
Instalações Elétricas Prediais e Industriais I – TE344

Proteção contra sobretensões - DPS

UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DELT – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PROF. DR. CLEVERSON LUIZ DA SILVA PINTO

Introdução

A causa mais frequente da queima de equipamentos eletrônicos, (televisões, computadores e eletrodomésticos, por exemplo), são as sobretensões transitórias causadas por descargas atmosféricas (raios) ou manobras de circuito.

O Brasil é o país com a maior incidência de raios em todo o mundo. Por ano, cerca de 60 milhões de raios atingem o território brasileiro.

Segundo dados do Grupo de Eletricidade Atmosférica, cada descarga atmosférica representa um prejuízo de R\$ 10 para o setor de energia. Ao todo, os raios causam um prejuízo de US\$ 1 bilhão anual à economia do Brasil, sendo o setor elétrico o que acumula mais perdas, com cerca de R\$ 600 milhões por ano.

Contudo, os avanços da tecnologia já permitem a implementação de uma proteção eficaz contra esses efeitos. Instalados nos quadros de distribuição, os Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS), são capazes de evitar danos aos equipamentos, descarregando para o terra os pulsos de alta tensão causados pelos raios.

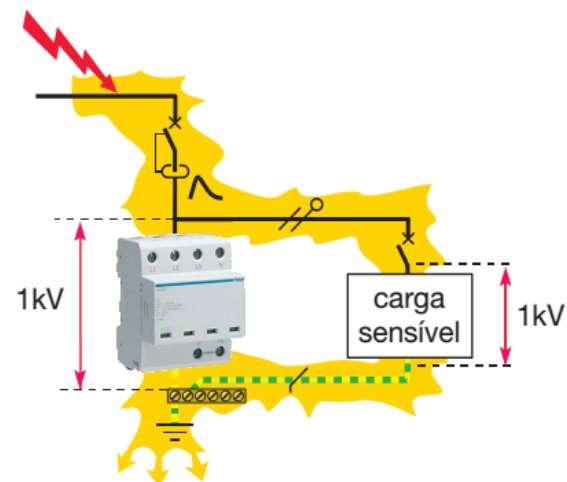
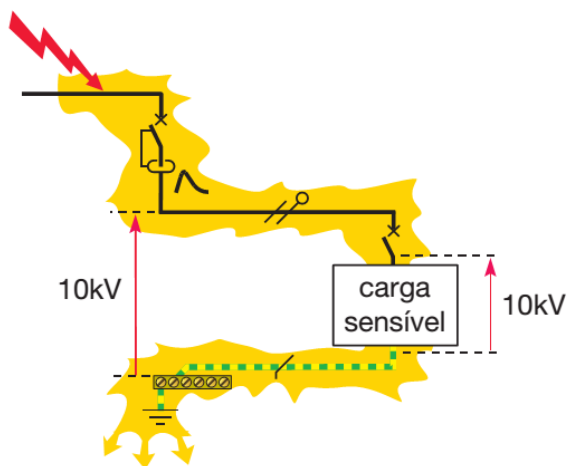
DPS

Tomadas as medidas para proteção contra descargas atmosféricas diretas e feita a equipotencialização da instalação, deve-se realizar a proteção contra sobretensão, visando garantir a proteção de pessoas e equipamentos.

A proteção não deverá ser realizada somente nas linhas elétricas, mas também nas linhas de sinal (TV, rádio, telefonia).

A NBR 5410, item 6.3.5 estabelece as prescrições para uso e localização do DPS (Dispositivo de proteção contra surto).

DPS



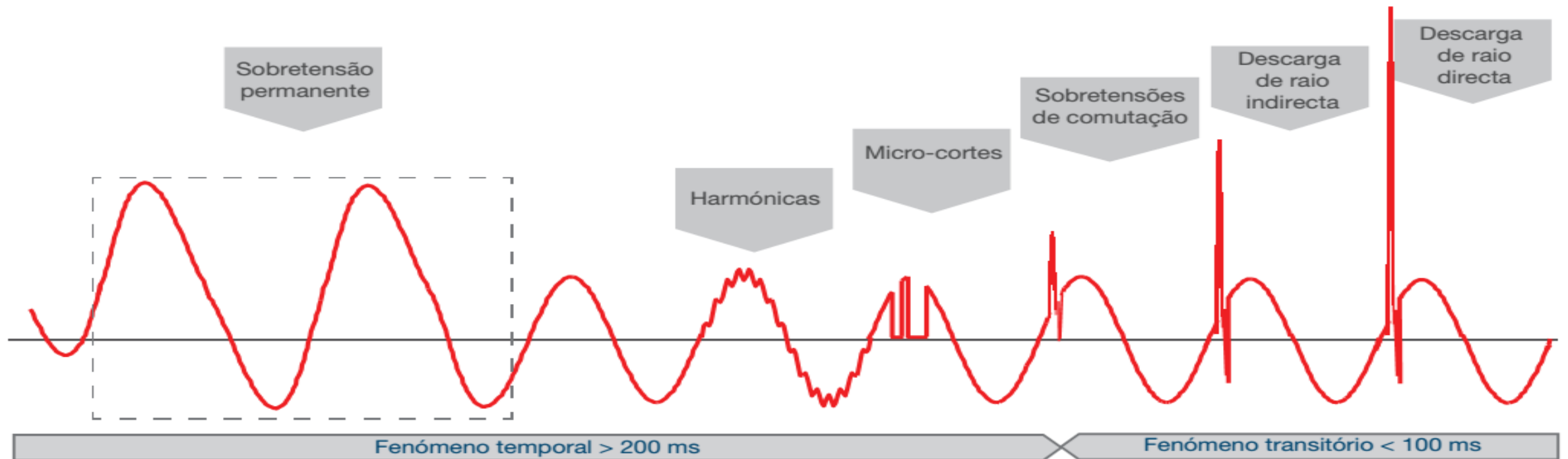
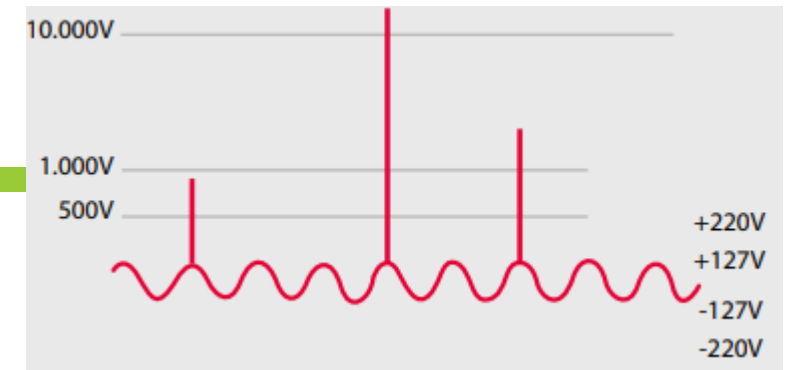
Classe I: dispositivos com capacidade para drenagem de correntes parciais de um raio, para áreas urbanas periféricas e rurais, que ficam expostas a descargas atmosféricas diretas;

Classe II: dispositivos que drenam correntes induzidas, em edificações, com efeitos indiretos de descarga atmosférica;

Classe III: dispositivos instalados próximos a equipamentos ligados à rede elétrica, de dados ou telefônica, para proteção fina.



Sobretensões



Sobretensões

Dispositivos de proteção

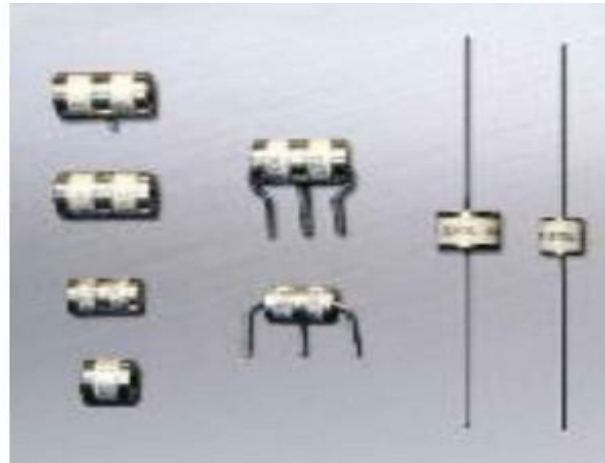
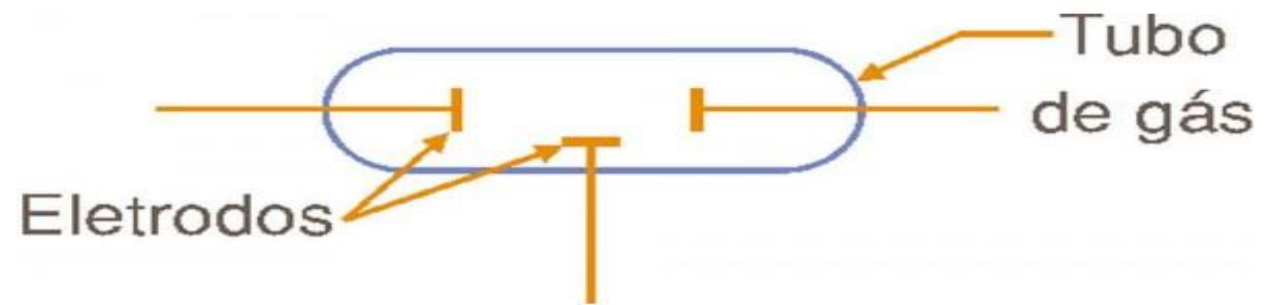
- Spark gap



Sobretensões

Dispositivos de proteção

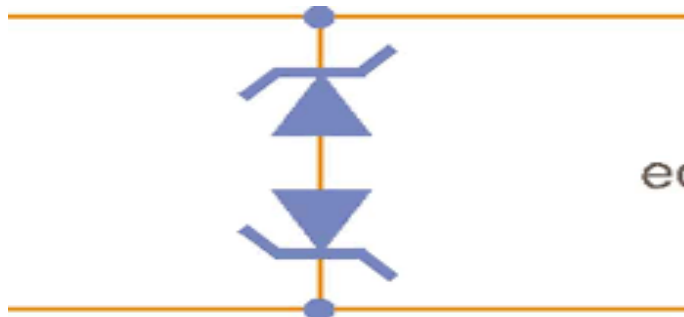
- Spark gap + gás



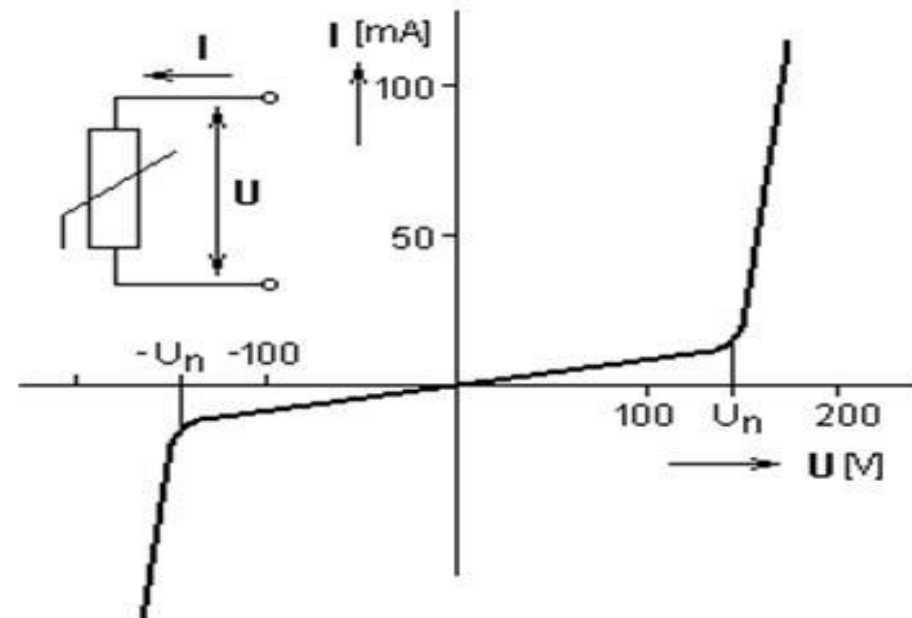
Sobretensões

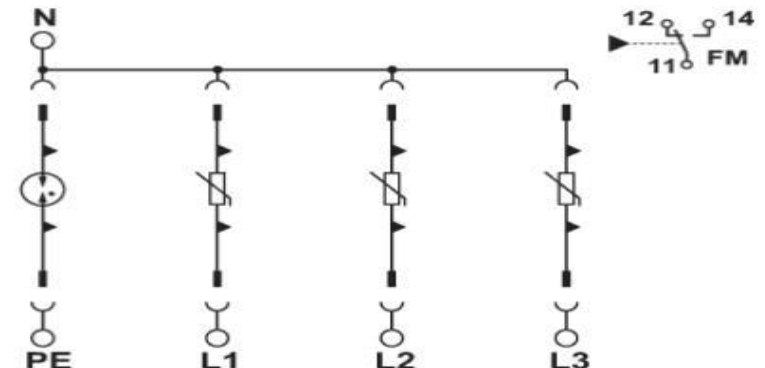
Dispositivos de proteção

- Multi-MOV (múltiplos varístores)



Circuito
equivalente
varistor



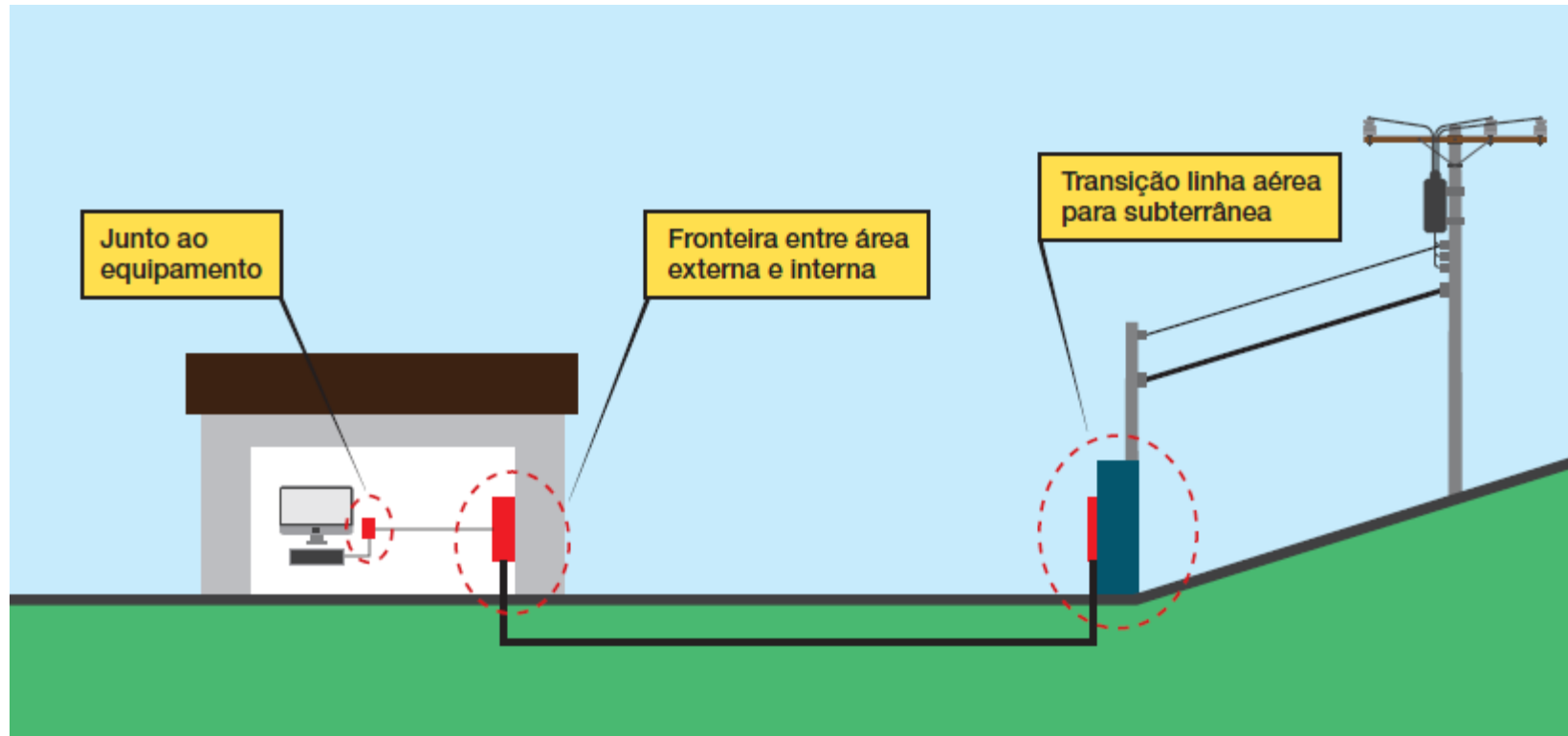


DPS

De qualquer forma, pelo menos um conjunto de DPS deve ser instalado conforme o que segue:

- 1) Para proteção contra sobretensões oriundas da rede externa de alimentação, de origem atmosférica ou de manobra, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação no quadro de distribuição geral.
- 2) Para proteção contra sobretensões causadas por descargas diretas na edificação, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação.

DPS

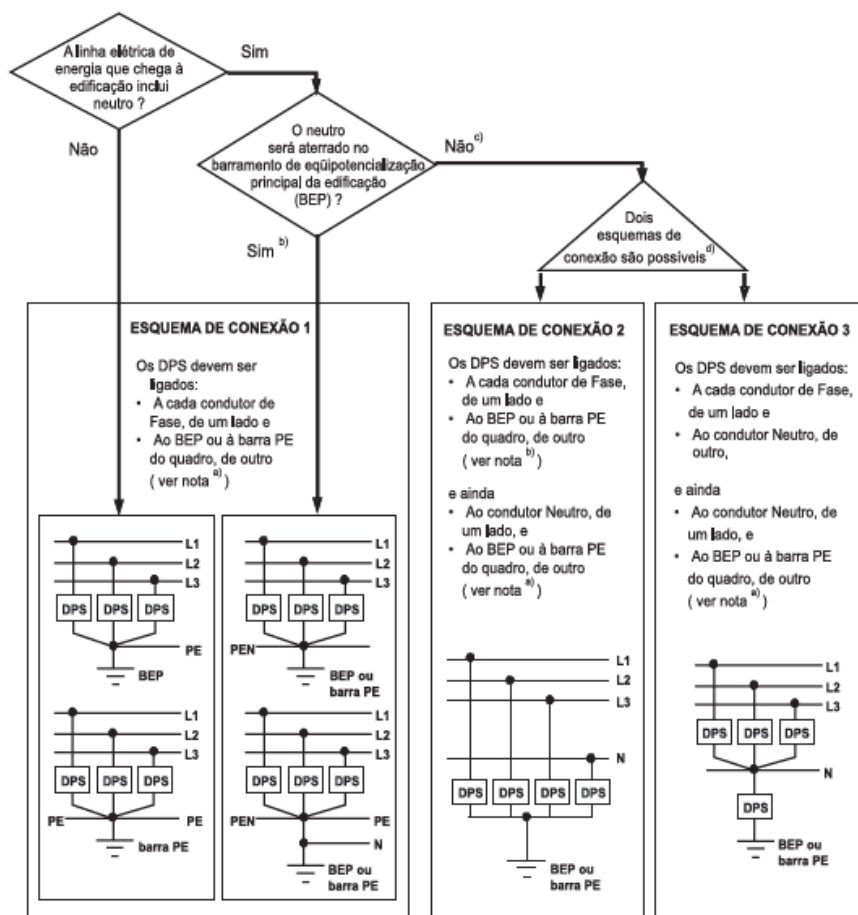


Instalação de DPS nas fronteiras entre áreas de exposição e junto a equipamento sensível.

DPS

NBR 5410: 2004 - Figura 13

Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da alimentação de energia ou no quadro de distribuição da 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 (aliás, como requer a regra geral de 5.4.3.6). O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser aterrado 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.

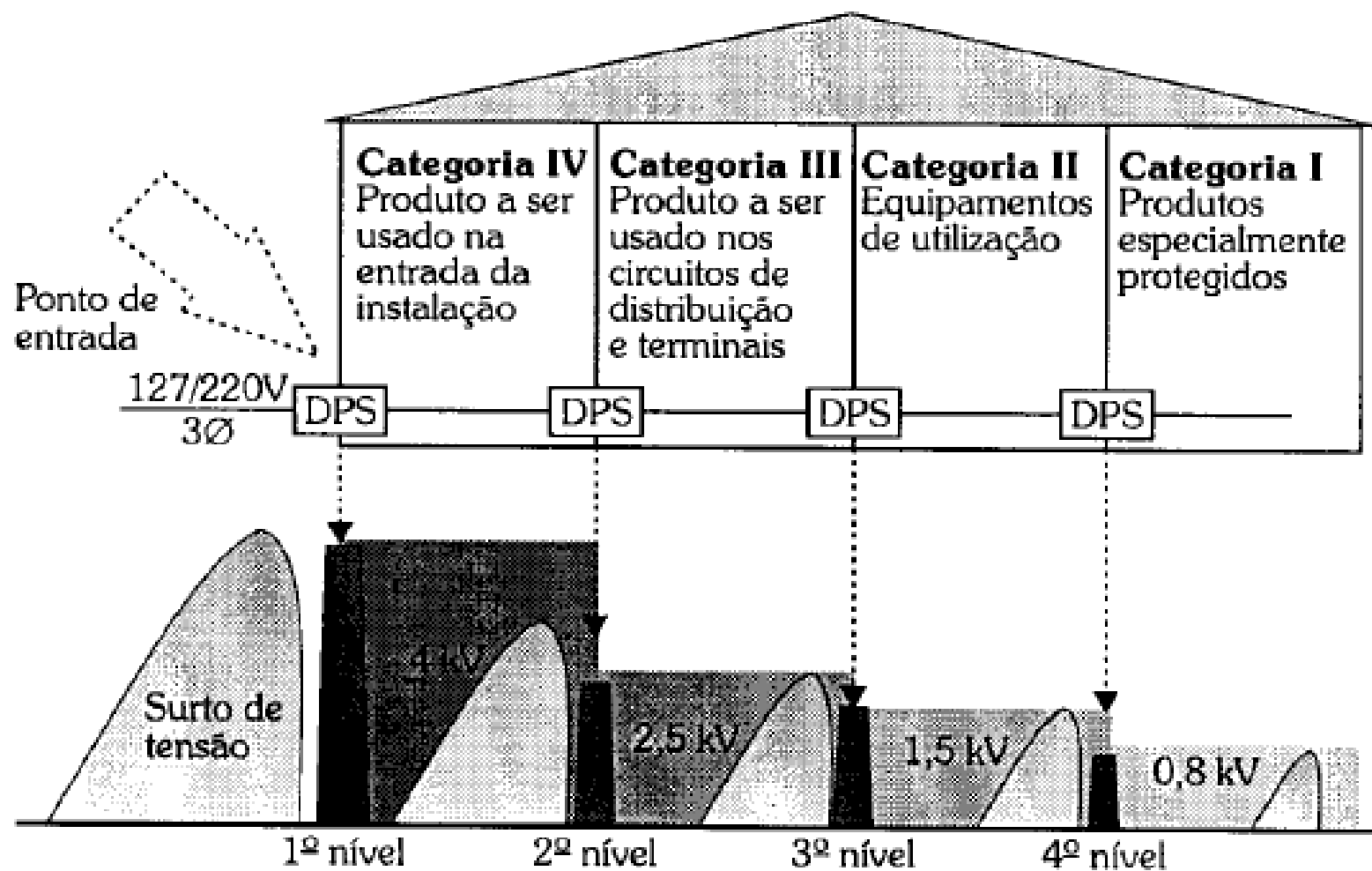
d) Há situações em que um dos dois esquemas se torna obrigatório, como a do caso relacionado na alínea b) de 6.3.5.2.6

DPS

- 1) Nível de proteção
- 2) Máxima tensão de operação contínua
- 3) Suportabilidade a sobretensões temporárias
- 4) Corrente nominal de descarga ou corrente de impulso
- 5) Suportabilidade a corrente de curto-circuito

Os componentes da instalação devem ser selecionados de modo que o valor nominal de sua tensão de impulso suportável não seja inferior ao indicados na tabela a seguir

DPS



Seleção e dimensionamento do DPS

1) Nível de proteção de tensão (U_p):

Indica a capacidade do DPS em limitar sobretensões e está associada diretamente a tensão máxima (valor instantâneo) de limitação medida entre os terminais do DPS na ocorrência de falha. Podemos dizer então que U_p é a tensão que o DPS deixa passar a instalação.

A tabela abaixo (Tabela 31 – NBR 5410) classifica os produtos elétricos e eletrônicos de acordo com sua suportabilidade.

A NBR 5410 exige ainda que o nível de proteção com o DPS deve ser compatível com a categoria II da tabela abaixo.

Para as tensões de 127/220V deve ser igual ou menor a 1,5 kV.

Para tensões de 220/380V deve ser não superior a 2,5 kV.

Seleção e dimensionamento do DPS

Tabela 31— Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação

Tensão nominal da instalação V		Tensão de impulso suportável requerida kV			
		Categoria de produto			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	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
		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-seccionadores são dados na tabela 50. 3 Para componentes associados a linhas de sinal utilizados na entrada da instalação (categoria IV de suportabilidade), a tensão de impulso suportável mínima é de 1 500 V (ver IEC 61663-2).					

Seleção e dimensionamento do DPS

2) Máxima tensão de operação contínua (U_c):

Deverá ser igual ou superior ao valor especificado na tabela abaixo.

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			$1,1 U_o$		$1,1 U_o$	$1,1 U_o$	
X		X		$1,1 U_o$		$1,1 U_o$	$\sqrt{3} U_o$	U
X			X		$1,1 U_o$			
	X	X		U_o		U_o	U_o	

NOTAS

- 1 Ausência de indicação significa que a conexão considerada não se aplica ao esquema de aterramento.
- 2 U_o 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.

c) sobretensões temporárias — O DPS deve atender aos ensaios pertinentes especificados na IEC 61643-1.

NOTA A IEC 61643-1 prevê que o DPS suporte as sobretensões temporárias decorrentes de faltas na instalação BT e que os DPS conectáveis ao PE, e quando assim conectados, não ofereçam nenhum risco à segurança em caso de destruição provocada por sobretensões temporárias devidas a faltas na média tensão e por perda do neutro.

Seleção e dimensionamento do DPS

3) Suportabilidade a sobretensões temporárias

Podem ocorrer no sistema, devido a falhas na rede elétrica.

TABELA 7.2 (ADAPTADA DE [4]) Sobretensões temporárias esperadas em DPS instalados em rede de baixa-tensão (BT)				
Configuração		Falha na rede BT do consumidor (duração: 5s)	Falha na rede BT da concessionária ou perda de neutro (duração: 120min.)	Faltas na rede de média/alta tensão (duração: 0,2s)
TN	L-PEN L-N	$1,45 U_0$	$1,1 U$	-
TT	L-PE	$1,1 U$	$1,45 U_0$	$1200 + 1,1 U_0$
	L-N	$1,45 U_0$	$1,1 U$	-
	N-PE	-	-	1200
IT	L-PE	-	-	$1200 + 1,1 U_0$
	L-N	$1,45 U_0$	$1,1 U$	-
	N-PE	-	-	$1200 + 1,1 U_0$

Visando mitigar os problemas relacionados com as sobretensões temporárias, é recomendável que os DPS apresentem tensão de operação contínua (*UC*) igual ou superior à tensão fase-fase da rede elétrica, mesmo se instalados entre fase e terra

Seleção e dimensionamento do DPS

4) Corrente nominal de descarga (I_n) e corrente de impulso (I_{imp})

Corrente nominal de descarga I_n : Valor de um impulso de corrente com forma de onda 8/20 μs , que simula os efeitos de descargas indiretas. Portanto, I_n é utilizada para ensaio e classificação do DPS classe II ou da função classe II de um DPS Classe I e II (combinado). É válido também para estimarmos a vida útil do DPS, pois o mesmo deve suportar no mínimo 15 surtos no valor da I_n indicada no produto. Uma I_n mais elevada proporciona não só maior margem de segurança, como uma vida útil mais longa.

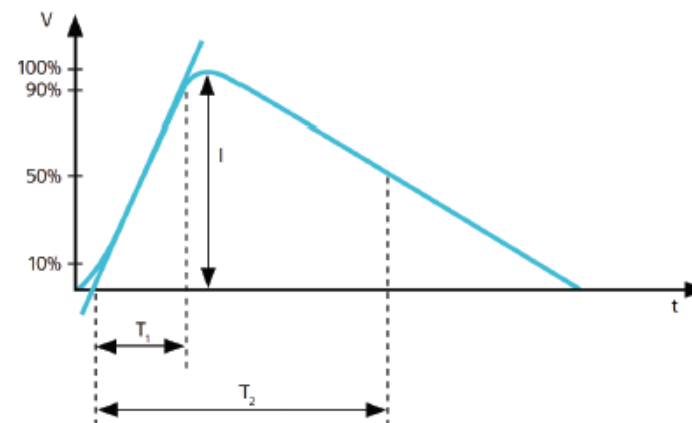
Corrente máxima I_{max} : Valor Máximo de um impulso de corrente com forma de onda 8/20 μs que o dispositivo pode funcionar com segurança. Geralmente um surto de corrente no valor de I_{max} resultará no funcionamento uma única vez do produto.

Seleção e dimensionamento do DPS

Corrente de Impulso limp: Corresponde ao impulso de corrente utilizada para ensaio . A classificação do DPS Classe I e sua forma de onda, na prática, é a 10/350 μs . Logo, o objetivo é a proteção contra os efeitos das descargas diretas.

Formas de onda de impulso: São pulsos criados em laboratório que simulam correntes de raio. Os pulsos padrões são:

- (10/350 μs) – simulam cargas diretas
- (8/20 μs) – simulam as descargas indiretas



Onde:

T_1 = tempo de frente de onda

T_2 = tempo onde o valor da calda atinge metade do valor de pico

I = corrente máxima de pico

Ou seja, os pulsos podem ser lidos ($T_1/T_2 \mu\text{s}$)

Seleção e dimensionamento do DPS

Corrente nominal de descarga (I_n) ou corrente de impulso (I_{imp})

Deverá obedecer o seguinte, em função de e situações possíveis:

Situação 1) DPS para proteção contra sobretensões oriundas da linha externa de alimentação ou de manobra

Esquema de conexão	Rede	I_n
1, 2 e 3	Mono ou trifásica	$I_n \geq 5 \text{ kA}$
3 para o protetor ligado entre N e PE	Monofásica	$I_n \geq 10 \text{ kA}$
	Trifásica	$I_n \geq 20 \text{ kA}$

Seleção e dimensionamento do DPS

Situação 2) DPS para proteção contra sobretensão causada por uma descarga atmosférica direta na edificação ou em suas proximidades.

Esquema de conexão	Rede	In
1, 2 e 3	Mono ou trifásica	$I_n \geq 12,5 \text{ kA}$
3 para o protetor ligado entre N e PE	Monofásica	$I_n \geq 25 \text{ kA}$
	Trifásica	$I_n \geq 50 \text{ kA}$

Situação 3) DPS utilizado para proteção nas duas situações anteriores. Aqui devem ser determinados I_n e I_{imp} de forma independente.

Seleção e dimensionamento do DPS

5) Suportabilidade à corrente de curto circuito

Considerando a possibilidade de falha no DPS a suportabilidade à corrente de curto-circuito presumida para o ponto de instalação.

6) Coordenação entre diversos DPS em cascata

O uso do DPS em cascata faz com que o surto de tensão atenuie gradativamente, reduzindo a solicitação total a que a linha esta sujeita. Dessa maneira, para garantir uma proteção completa aconselha-se utilizar um DPS Classe I na entrada da instalação, um DPS Classe II no quadro de distribuição, próximo aos equipamentos a serem protegidos e por fim um DPS Classe III próximo ao equipamento sensível.

Comprimento e seção dos condutores do DPS

O comprimento dos condutores destinados a conectar o DPS à instalação, deve ser o mais curto possível, sem curvas ou laços. Esse comprimento não deve exceder 0,5 m. Caso a distancia $a+b$ da ligação em paralelo não puder ser inferior a 0,5m, pode-se adotar o esquema da ligação em série.

Em termos de seção nominal, o condutor de ligação entre o DPS e PE deve possuir:

- No mínimo 4 mm² em cobre ou equivalente para DPS Classe II;
- No mínimo 16 mm² em cobre ou equivalente para DPS Classe I ou DPS Classe I+II.

Quando usar o DPS

Um primeiro critério para avaliação da instalação do DPS é o nível ceráunico (T_d) da região ou área. O nível ceráunico corresponde ao numero de dias de trovoadas registrado num ano, numa determinada área.

Este parâmetro é contemplado nas condições de influencias externas catalogadas na NBR 5410 – mais exatamente nas condições de influencias externas batizadas AQ (Descargas Atmosféricas).

São três as definições de influencias externas AQ.

AQ1: corresponde a um nível ceráunico de, no máximo, 25 dias de trovoadas por ano;

AQ2: corresponde a um nível ceráunico superior a 25 dias de trovoadas por ano e considera-se que as edificações nessa situação estão sujeitas aos efeitos indiretos dos raios, pelo menos;

AQ3: edificação exposta aos efeitos diretos dos raios. Na pratica, toda estrutura em que os estudos apontam a necessidade ou conveniência do uso de para-raios de SPDA (Sistema de proteção contra descargas atmosféricas) é um local AQ3.

Quando usar o DPS

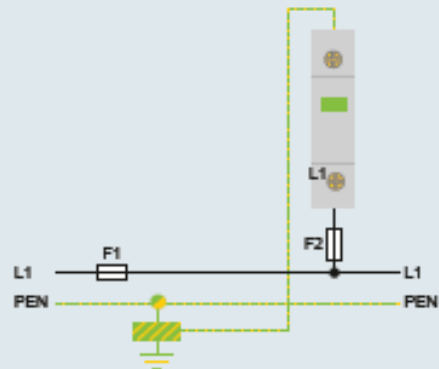
Característica da edificação e da sua alimentação elétrica	Nível cerâmico (T_d) do local	
	$T_d \leq 25$ condição AQ1	$T_d > 25$ condição AQ2
Edificação dotada de SPDA (pára-raios predial) Condição AQ3	Obrigatório	
Alimentação BT por linha total ou parcialmente aérea Condição AQ2	Não obrigatório	Obrigatório
Alimentação BT por linha totalmente subterrânea Condição AQ1	Não obrigatório	Não obrigatório

NOTA 1 – A NBR 5410 prevê que a proteção possa ser omitida se o responsável pela instalação demonstrar de forma cabal, usando método de análises de risco, que essa proteção não se faz necessária e, além disso, apenas quando risco envolver senão consequências materiais. Em nenhuma hipótese a proteção pode ser dispensada se a segurança ou saúde das pessoas estiver em jogo, como no caso de instalações comportando sistemas de segurança contra incêndio, alarmes técnicos, etc.

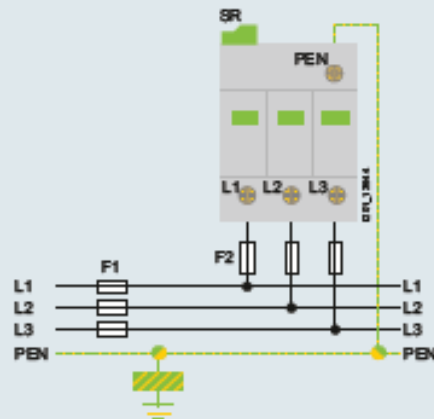
NOTA 2 – No caso em que a adoção do DPS não é expressamente exigida, sua utilização pode ser necessária para a proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos cujo custo e/ou indisponibilidade sejam críticos.

Algumas configurações

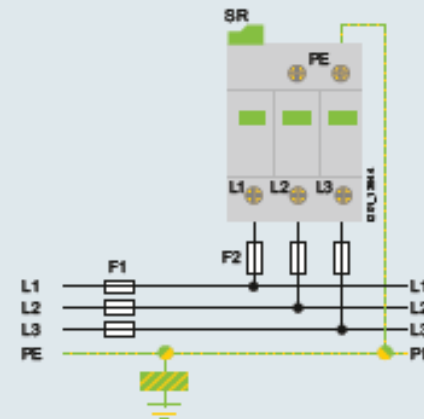
DPS Classe II



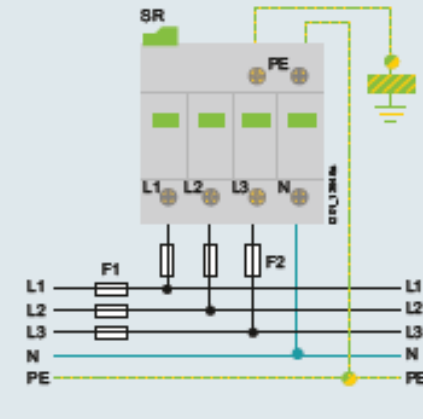
5SD7 461-0/1 – Sistema TN/TT



5SD7 463-0/1 – Sistema TN-C



5SD7 463-0/1 – Sistema IT



5SD7 464-0/1 – Sistema TN-S

DPS Classe I

DPS Classe I + II

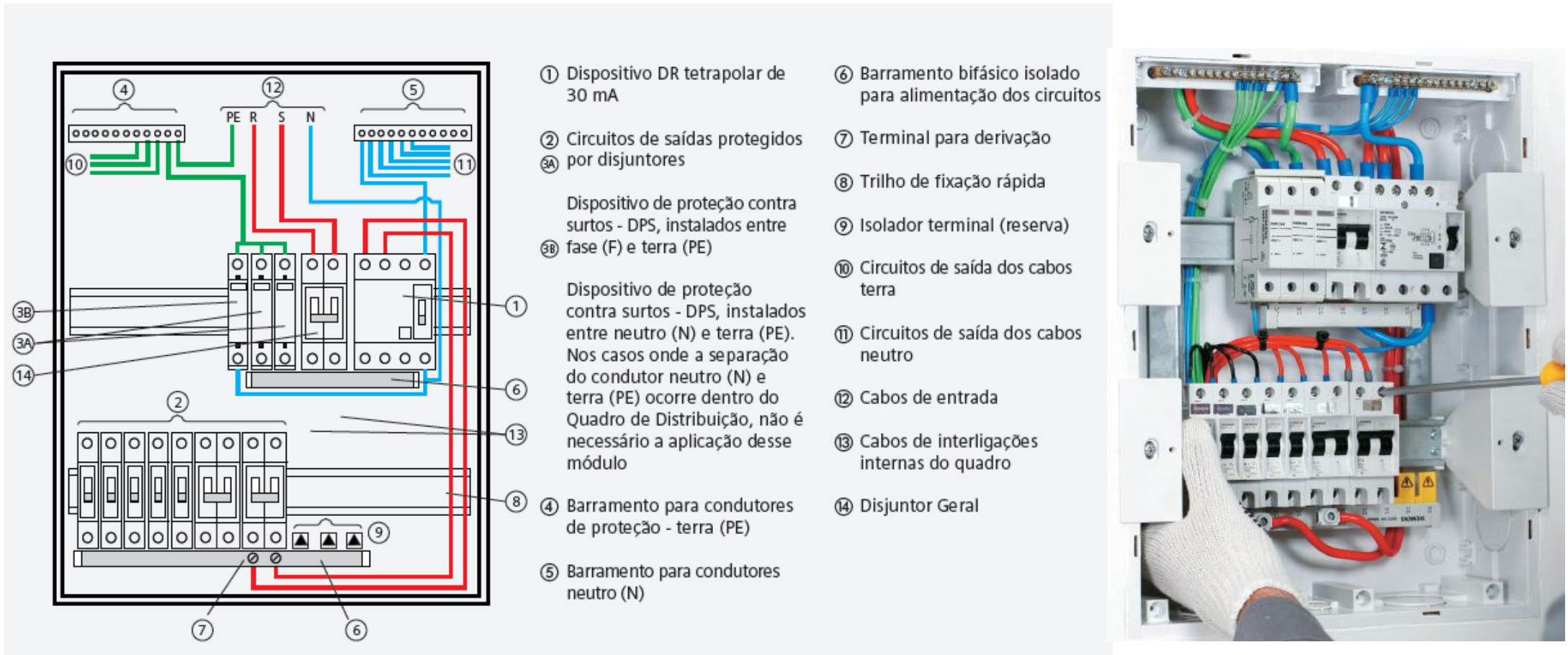
DPS Classe III

Classe I: dispositivos com capacidade para drenagem de correntes parciais de um raio, para áreas urbanas periféricas e rurais, que ficam expostas a descargas atmosféricas diretas;

Classe II: dispositivos que drenam correntes induzidas, em edificações, com efeitos indiretos de descarga atmosférica;

Classe III: dispositivos instalados próximos a equipamentos ligados à rede elétrica, de dados ou telefônica, para proteção fina.

Quadro de Distribuição – exemplo de montagem



Bibliografia

Siemens – Dispositivos de proteção contra surtos – DPS 5SD7

www.siemens.com.br/protecao

Clamper – Proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra surtos elétricos em instalações

www.clamper.com.br

DPS

Tabela 50 — Tensão de impulso suportável em função da tensão nominal

Tensão nominal da instalação		Tensão de impulso suportável para seccionadores e seccionadores-interruptores	
Sistemas trifásicos V	Sistemas monofásicos com neutro V	Categoria de sobretensões III kV	Categoria de sobretensões IV kV
—	120 – 240	3	5
220/380, 230/400, 277/480	—	5	8
400/690, 577/1000	—	8	10

NOTAS

- 1 No que se refere a sobretensões atmosféricas, não é feita distinção entre sistemas aterrados e não aterrados.
- 2 As tensões de impulso suportável se referem a uma altitude de 2 000 m.
- 3 As categorias de sobretensões, também referidas na tabela 31, são explicadas no anexo E. Os valores de suportabilidade indicados na tabela 31 são valores mínimos e de carácter geral, enquanto os desta tabela referem-se especificamente a seccionadores e interruptores-seccionadores.

DPS

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 (aliás, como requer a regra geral de 5.4.3.6). O neutro de entrada, necessariamente PEN, deve ser aterrado 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