrupção de corrente de curto-circuito igual ou superior à do ponto de instalação. DPS entre neutro e PE, a capacidade de interrupção de corrente subsequente deve ser superior a 100 A para esquemas TN ou TT. Para IT, a mesma dos DPS conectados entre fase e neutro.

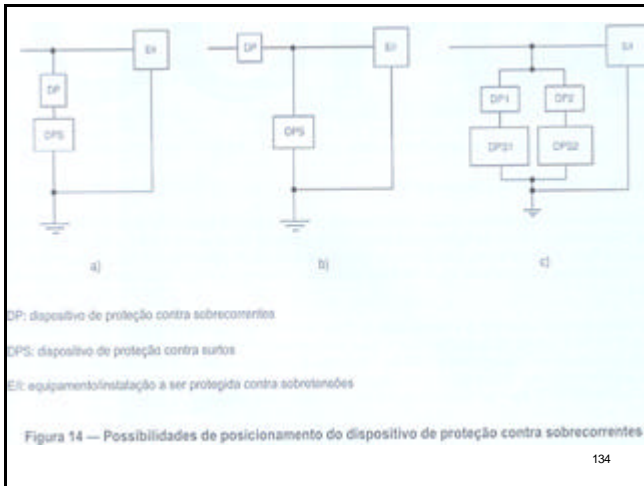
6 – É necessário constar claramente como coordenar os DPS ao longo da instalação na documentação fornecida pelo fabricante.

132

Falha do DPS e proteção contra sobrecorrentes

- proteção contra sobrecorrentes destinada a eliminar um curto-circuito que ocorra por falha do DPS pode ser disposta:
- na própria conexão do DPS, sendo que esse DP pode ser inclusive o desligador interno que eventualmente integra o DPS;
- no circuito ao qual está conectado o DPS, que corresponde geralmente ao próprio dispositivo de proteção contra sobrecorrentes do circuito.

133



134

Compatibilidade entre DPSs e dispositivos DR

- Quando os DPSs forem instalados, junto ao ponto de entrada da linha elétrica na edificação ou no quadro de distribuição principal, e a instalação for aí dotada de um ou mais dispositivos DR, os DPSs podem ser posicionados a montante ou a jusante do(s) dispositivo(s) DR, respeitadas as seguintes condições:
- – quando a instalação for TT e os DPSs forem posicionados a montante do(s) dispositivo(s) DR, os DPSs devem ser conectados conforme o esquema 3 (ver figura 13);
- – quando os DPSs forem posicionados a jusante do(s) dispositivo(s) DR, estes dispositivos DR, sejam eles instantâneos ou temporizados, devem possuir uma imunidade a correntes de surto de no mínimo 3 kA (8/20 ms).

135

Compatibilidade entre DPSs e dispositivos Dr

- Como critério geral, em especial quando o dispositivo Dr for usado como proteção adicional:
- Quando os DPSs forem instalados, junto ao ponto de entrada da linha elétrica na edificação ou no quadro de distribuição principal, e a instalação for aí dotada de um ou mais dispositivos Dr, os DPSs devem ser posicionados a montante do(s) dispositivo(s) Dr. Como critério geral, em especial quando o dispositivo Dr for usado como proteção adicional:

136

Compatibilidade entre DPSs e dispositivos Dr

- Quando, em especial no esquema TT, os DPSs forem posicionados a jusante do(s) dispositivo(s) Dr:
- Os dispositivos Dr, sejam eles instantâneos ou temporizados, devem possuir uma imunidade a correntes de surto de no mínimo 3 kA (8/20 ms).
- NOTA – Os dispositivos tipo S conforme a IEC [61008-2-1](#) e 61009-2-1 constituem um exemplo de dispositivo Dr que satisfaz tal requisito de imunidade.

137

Condutores de conexão

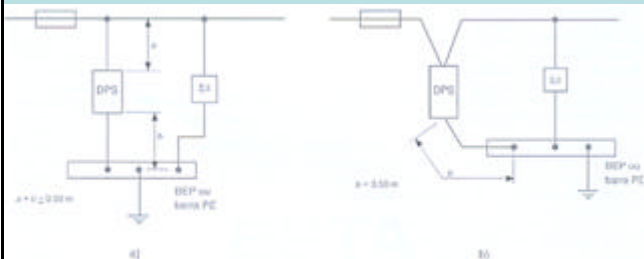
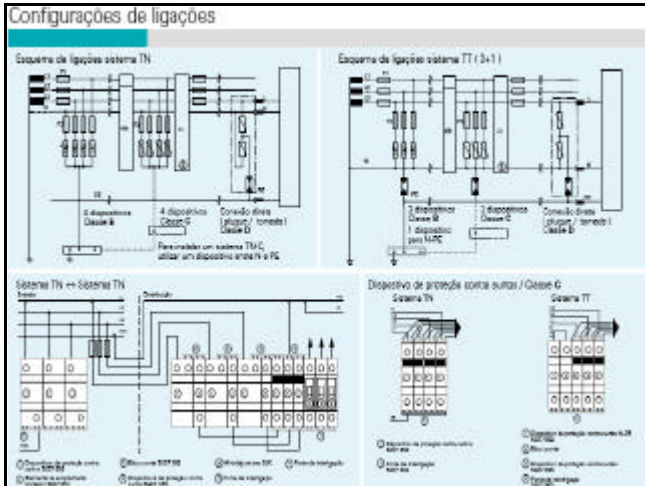


Figura 15 — Comprimento máximo total dos condutores de conexão do DPS]

Seção mínima para ligações DPS-PE 4 mm² e

Sobretensões devido à descargas atmosféricas – 16 mm²

138



Linhas de sinais

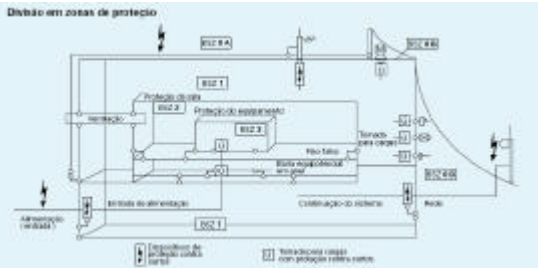
<p>DPS tipo curto-circuitante, simples ou combinado (limitador de sobretensão em paralelo).</p> <p>Tensão de disparo c.c. máxima 500 V e mínima 200 V p/ linha telefônica for balanceada aterrada, ou 300 V p/ a linha telefônica for flutuante.</p> <p>Tensão de disparo impulsiva máx: 1 kV.</p> <p>Corrente de descarga impulsiva mínima: 5 kA (blindagem da linha telefônica aterrada) ou 10 kA (blindagem não for aterrada).</p>	<p>Corrente de descarga ca mínima 10 A. Linha telefônica balanceada aterrada: incorporar protetor de sobrecorrente (corrente nominal entre 150 e 250 mA)</p> <p>Linha telefônica flutuante: pode incorporar ou não protetor.</p> <p>Blindagem ou capa metálica de uma linha de sinal conectada a eqüip. ou massa de um equipamento com interposição de DPS: tipo curto-circuitante, tensão disruptiva c.c. entre 200 V e 300 V, corrente de descarga impulsiva de no mínimo 10 kA e corrente de descarga c.a. de no mínimo 10 A (60 Hz/1 s).</p>
---	--

Localização dos DPS - Sinal

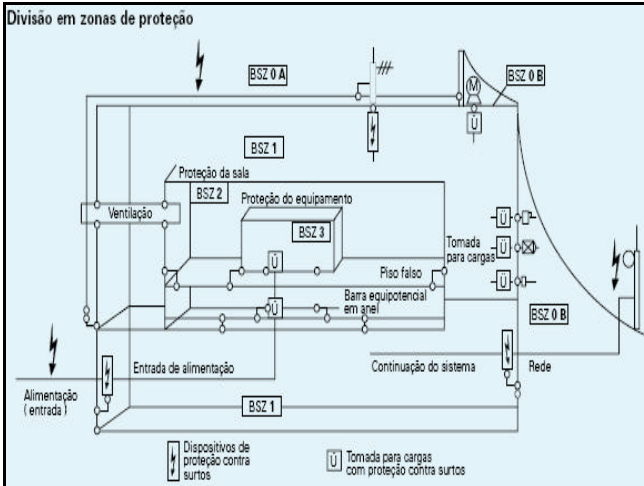
- A localização dos DPSs destinados à proteção requerida em 5.4.2.2.1 deve ser como segue:
- a) no caso de linha originária da rede pública de telefonia, o DPS deve ser localizado no distribuidor geral (DG) da edificação, situado junto ao BEP;
- b) no caso de linha externa originária de outra rede pública que não a de telefonia, o DPS deve ser localizado junto ao BEP; e
- c) no caso de linha que se dirija a outra edificação ou a construções anexas e, ainda, no caso de linha associada a antena externa ou a estruturas no topo da edificação, o DPS deve ser localizado junto ao BEL mais próximo (eventualmente, junto ao BEP quando o ponto de saída ou entrada de tal linha se situar, coincidentemente, próximo ao BEP).

Divisão em zonas de proteção contra surtos (BSZ)

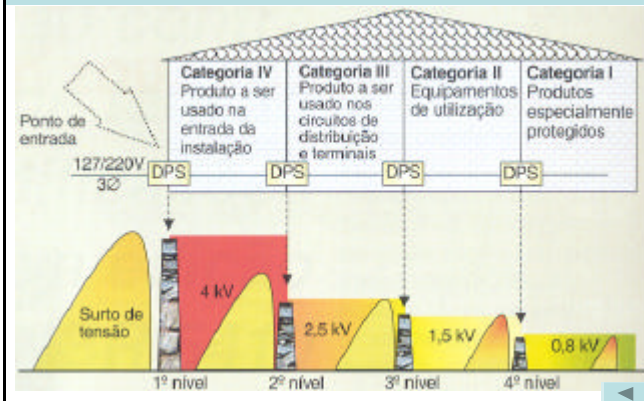
Zona 0 A – incidência direta da descarga atmosférica.
 Zona 0 B – não há incidência direta porém os efeitos ainda são bastante severos.
 Zona 1 – área imediatamente atrás do sistema de proteção, interior da edificação. Incidência de campo reduzida (típico 30 dB)
 Zona 2 – campo bastante reduzido, cargas protegidas de forma centralizada.
 Zona 3 – área de máxima proteção, efeitos EMI muito baixos.



142



Categoria dos DPS

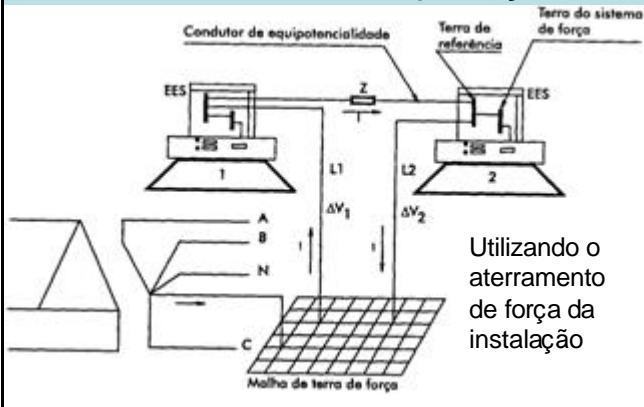


Divisão em zonas de proteção contra surtos (BSZ)

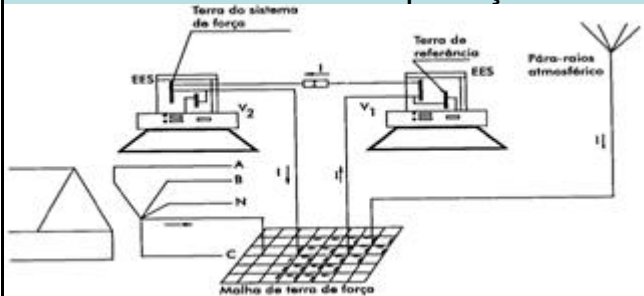
1. Transição da Zona 0 para Zona 1: DPS devem fazer que a corrente de descarga ($10\mu\text{s}/350\mu\text{s}$) seja "reduzida" a uma onda de menor intensidade ($8\mu\text{s}/20\mu\text{s}$). O dispositivo deve ter condições de eliminar com segurança a corrente resultante que surge no processo de descarga.
2. Transição da Zona 1 para Zona 2: efeitos dos campos eletromag. pequenos. Escoamento das correntes residuais e a redução do surto de tensão a um nível admissível na instalação. Ex. DPS: Varistor de Óxido Metálico – MOV, que apresenta atuação rápida e baixa tensão residual.
3. Transição da Zona 2 para Zona 3: direcionada para as características dos equipamentos finais. Varistores limitam as sobretensões entre os condutores fase e neutro, provenientes de manobras de circuitos e induções magnéticas. Dispositivos devem ser dimensionados de tal forma que as descargas atmosféricas das zonas de proteção subsequentes não sejam sobrecarregadas no caso de ocorrência de surtos.

145

Sistema de terra e proteção



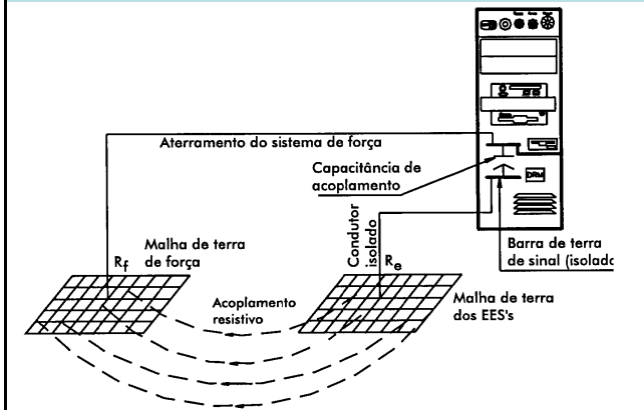
Sistema de terra e proteção



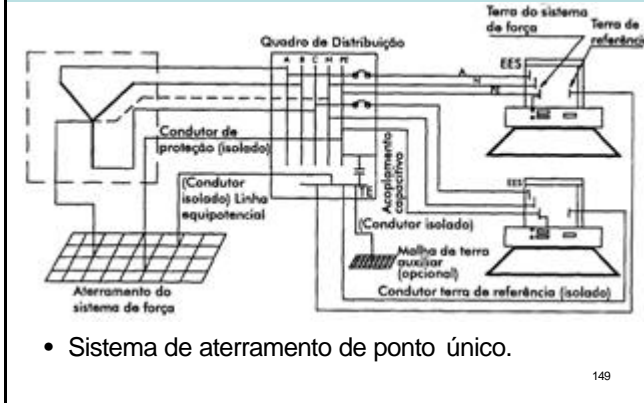
- Aterramento na malha de força, indicando as tensões que podem surgir em função da circulação da corrente.

147

Sistema de terra e proteção



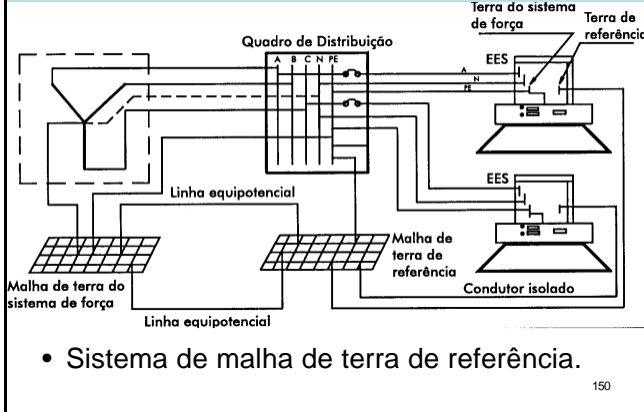
Sistema de terra e proteção



- Sistema de aterramento de ponto único.

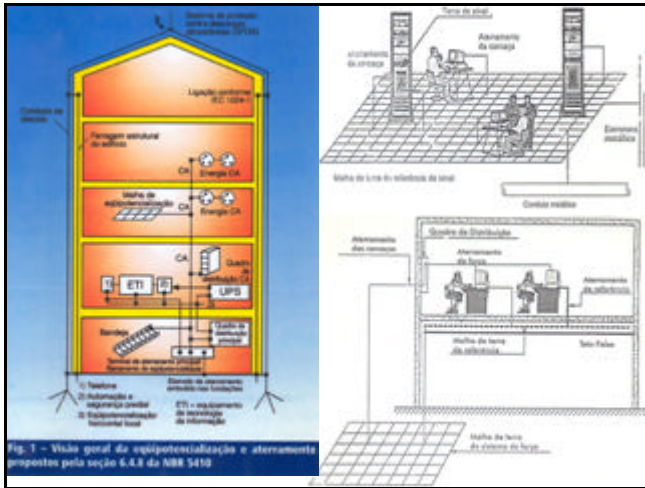
149

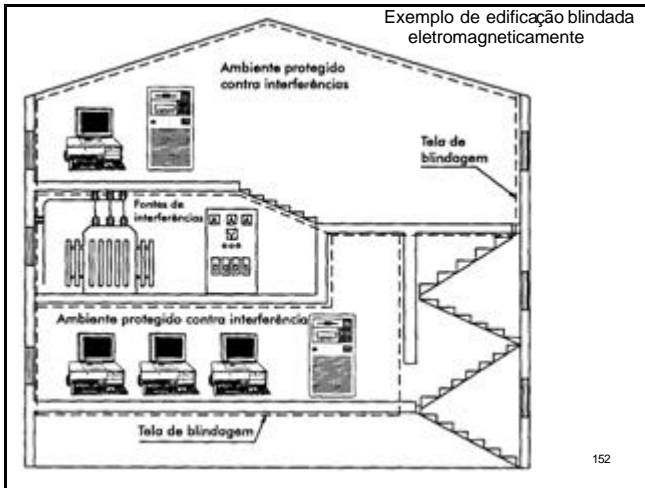
Sistema de terra e proteção

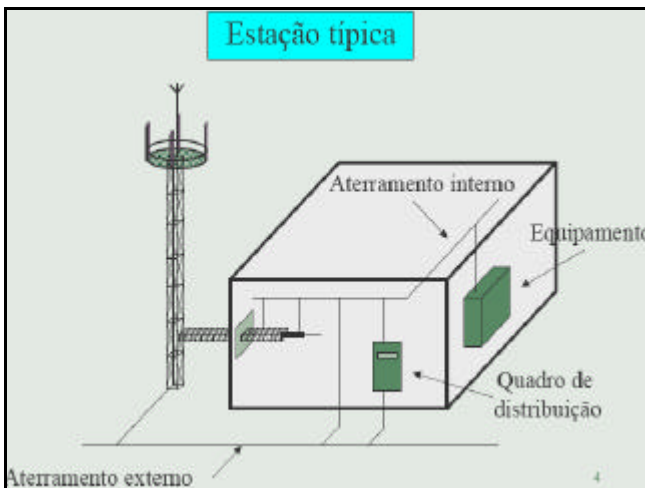


- Sistema de malha de terra de referência.

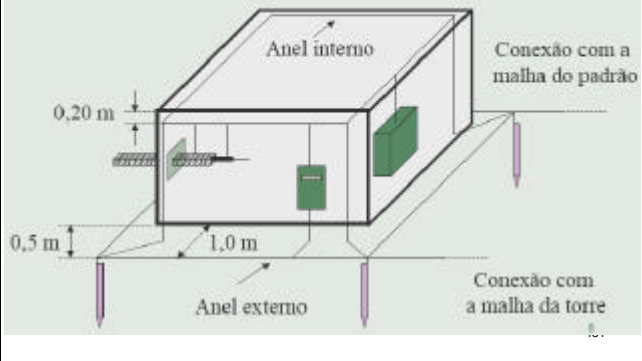
150



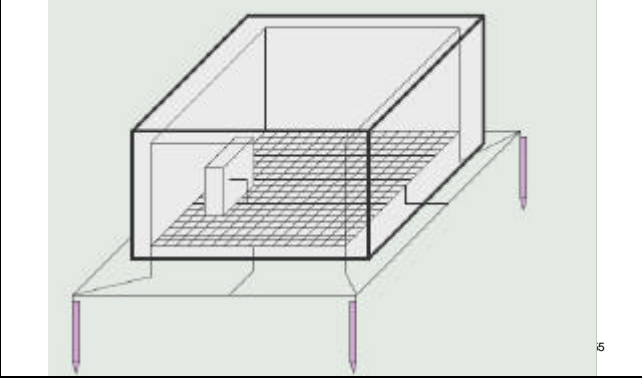




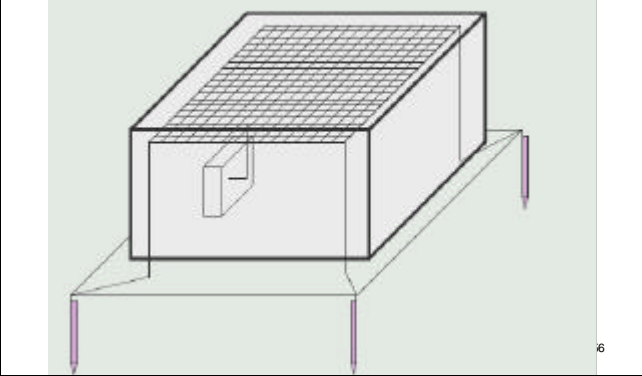
Gaiola de equalização



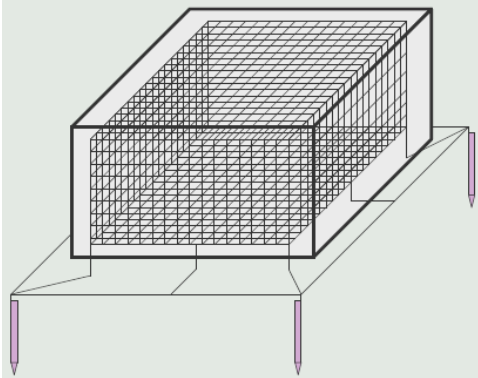
Malha de equalização instalada no piso



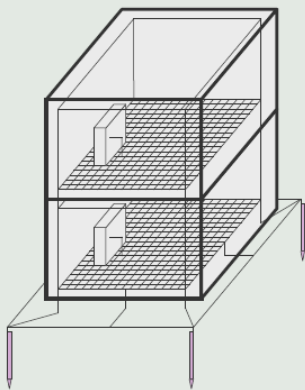
Malha de equalização instalada no teto



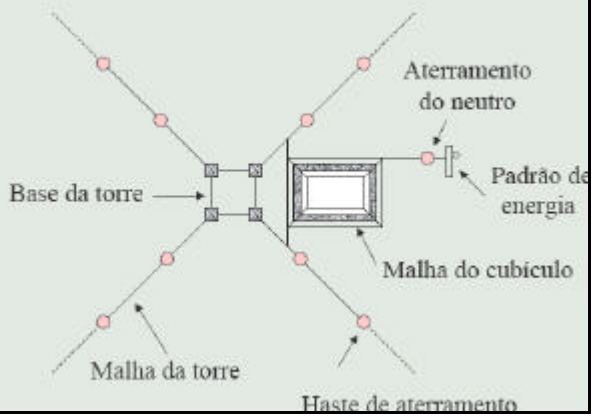
Blindagem total do cubículo



Edificação de vários pavimentos



Interligação da malha interna com a malha externa



Conhecimento do ambiente

- **ambiente classe 0.** Apresentam as seguintes particularidades:
- todos os equipamentos eletrônicos sensíveis protegidos devem ser instalados num mesmo ambiente;
- todos os cabos externos que penetram no interior do ambiente, ou que por ele atravessam, devem conter protetores contra surtos de tensão;
- os condutores de alimentação de força e de sinal eletrônico dos equipamentos devem observar um afastamento mínimo de 2m em relação aos cabos de alta corrente. Deve ser observada uma distância mínima de 1m, quando se tratar de condutores alimentando cargas indutivas sem proteção de surto de tensão;
- o aterramento dos equipamentos eletrônicos da sala deve ser feito com malha de equipotencialização;
- deve-se projetar um Quadro de Distribuição exclusivo para alimentação dos ETI's. A alimentação desse painel deve ser feita diretamente do Quadro Geral.

Conhecimento do ambiente

- **Ambiente classe 1.** Nesse ambiente permite-se a geração de ruídos por chaveamento de cargas indutivas, cujos circuitos são protegidos por supressores de surto. Podem-se mencionar como exemplo, salas dotadas de máquinas computadorizadas convivendo ao lado de um centro de controle de motores. São caracterizados pelos seguintes exigências:
- no interior do ambiente, ocorrem operações de chaveamento de cargas indutivas, que provocam transitórios nas linhas de alimentação, sendo a amplitude destes transitórios limitada por dispositivos supressores do tipo diodo ou varistor;
- os condutores de alimentação de força e de sinal eletrônico dos equipamentos devem observar um afastamento mínimo de 1m em relação aos cabos de alta corrente. Deve ser observada uma distância mínima de 0,5 m, quando se tratar de condutores alimentando cargas indutivas sem proteção de surto de tensão;
- o aterramento dos equipamentos eletrônicos sensíveis deve ser feito com malha de terra de equipotencialização;

161

Conhecimento do ambiente

- **Ambiente classe 2** São características desse ambientes os painéis de medição e controle de subestação de potência e seus circuitos correlatos. Apresentam as seguintes particularidades:
- Ambientes contendo circuitos manobrados por contactores, relés microinterruptores, termostatos e circuitos sem proteção de supressores de surto;
- O aterramento dos equipamentos eletrônicos sensíveis deve ser ligado à malha de terra da subestação, através de vários pontos, possibilitando a penetração de surtos atmosféricos ou de chaveamento;
- Os circuitos alimentadores dos equipamentos eletrônicos sensíveis são ligados através de transformadores separadores.

162

Conhecimento do ambiente

- **Ambiente classe 3.** Conservam as mesmas características da classe 2, porém com algumas diferenças a seguir definidas. São ambientes industriais convencionais:
- Os circuitos alimentadores dos ETI's e dos equipamentos elétricos compartilham a mesma rede de distribuição, excetuando os circuitos terminais;
- Os circuitos alimentadores dos ETI's e dos equipamentos elétricos estão afastados dos cabos de alta corrente no mínimo 30 cm.
- **Ambiente classe 4.** Esse tipo de ambiente é característico de interiores de conjunto de manobras de altas tensão em subestação de potência. Nesse caso, não existe afastamento entre os condutores de alimentação dos ETI's e os alimentadores de outras cargas. É típico nessas circunstâncias, o uso de cabos multipolares.
- **Ambiente classe 5.** São os ambientes mais comumente encontrados nas aplicações práticas, tais como pequenas instalações comerciais que possuem uma rede de microcomputadores ligada externamente ao sistema de telefonia pública. Nesse caso, as linhas de alimentação e telecomunicação atravessam áreas densamente povoadas, sendo que todos esses circuitos são dotados de proteção contra surtos de tensão antes de serem conectados aos ETI's. Porém, antes disso, esses circuitos estão sujeitos às mais diversas interferências, tais como descargas atmosféricas, curtos circuitos, etc..

163
