

# Centro de Formação

Make the most of your energy



**Schneider**  
 Electric

# Protecção de pessoas

## Esquemas de ligação à terra



# Esquemas de ligação à terra

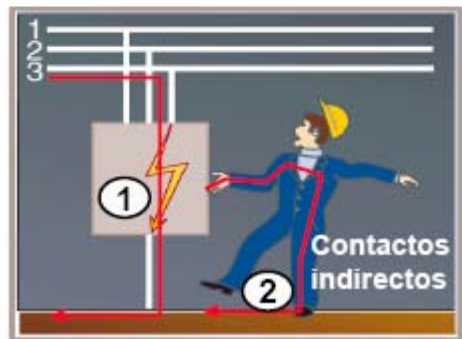
- Todos os esquemas de ligação á terra (ELT) são equivalentes para a protecção de pessoas e bens.
- Em contrapartida as suas características conferem vantagens e inconvenientes a cada um, que os permite adaptar às necessidades da instalação.

# Esquemas de ligação à terra

- Actualmente os 3 ELT, também durante muito tempo chamados regimes de neutro são definidos nas RTIEBT-Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.
- Os 3 esquemas têm a mesma finalidade do ponto de vista da Protecção de Pessoas e Bens:  
“Dominar” os defeitos de isolamento, neste plano podemos considerá-los equivalentes

# Os perigos da corrente eléctrica

- Definição dos riscos



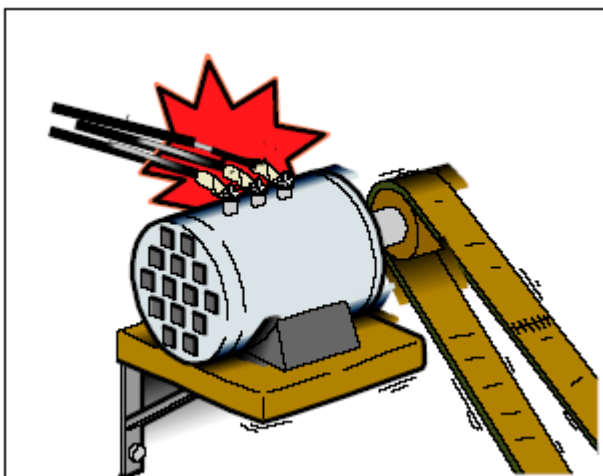
O fluxo de corrente nas instalações eléctricas comporta sempre riscos.

Aparelhos mal isolados, defeitos de cablagem ou utilização incorrecta de um equipamento podem provocar perigos importantes ao nível dos equipamentos (incêndios) e das pessoas (electrocussão).

**Electrização:** Aplicação de uma tensão entre duas partes do corpo.

**Electrocussão:** Electrização que provoca a morte.

# Riscos numa instalação eléctrica



Numa instalação eléctrica podem surgir vários tipos de defeitos:

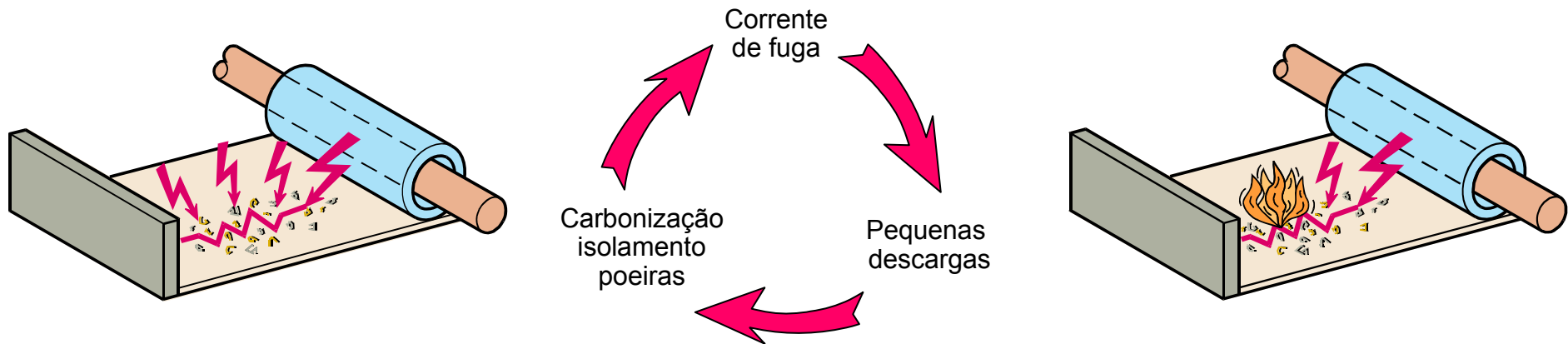
1. Curto-circuitos
2. Sobrecargas
3. Correntes de fuga
4. Defeitos de isolamento

Consequências:

1. Incêndios
2. Destruição de receptores
3. Electrocussão

# Principal causa

- O envelhecimento da instalação traduz-se por
  - Degradação dos isolamentos
  - risco de "mini" correntes de fuga
- Evolução em meio húmido



O risco de incêndio é real  
desde que as correntes tenham valores próximos dos 300 mA

# Efeitos da corrente ao passar pelo corpo humano

Norma CEI 60479-1 e CEI 479-2



Os **perigos** que as pessoas correm quando que são atravessadas pela **corrente eléctrica** **dependem** essencialmente da sua **intensidade** e do **tempo de passagem**.

Esta corrente depende da **tensão de contacto** que se aplica sobre esta pessoa, assim como da **impedância** encontrada pela corrente ao longo do seu caminho no corpo humano.

Esta relação não é linear, porque a impedância depende do trajeto, da frequência da corrente e da tensão de contacto aplicada assim como do estado de humidade da pele.

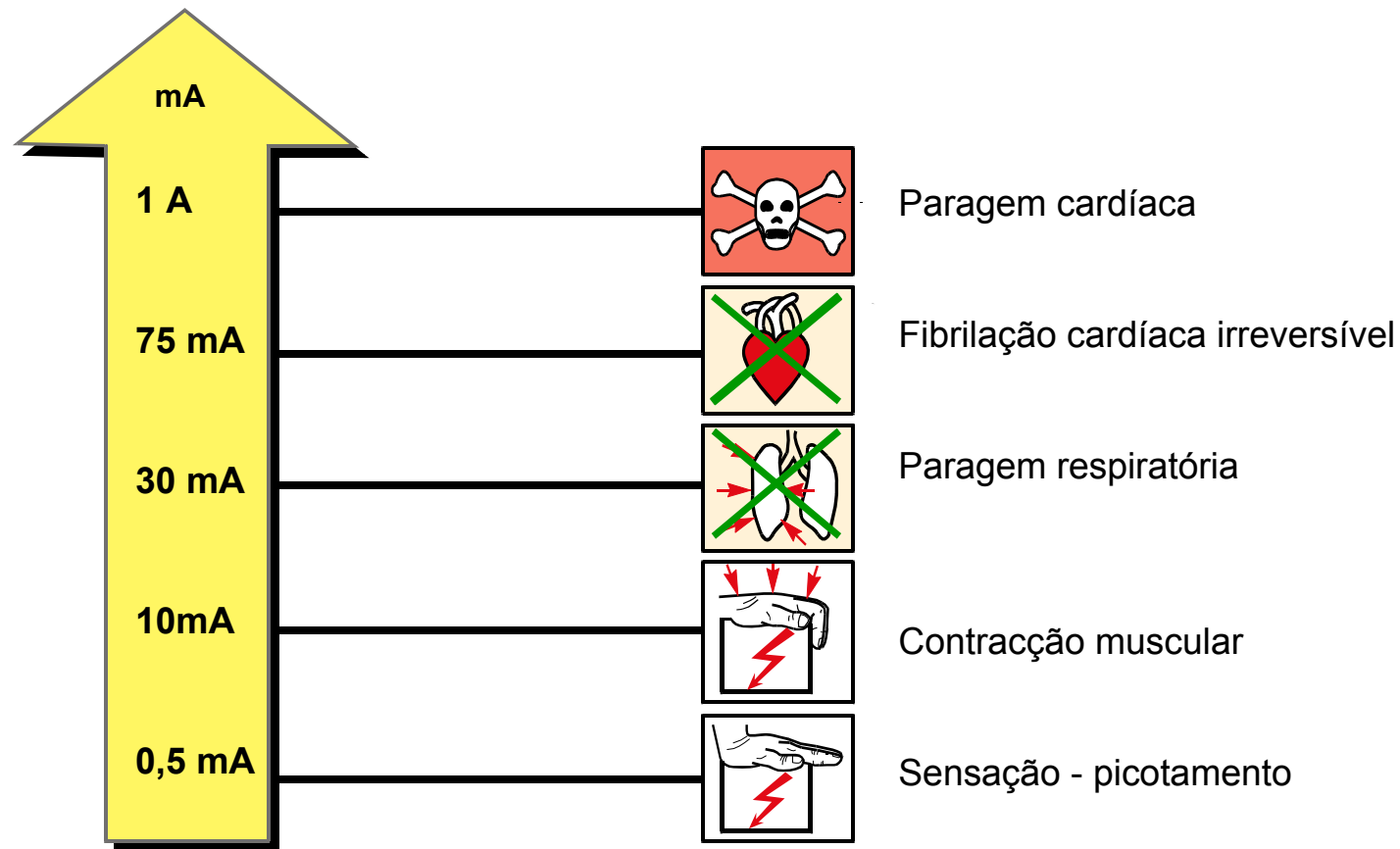
*Proteger o homem dos efeitos perigosos da corrente eléctrica é prioritária, o risco de electrização é sempre o primeiro a tomar em consideração.*



# Efeitos da corrente alternada entre os 15 e 100Hz

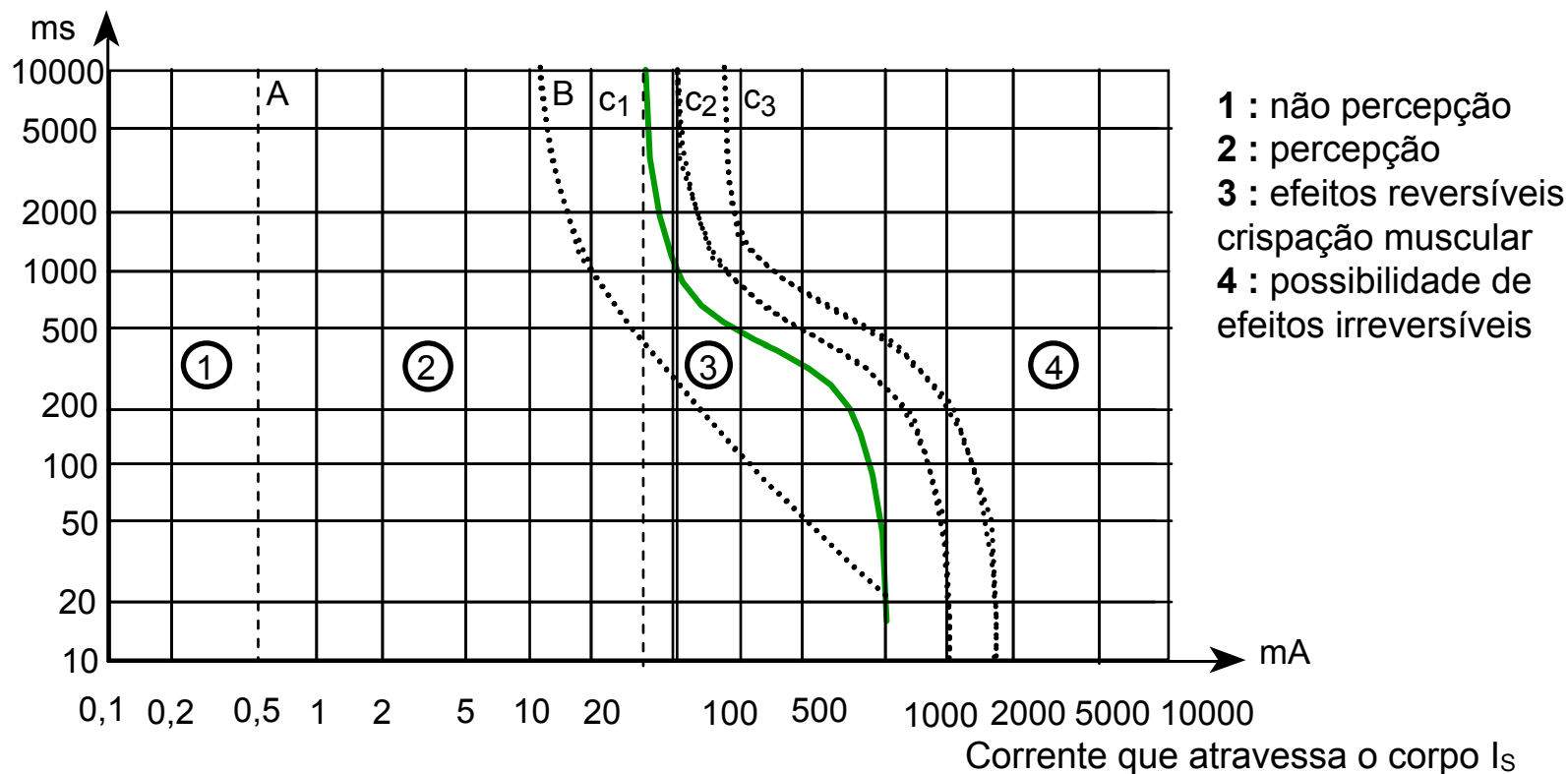
IEC 60479-1

Valores críticos em corrente



# Os choques eléctricos

*Duração da passagem da corrente*



A **curva C1** da CEI 479.1. : Curva tempo (ms)/corrente (mA) de 15 a 100 Hz

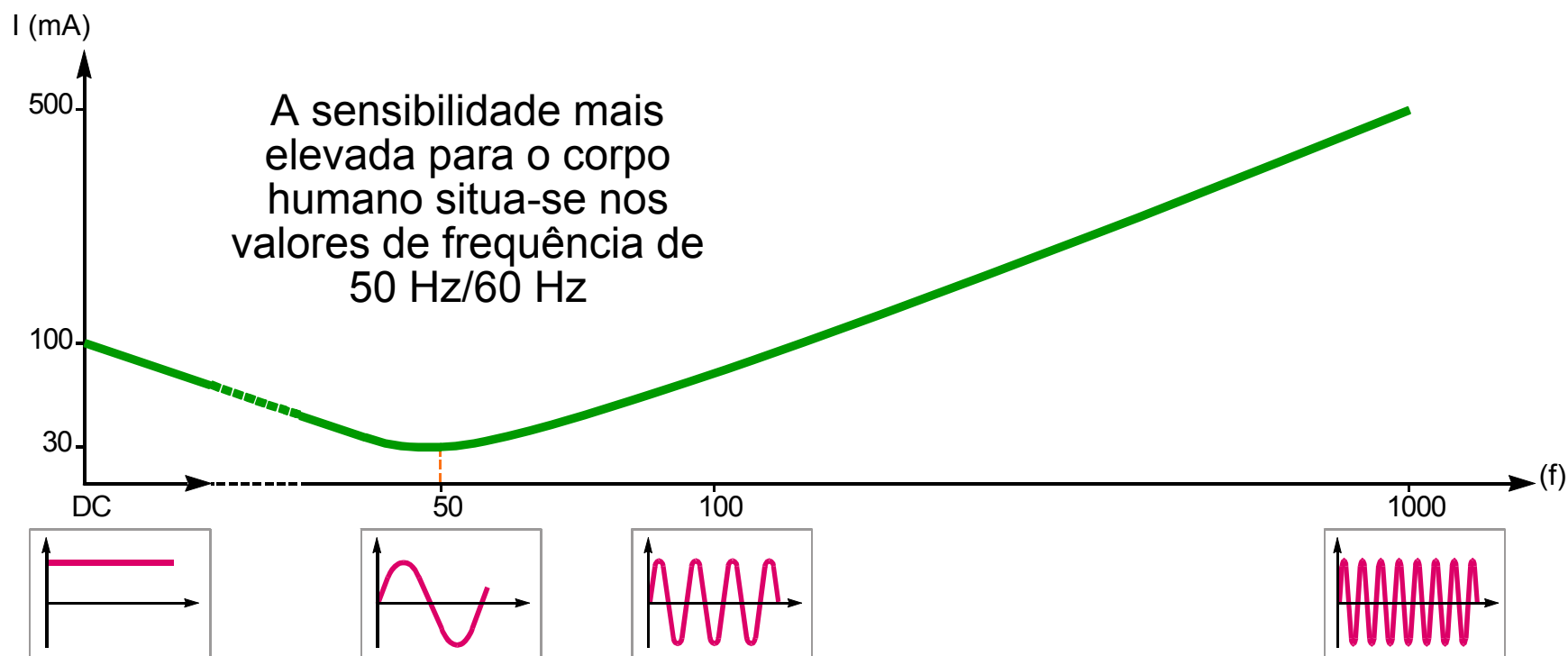
Define o limite de exposição tempo/corrente a um choque eléctrico **não deve ser ultrapassada !...**

# Efeitos da corrente alternada >100Hz

1. **Quanto maior for a frequência menores são os riscos de fibrilação cardíaca.**
2. **Aumentam os riscos de queimadura.**
3. **Quanto maior o valor da frequência (entre 200 e 400 Hz), mais a impedância do corpo diminuí.**

**Consideram-se geralmente idênticas as condições de protecção de pessoas para contactos indirectos em 400Hz e 50/60 Hz.**

# Sensibilidade do corpo humano à frequência



# Contactos directo e indirecto

## Definições .

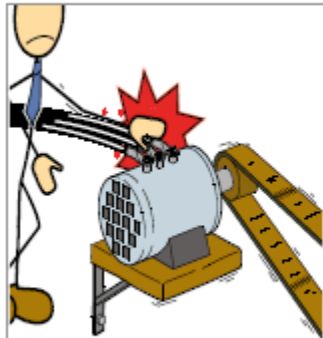
**Contacto directo** : contacto das pessoas (ou de animais) com as partes activas do material eléctrico



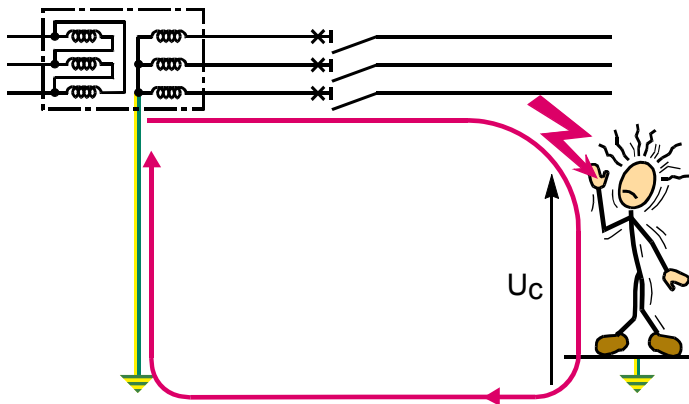
**Contacto indirecto** : contacto das pessoas (ou de animais) com as massas colocadas acidentalmente sob tensão



**Massa** : Parte conductora acessível que não é uma parte activa mas que pode ser colocada sob tensão em caso de defeito (isolamento).



# Contacto directo: contacto das pessoas (ou de animais) com as partes activas do material eléctrico



Esquema equivalente

Qualquer que seja o esquema de ligação à terra, no caso de contacto directo, a corrente que retorna à fonte é a que atravessa o corpo humano.

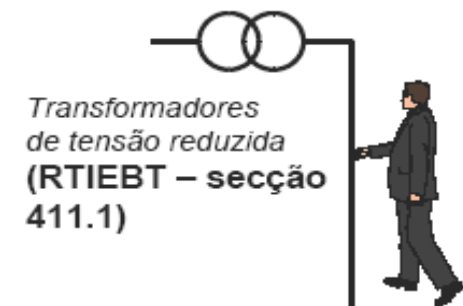
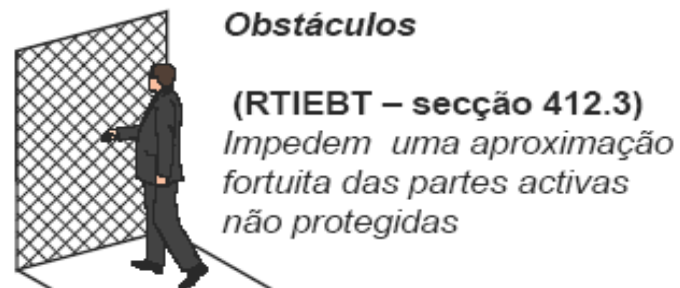
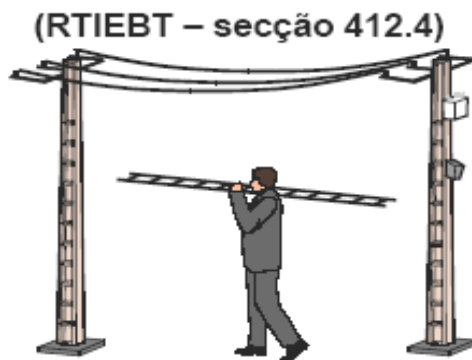
# Meios de protecção contra os contactos directos

- A primeira forma de protecção consiste em prevenir todo o risco de contacto directo com uma peça sob tensão.
- Esta protecção deverá ser realizada:
  - Na construção do material eléctrico,
  - Na sua instalação.

# Meios de protecção contra os contactos directos



## **Afastamento**

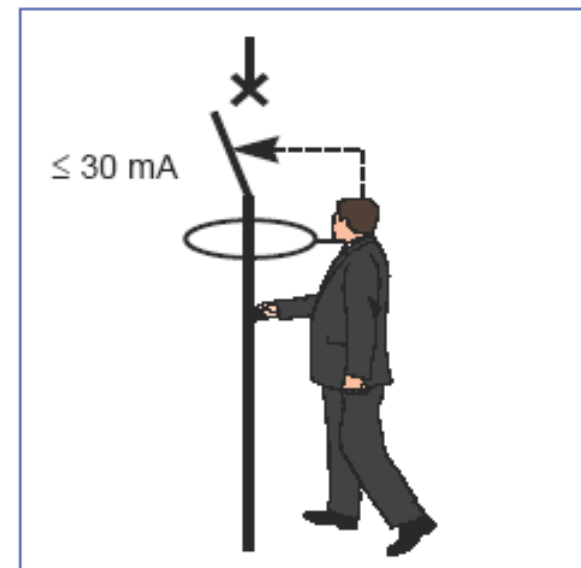




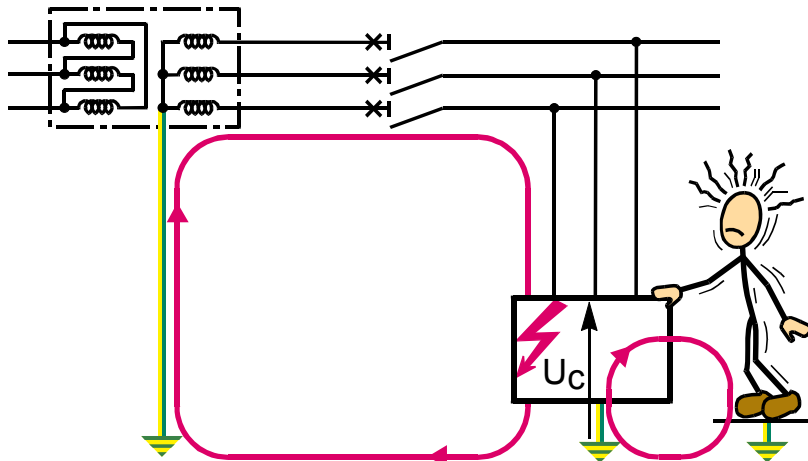
# Medidas complementares

- O emprego de dispositivos diferenciais, de corrente residual estipulada não superior a 30mA, é reconhecido como medida de protecção complementar em caso de falhas de outra medidas de protecção para contactos directos ou em caso de imprudência dos utilizadores.

RTIEBT – secção 412.5 / 481.3.1.2



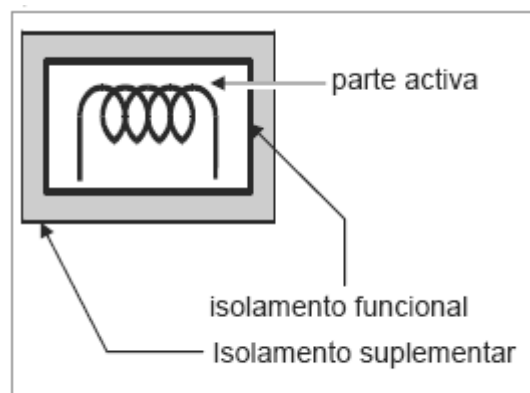
# Contacto indirecto: contacto de pessoas (ou animais) com massas colocadas accidentalmente sob tensão



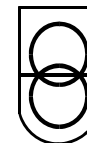
Esquema equivalente

- A corrente não circula integralmente pelo corpo humano.
- O valor da corrente de defeito dependerá do ELT.
- A protecção contra contactos indirectos pressupõe a utilização de materiais eléctricos **seguros** e com **boa manutenção**.

# Meios de protecção contra os contactos indirectos sem corte automático de alimentação



- RTIEBT secção 413.2 e seguintes
- Emprego de material de classe II 
- Afastamento ou interposição de obstáculos.
- Ligações equipotenciais locais não ligadas à terra.
- Protecção por separação eléctrica dos circuitos.



# Meios de protecção contra os contactos indirectos sem corte automático de alimentação

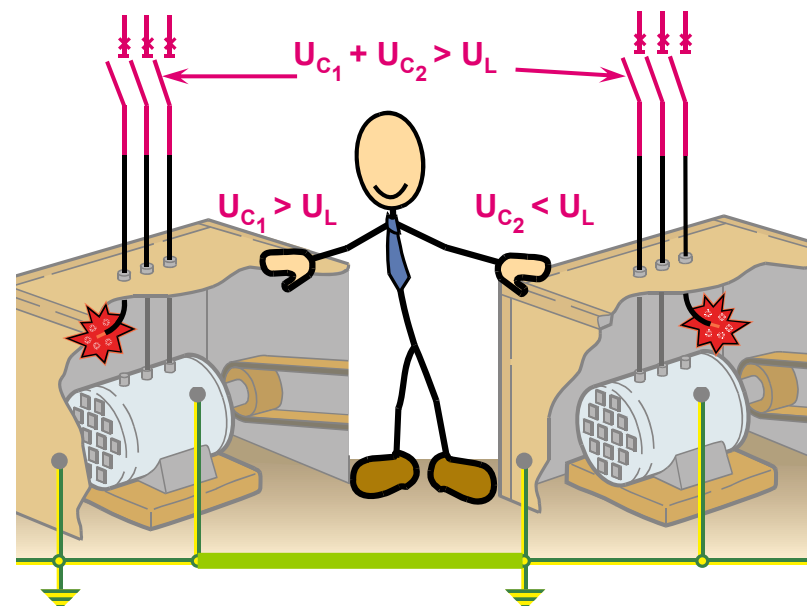
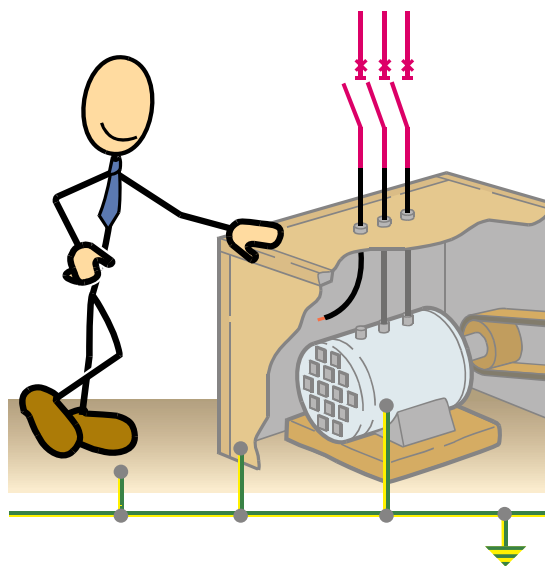
- Protecção por tensão reduzida - secção 411.1
- Existem actualmente regras bem diferenciadas para a protecção por **TRS**, **TRP** ou para **TRF**,
- **TRS**- Tensão reduzida de segurança
- **TRP**- Tensão reduzida de protecção, ou seja é um TRS com um ponto do circuito secundário ligado à terra
- **TRF** – Tensão reduzida funcional, não satisfaz nem as condições de TRS nem as de TRP

# RTIEBT – secção 413 – protecção contra os contactos indirectos

## Protecção por corte automático de alimentação

- Assegurar a equipotencialidade à terra de todas as partes condutoras dos equipamentos.
- Gerir as tensões perigosas por colocação fora de tensão automática da parte onde ocorreu o defeito de isolamento perigoso, por um dispositivo de protecção.
- Este dispositivo de protecção deve funcionar dentro de um tempo compatível com o dos quadros «**Duração máxima de tensão de contacto**» .
- 2 massas simultaneamente acessíveis devem ser religadas a uma mesma tomada de terra

- Assegurar a equipotencialidade à terra de todas as partes conductoras dos equipamentos
- 2 massas simultâneamente acessíveis devem ser religadas a uma mesma tomada de terra.



# Corte de alimentação

## 413.1.1.1/ 481.3.1.1

**Duração máxima de manutenção da tensão de contacto nas condições correspondentes a UL= 50 Vac ou UL=120Vdc**

**Quadro 41 GA**

| tensão de contacto presumida (V) | tempo de corte Máximo do dispositivo de protecção (s) |                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|
|                                  | corrente alterna                                      | corrente contínua |
| < 50                             | 5                                                     | 5                 |
| 50                               | 5                                                     | 5                 |
| 75                               | 0,60                                                  | 5                 |
| 90                               | 0,45                                                  | 5                 |
| 120                              | 0,34                                                  | 5                 |
| 150                              | 0,27                                                  | 1                 |
| 220                              | 0,17                                                  | 0,4               |
| 280                              | 0,12                                                  | 0,3               |
| 350                              | 0,08                                                  | 0,2               |
| 500                              | 0,04                                                  | 0,1               |

**Duração máxima de manutenção da tensão de contacto nas condições correspondentes a UL= 25 Vac ou UL=60Vdc**

**Quadro 48 GE**

| tensão de contacto presumida (V) | tempo de corte Máximo do dispositivo de protecção (s) |                   |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|
|                                  | corrente alterna                                      | corrente contínua |
| 25                               | 5                                                     | 5                 |
| 50                               | 0,48                                                  | 5                 |
| 75                               | 0,30                                                  | 2                 |
| 90                               | 0,25                                                  | 0,80              |
| 110                              | 0,18                                                  | 0,50              |
| 150                              | 0,12                                                  | 0,25              |
| 230                              | 0,05                                                  | 0,06              |
| 280                              | 0,02                                                  | 0,02              |

# Protecção contra os choques eléctricos

## RTIEBT . 481

### curvas da segurança

As medidas de protecção com corte automático de alimentação são baseadas no respeito das curvas de segurança.

#### ***Tensão limite convencional absoluta $U_L$***

***É a tensão máxima à qual pode ser, indefinidamente submetida, uma pessoa nas condições dadas***

***$U_L$  depende da resistência do corpo humano que é, notavelmente, função do estado de humidade da pele (código BB)***



Mas também...



# Protecção contra os choques eléctricos

**1** - Por força da classificação dos locais quanto às influências externas,  
Em locais classificados quanto às influências externas por AD3 ou superior, deve ser aplicada  
A tensão  $U_L \leq 25 \text{ Vac}$ .

|     |       |                                                                                                                                                |
|-----|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AD3 | Chuva | Locais que podem estar submetidos à água caindo sob a forma de chuva numa direcção que faça um ângulo com a vertical não superior a $60^\circ$ |
|-----|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**2** - A tensão de 25 Vac deverá ainda ser aplicada a:

- Estaleiros
- Estabelecimentos agrícolas ou pecuários
- Nos locais de uso médico

- Por convenção, são definidos três estados para o corpo humano
- RTIEBT – secção 322.2- resistência eléctrica do corpo humano

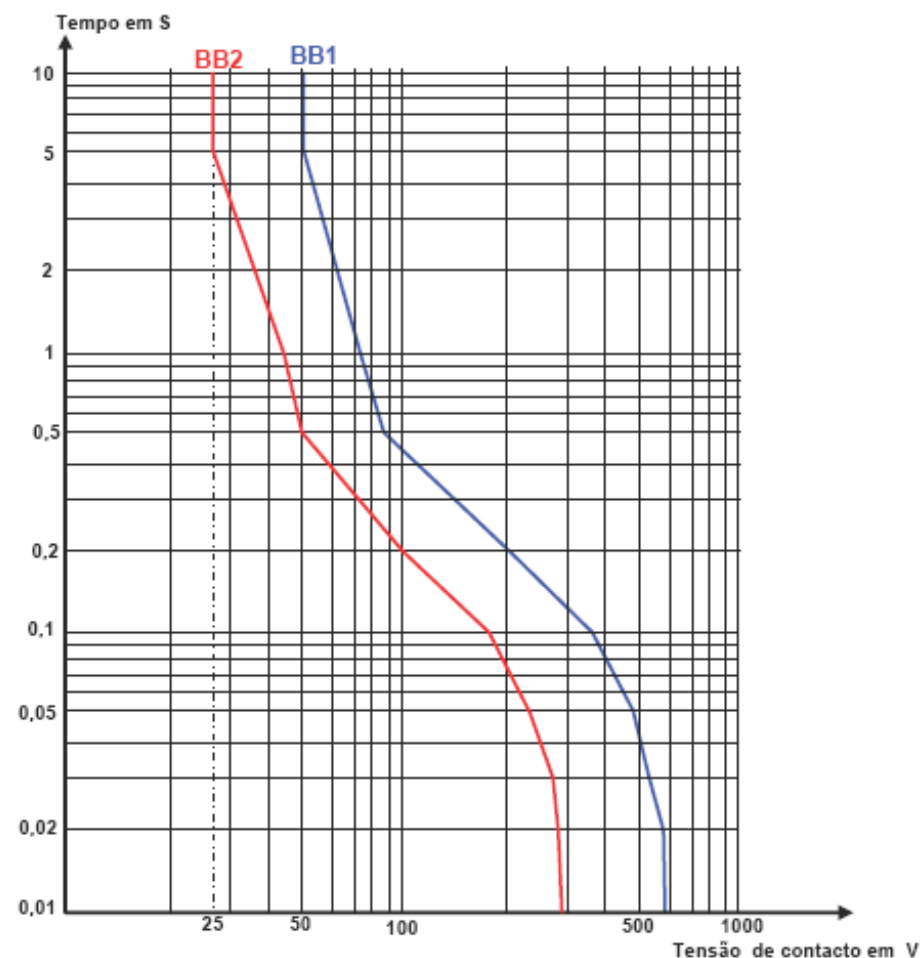
| Código | Estado do corpo humano                | Tensão limite<br>Convencional absoluta UL em Volts |                                   |                                |
|--------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
|        |                                       | Corrente Alternada ( AC )                          | Corrente Contínua não Lisa ( DC ) | Corrente Contínua lisa ( DCL ) |
| BB1    | Pele seca ou húmida por suor – Normal | RTIEBT -413.1<br>50                                | 75                                | 120                            |
| BB2    | Pele molhada – baixa                  | RTIEBT -481.3<br>25                                | 36                                | 60                             |
| BB3    | Pele imersa – muito baixa             | 12                                                 | 18                                | 30                             |

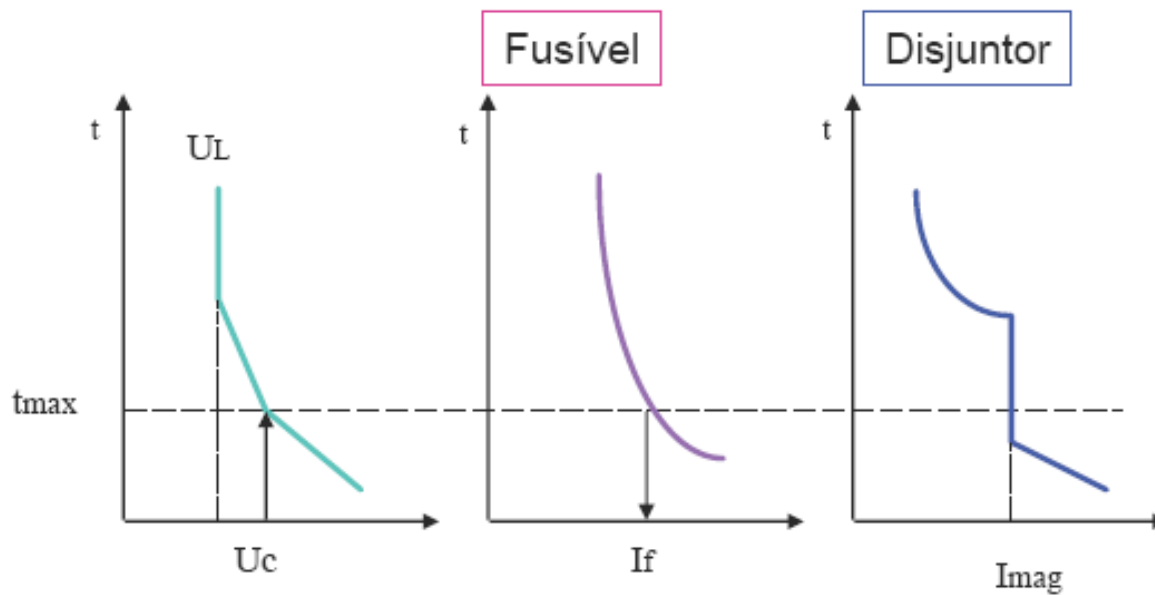


# Tensão Limite convencional relativa UL(t) curvas de segurança

*Indica o tempo máximo durante o qual uma pessoa pode ser submetida a uma dada tensão.*

| Tempo máximo<br>(s) | U <sub>L</sub> (t) (V) |           |
|---------------------|------------------------|-----------|
|                     | BB1<br>AC              | BB2<br>AC |
| ∞                   | < 50                   | < 25      |
| 5                   | 50                     | 25        |
| 1                   | 72                     | 43        |
| 0,5                 | 87                     | 50        |
| 0,2                 | 207                    | 109       |
| 0,1                 | 340                    | 170       |
| 0,05                | 465                    | 227       |
| 0,03                | 520                    | 253       |
| 0,02                | 543                    | 263       |
| 0,01                | 565                    | 275       |





★ Tomar em consideração as tolerâncias dos equipamentos de protecção

A colocação fora de tensão da instalação ou parte da instalação faz-se de diferente forma (equipamentos) de acordo com os **sistemas de ligação à terra**

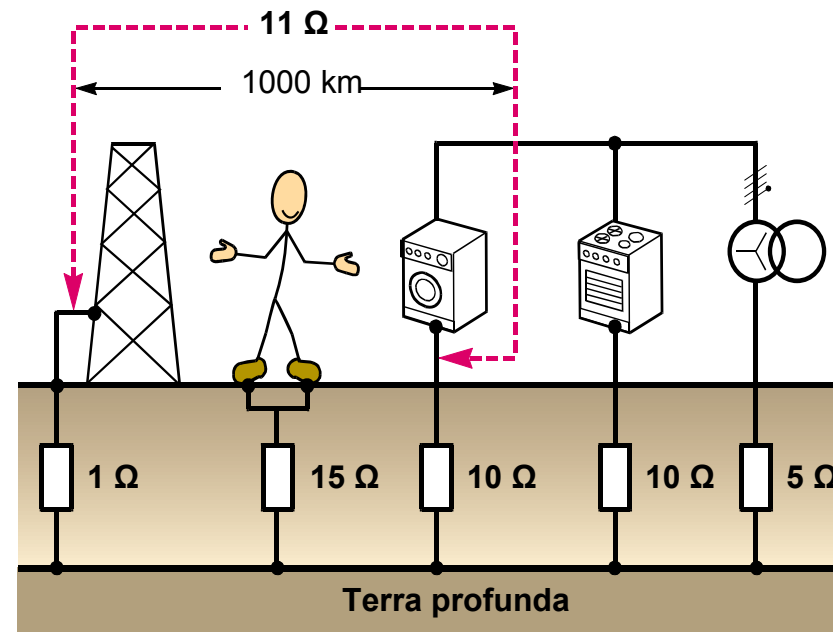
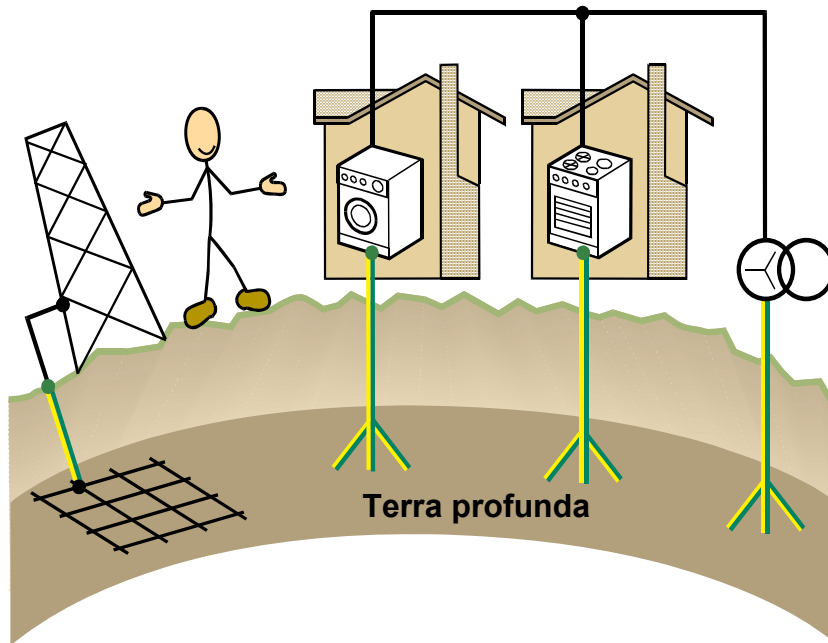
# Os esquemas de ligação à terra

# Generalidades sobre os esquemas de ligação à terra

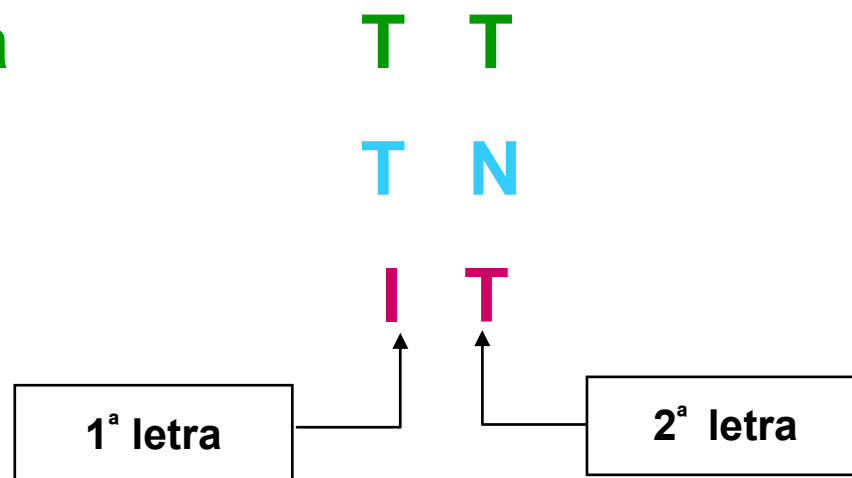
- ELT – Esquema de Ligação à Terra caracteriza:
  - O modo de ligação à terra de um dos pontos de alimentação (em geral o neutro )
  - A forma de colocação à terra das massas de utilização
- ☐ A escolha destas ligações condiciona as medidas de protecção de pessoas contra os contactos indirectos
- ☐ Em critérios de segurança de pessoas, os três esquemas são equivalentes se todas as regras de instalação forem respeitadas
- ☐ São os imperativos de continuidade de serviço e de condições de exploração que determinam a ou as escolhas dos esquemas de ligação à terra (ou regimes de neutro)

# Terra profunda

- A terra "**profunda**"
  - a terra não é isolante
- Esquema eléctrico equivalente
  - a terra "**profunda**" é equipotencial...
  - ... qualquer que seja a distância!



# Esquema



## Situação da alimentação / terra :

**T** = ligação directa de um ponto com a terra  
**I** = isolado ou impedante

## Situação das massas da instalação / terra:

**T** = massas religadas directamente à terra  
**N** = massas religadas ao ponto de Neutro

## esquema

**T N**

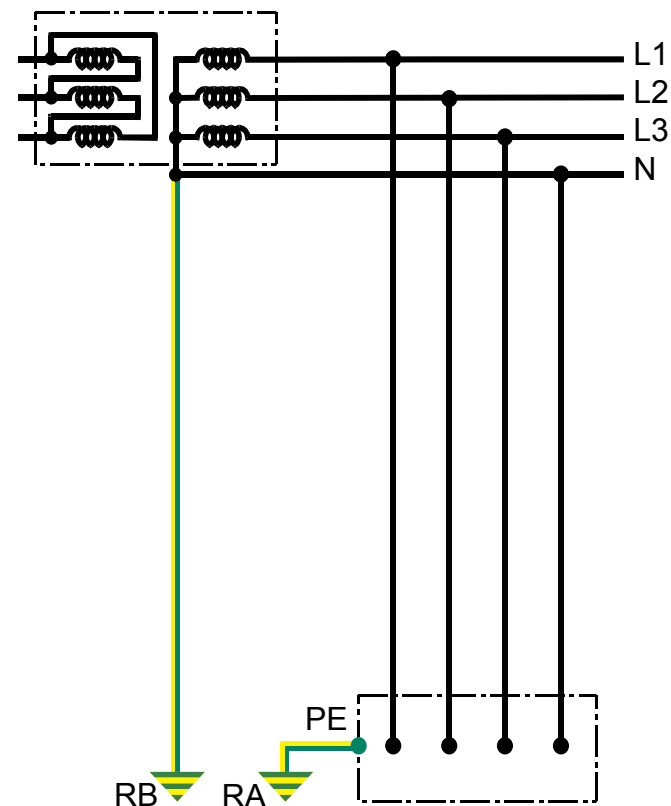
**TN S** = função de protecção PE distinto do N ou do conductor activo (fase) ligado à terra  
**TN C** = função de protecção comum com o N (PEN)



# Esquema TT

## RTIEBT – secção 312.2.2

- O ponto de neutro da alimentação ligado à terra de serviço, as massas da instalação estão ligadas a uma tomada de terra de protecção electricamente distinta da terra de protecção.

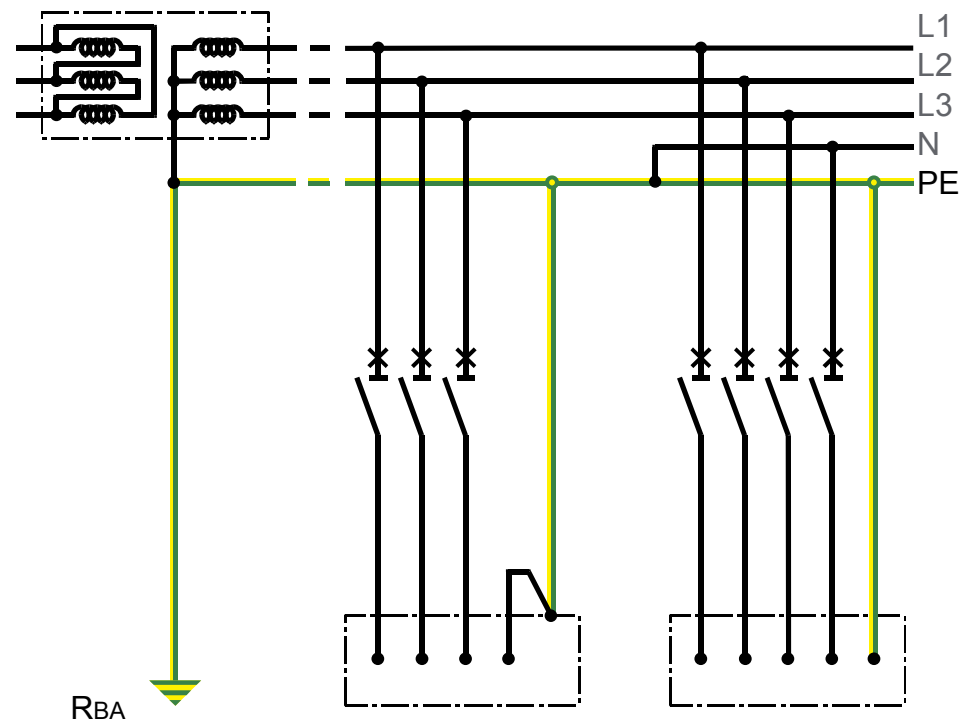


# Esquema TN

## RTIEBT – secção 312.2.1

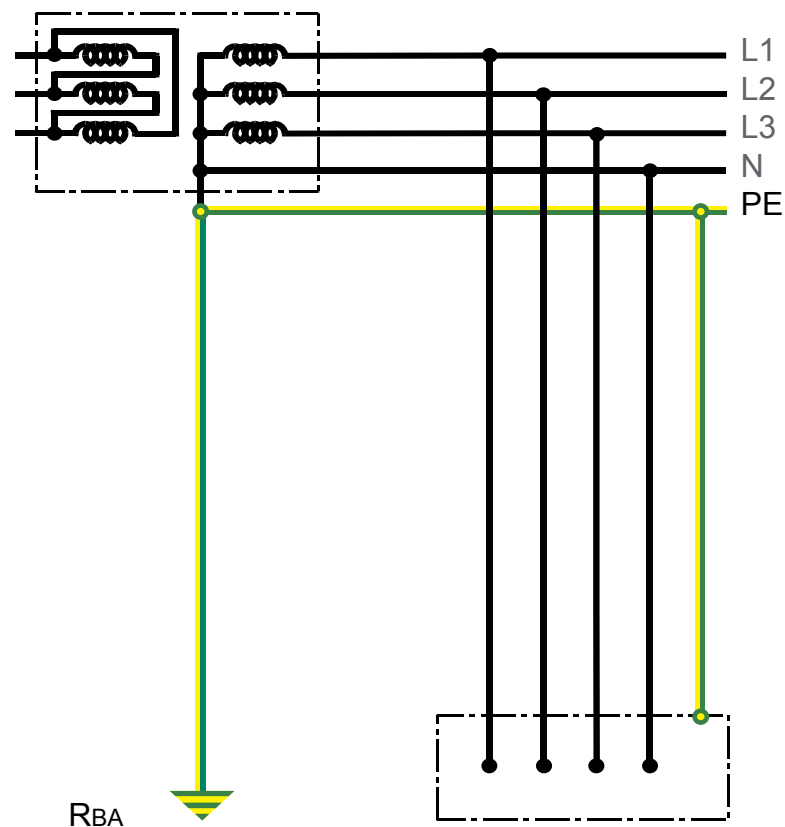
Neste esquema TN :

- ❑ A parte a montante é TN-C (com PEN)
- ❑ A parte a jusante é TN-S (com PE e N)



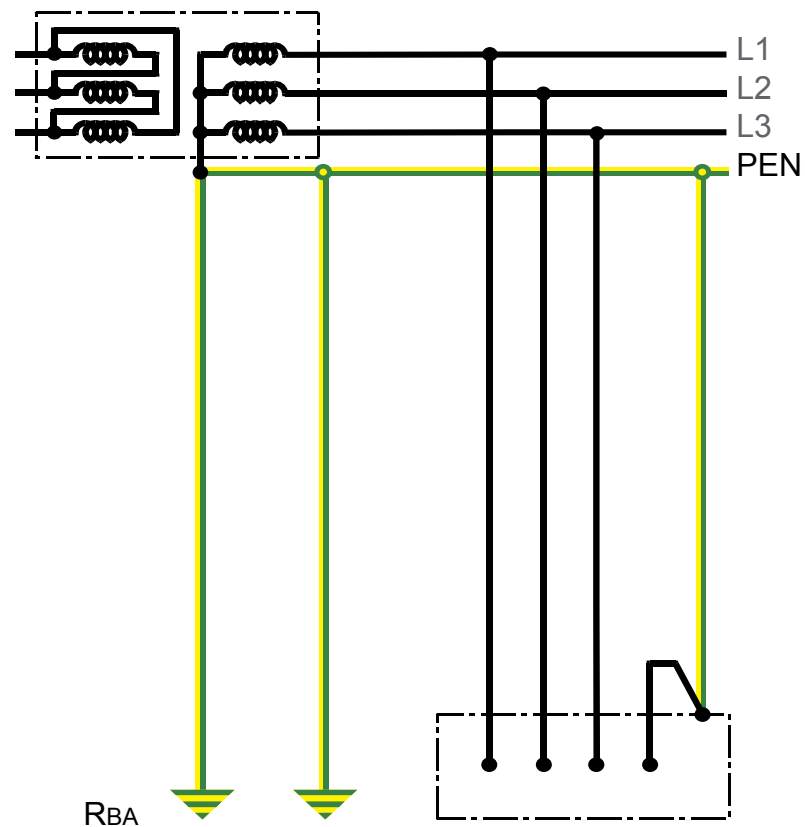
# Esquema TN-S

- O PE e o conductor neutro são distintos.



# Esquema TN-C

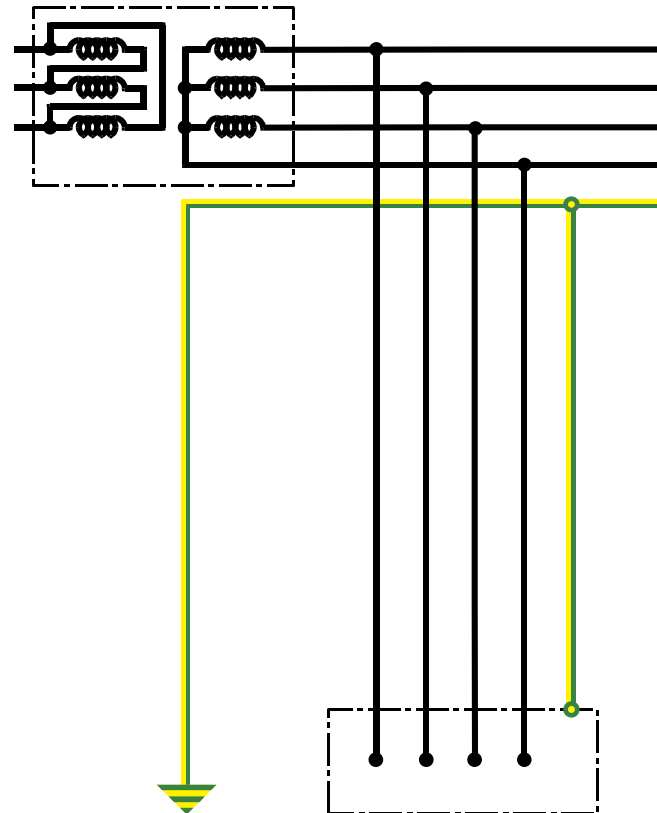
- O PE e o conductor neutro são comuns.



# Esquema IT

## RTIEBT – secção 312.2.3

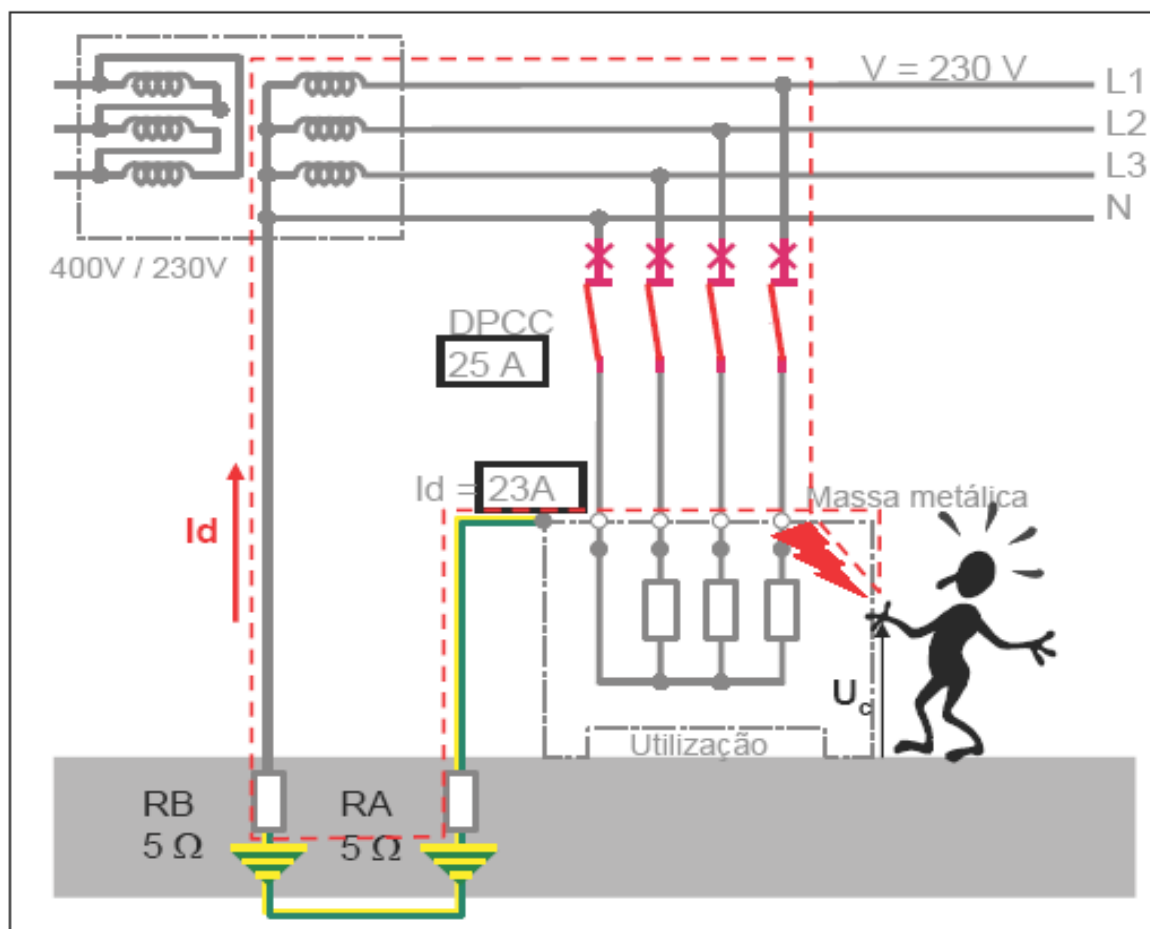
- O ponto neutro do transformador BT não está ligado à tomada de terra.
- As massas das utilizações são religadas pelo conductor PE a uma tomada de terra comum.



# Comportamento dos diferentes Esquemas de Ligação à Terra na Protecção de Pessoas

# Contactos indirectos em esquema TT

## RTIEBT – secção 413.1.4



$$I_d = \frac{V}{Z_{\text{anel}}}$$
$$= \frac{230}{5 + 5} = 23\text{A}$$

$$U_c = R_u \times I_d$$
$$= 5 \times 23 = 115\text{V}$$



perigo !

## 413.1.4.2 – no esquema TT

- Deve verificar-se a seguinte condição

$$R_A \times I_A \leq 50$$

Em que  $R_A$  é a soma das resistências do eléctrodo de terra e dos condutores de protecção das massas em ohms.

$I_A$  é a corrente que garante o funcionamento automático do dispositivo de protecção em Ampère.

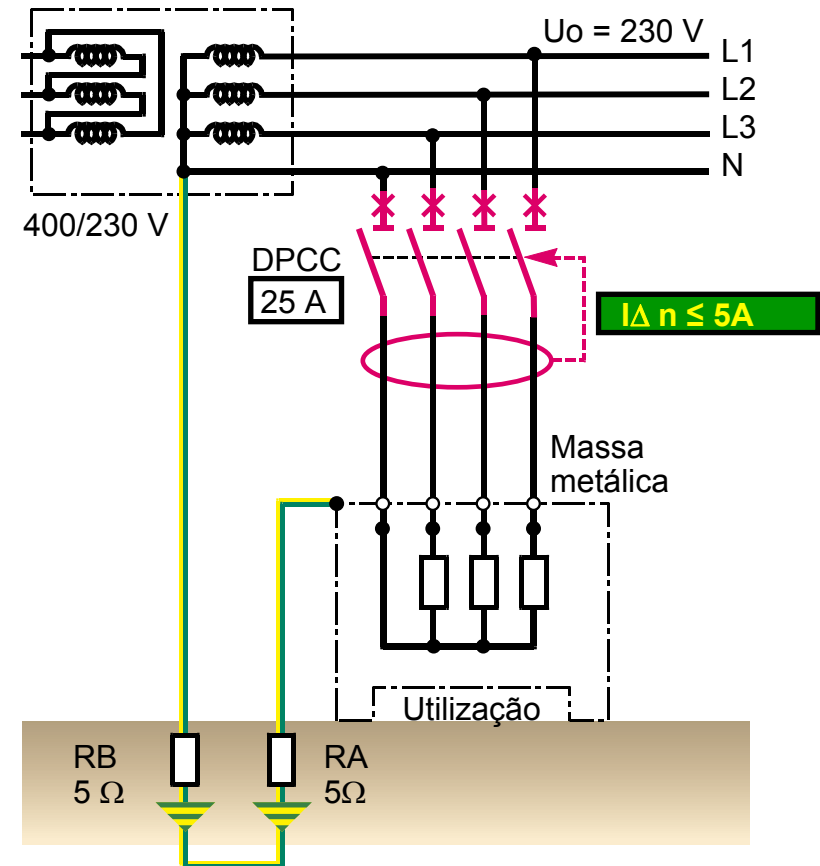
Quando este dispositivo for diferencial,  $I_A$  é a corrente diferencial residual estipulada  $I_{\Delta N}$ .

Esta regra é válida em condições gerais de humidade, em casos mais severos, veja-se secção 481.3.1 .



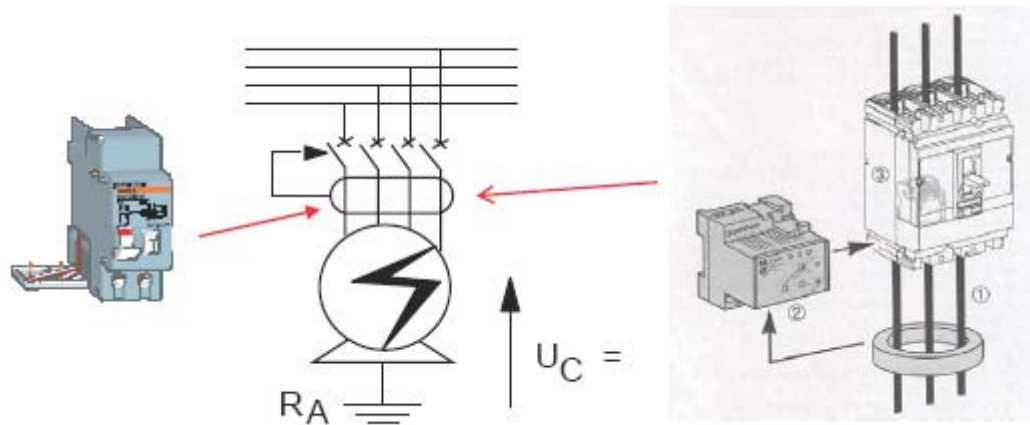
# A solução

- O DPCC não é adequado para eliminar este tipo de defeito ( $I_N=25\text{ A}$ )
- Um dispositivo diferencial residual dedicado para assegurar a protecção de pessoas é adequado
- Condições de disparo
$$U_C \max \leq U_L$$
$$R_A \times I_{\Delta n} < U_L$$
( $I_{\Delta n}$  é a regulação do DDR)
- $$I_{\Delta n} = U_L / R_A$$
$$= 25 / 5$$
$$= 5\text{ A}$$



# Colocação em serviço do esquema TT

- Determinação do valor  $I_{\Delta n}$  do DDR



$U_L$  = tensão limite de segurança

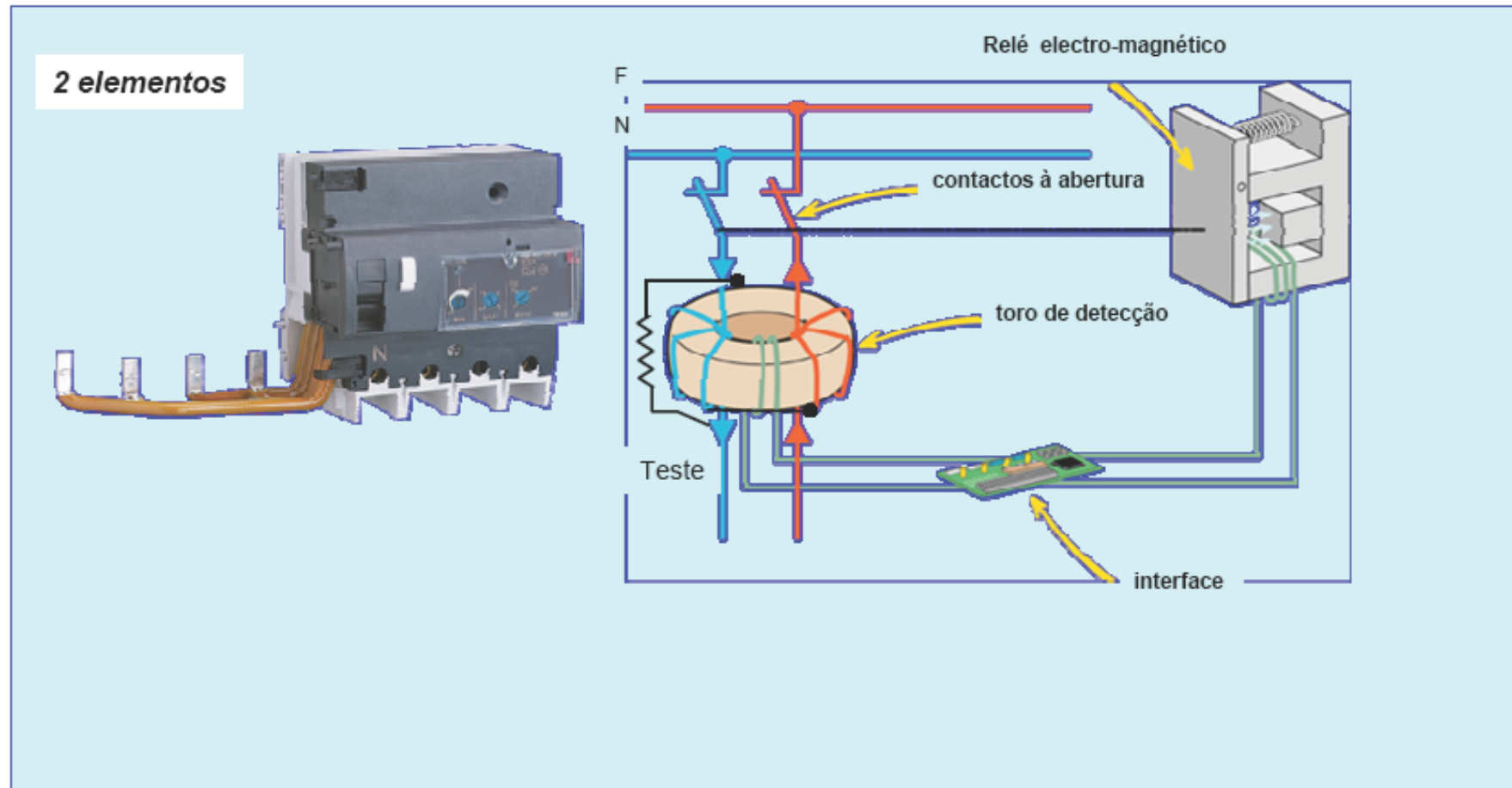
$$I_{\Delta n} \leq \frac{U_L}{R_A}$$

$U_L = 50 \text{ Vac}$  ( 413.1.1.1 )

$U_L = 25 \text{ Vac}$  ( 481.3.1 )

# Constituição do DDR

*Dispositivo de medida, associado a um captor, toro « cercado » pelos condutores activos.*



# Sensibilidade

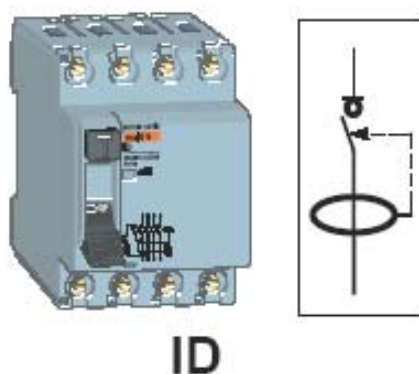


■ De acordo com a norma CEI 61008, CEI 61009 e CEI 60947-2 :  
os valores nominais das correntes diferenciais de funcionamento

■ 0,006 A ; - 0,01 A ; - 0,03 A ; - 0,1 A ; - 0,3 A ; - 0,5 A ; - 1 A ; - 3 A ; - 10 A ; - 30 A.

# Colocação em serviço do esquema TT

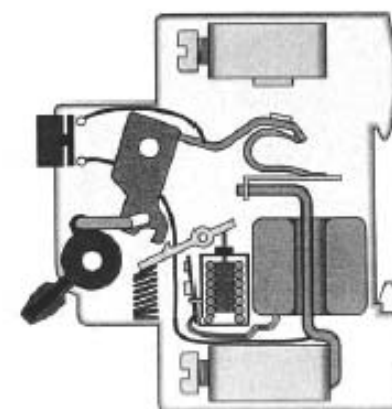
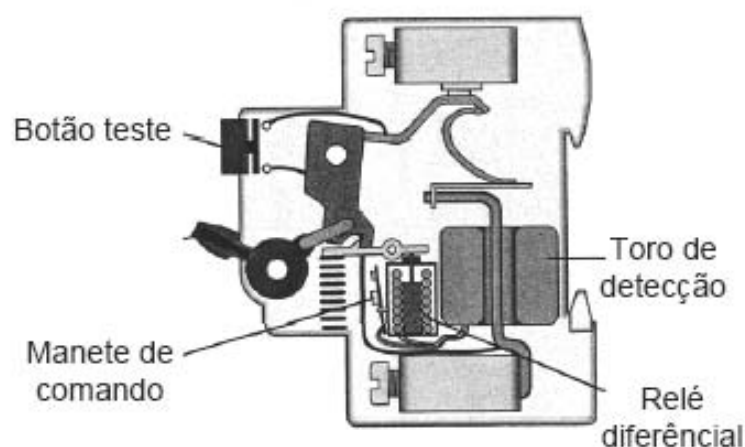
## ❑ Interruptor Diferencial



ID

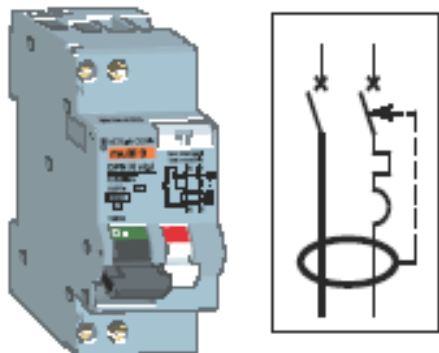
**Acessórios !**

Únicamente para detecção de correntes de fuga  $\Rightarrow$  obrigação de coordenar com um disjuntor.



O mecanismo de disparo é o interruptor !...

## ❑ Disjuntor diferencial

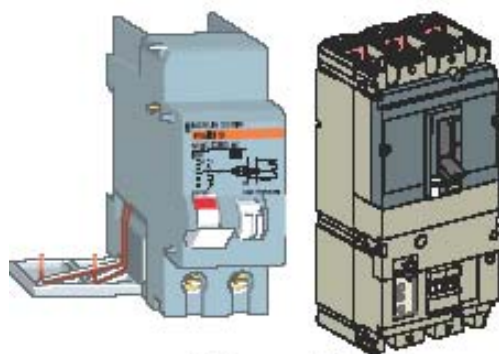


**DPN Vigi**

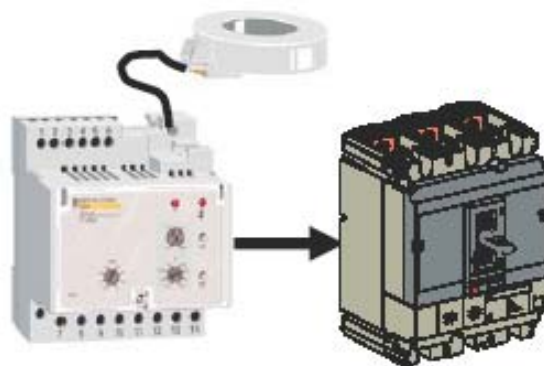
= disjuntor + diferencial = 1! produto

Protecção magnéto-térmica da fase, neutro não protegido

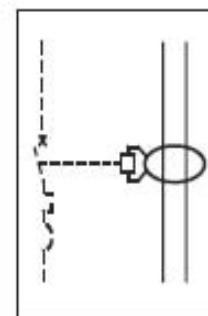
## ❑ Por bloco vigi / por vigirex



**Bloc Vigi**



**Relé diferencial + toro**



**Bloc Vigi "si"**

Sem mecanismo interno  $\Rightarrow$  ordem mecânica transmitida ao disjuntor.

# Coordenação entre diferenciais

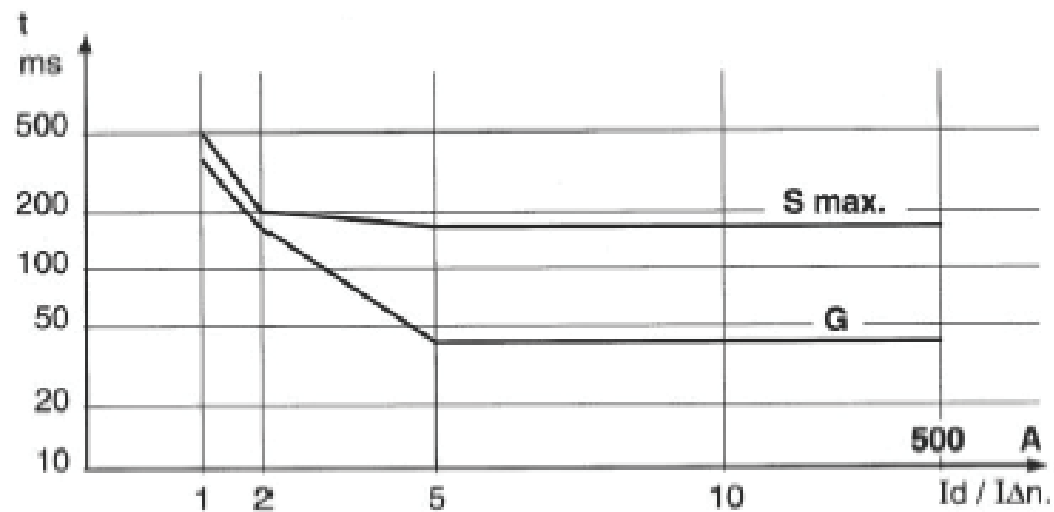
## – Dispositivos diferenciais – secção 539-3

Valores normalizados do tempo de funcionamento máximo e do tempo de não funcionamento de acordo com a CEI 61008 e CEI 61009 :

| Tipo      | $I_n$<br>A               | $I\Delta n$<br>A         | Valores normalizados do tempo (s) de funcionamento e de não funcionamento (em segundos) a : |              |              |       |                                   |
|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|-------|-----------------------------------|
|           |                          |                          | $I\Delta n$                                                                                 | $2I\Delta n$ | $5I\Delta n$ | 500 A |                                   |
| Geral     | Não importa qual o valor | Não importa qual o valor | 0,3                                                                                         | 0,15         | 0,04         | 0,04  | Tempo de funcionamento máximo     |
| Selectivo | $\geq 25$                | $> 0,030$                | 0,5                                                                                         | 0,2          | 0,15         | 0,15  | Tempo de funcionamento máximo     |
|           |                          |                          | 0,13                                                                                        | 0,06         | 0,05         | 0,04  | Tempo de não funcionamento mínimo |

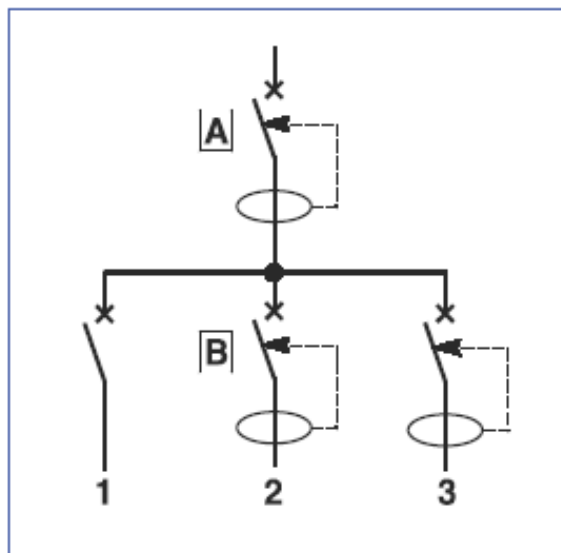
# Curvas de disparo

Curvas de tempo de funcionamento máximo para disjuntor ou ID « S » e para uso geral instantâneo.





# Selectividade



**Selectividade horizontal**  
**Selectividade vertical**

Legenda :

td : tempo de disparo

tf : tempo de funcionamento do mecanismo de disparo

## ■ Selectividade

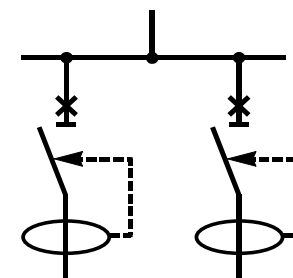
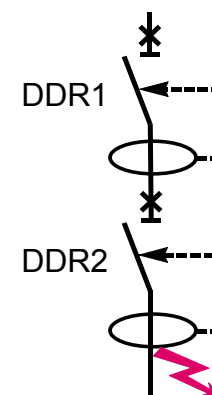
De acordo com a natureza dos defeitos a eliminar, isto é, o tipo de correntes de fuga necessita que duas condições estejam reunidas:

□ **selectividade amperimétrica.**

□ **selectividade cronométrica.**

$$I_{\Delta n} (A) > 2 \times I_{\Delta n} (B)$$

$$td (A) > td (B) + tf (B)$$

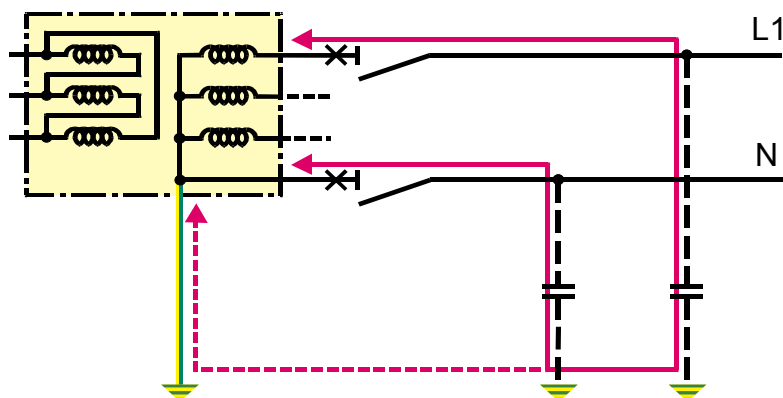


# As perturbações da rede

## Correntes de fuga à terra

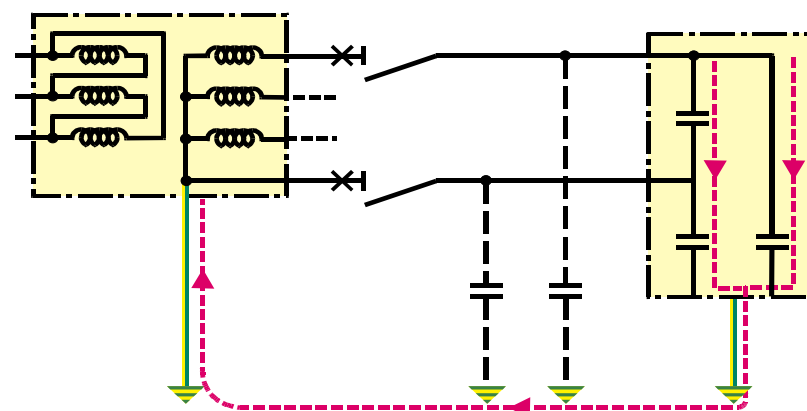
- Capacidade de fuga dos cabos

- Correntes de fuga permanentes chamadas :  
«correntes de fuga naturais »



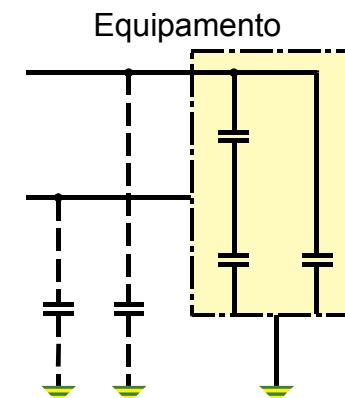
- Capacidade de fuga dos receptores

- Correntes de fuga permanentes chamadas :  
" correntes de fuga intencionais "



# Correntes de fuga dos receptores

- As correntes de fuga  $I_L$  são devidas às capacidades naturais ou intencionais colocadas entre as Fases e a Terra
  - Correntes de fuga dos cabos



|                            | Capacidade de modo diferencial | Capacidade de modo comum |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Cabo standard (non blindé) | 20 pF/m                        | 150 pF/m                 |
| Cabo blindado              | 30 pF/m                        | 200 pF/m                 |

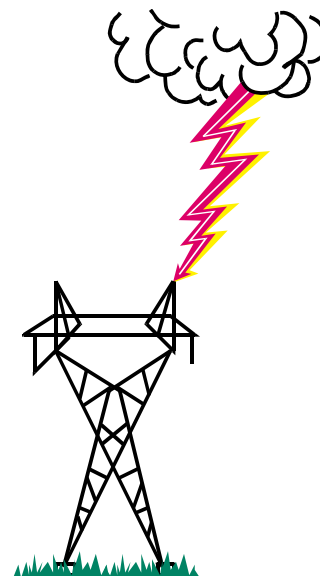
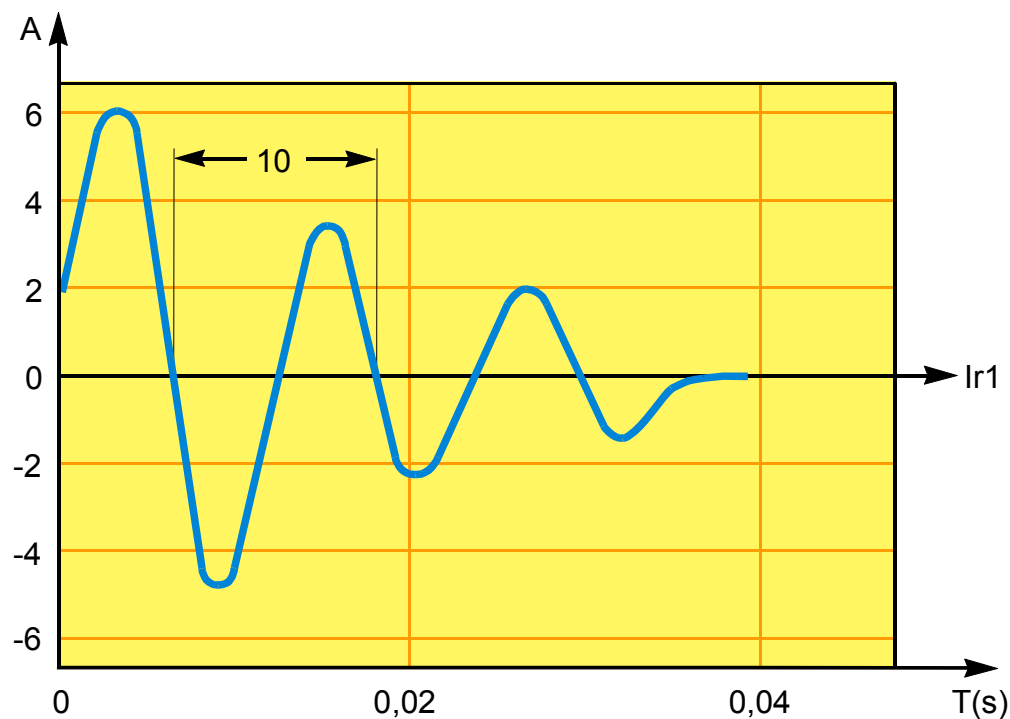
- Correntes de fuga dos materiais informáticos

| Informática      | Norma IEC 60950 | Corrente de fuga máxima (mA) |
|------------------|-----------------|------------------------------|
|                  | Todo material   | 0,25                         |
| PC               | Portátil        | 3,5                          |
| Sala informática | Fixo            | 3,5 ou 5% $I_n$              |

- um DDR não deve disparar sobre estas correntes naturais e proteger os bens e as pessoas

# As perturbações do tipo sobretensão

- As descargas atmosféricas, as sobretensões de manobra geram nas capacidades de fuga das redes correntes transitórias importantes



Corrente no condutor PE

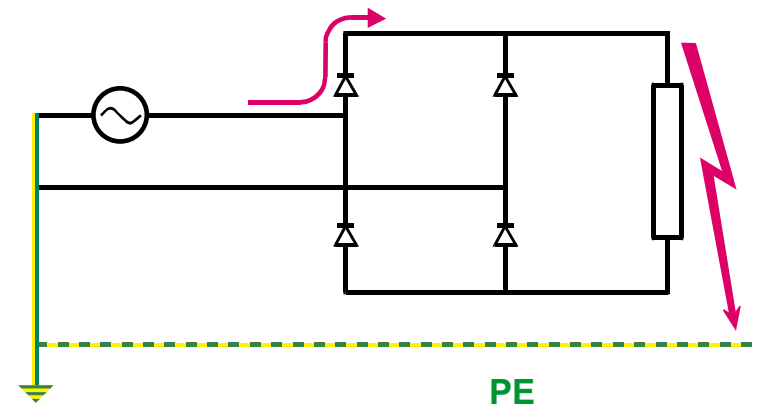
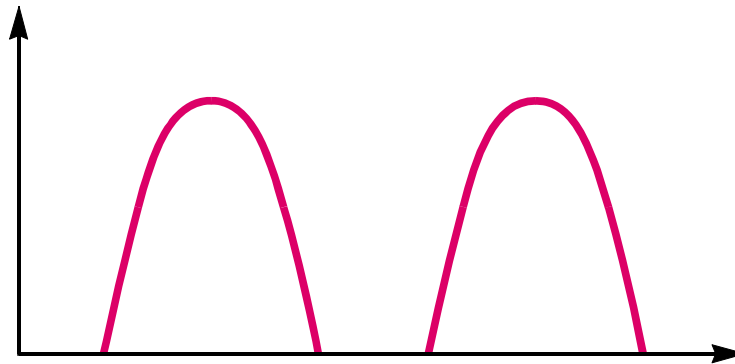
# As cargas não lineares

- As correntes de defeito

- As correntes de defeito contêm componente contínua



UPS



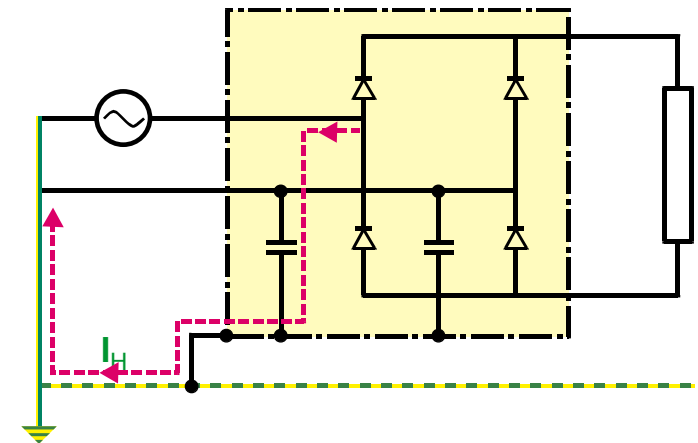
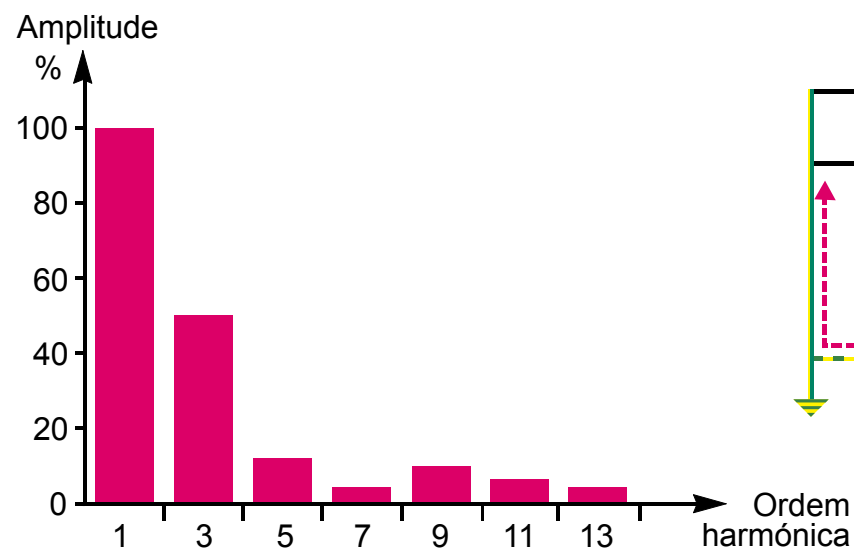
# As cargas não lineares

- As correntes harmónicas

- As cargas não lineares criam correntes harmónicas, as correntes de fuga intensionais são « amplificadas »



Variador



## ❑ Comportamento de um DDR em presença da componente contínua

De acordo com CEI 60755 : regras gerais relativas aos dispositivos de protecção à corrente diferencial residual.

■ **Definição classe AC** : O disparo é assegurado pelas correntes diferenciais alternadas sinusoidais, que lhe são bruscamente aplicadas ou que eles aumentem lentamente

■ **Definição classe A** : O disparo é assegurado para as correntes alternadas sinusoidais, e também para as correntes diferenciais contínuas pulsatórias que lhe sejam bruscamente aplicadas ou que eles aumentem lentamente

■ **Definição classe B** : diferencial para o qual o disparo é assegurado para as correntes alternadas sinusoidais e também para as correntes diferenciais contínuas pulsatórias que lhe sejam bruscamente aplicadas ou que eles aumentem lentamente

### Classe AC



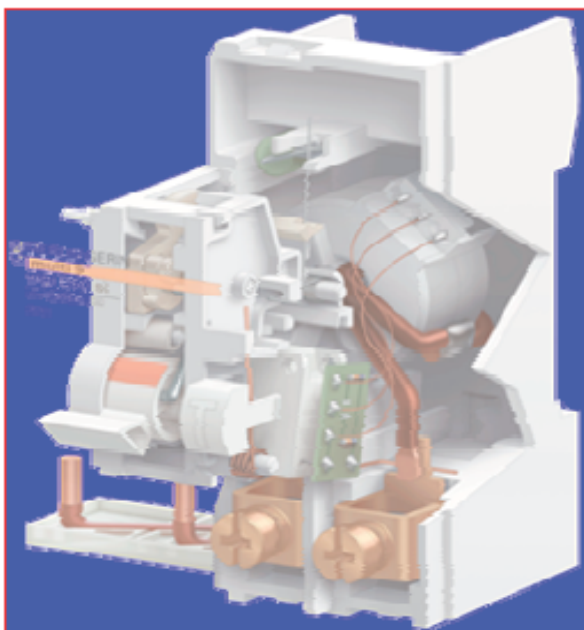
### Classe A



### Classe B



# A gama Si



☐ **Reduzir os problemas de disparos intempestivos devidos a:**

☐ correntes de fuga de AF

☐ correntes transitórias de origem atmosférica (raio )

☐ correntes transitórias causadas pelas sobretensões de manobra da aparelhagem eléctrica

☐ correntes de fuga permanentes a 50 Hz (filtros antiparasitas )

☐ **Reduzir os problemas de “cegueira” dos diferenciais devida a:**

☐ correntes de fuga de AF

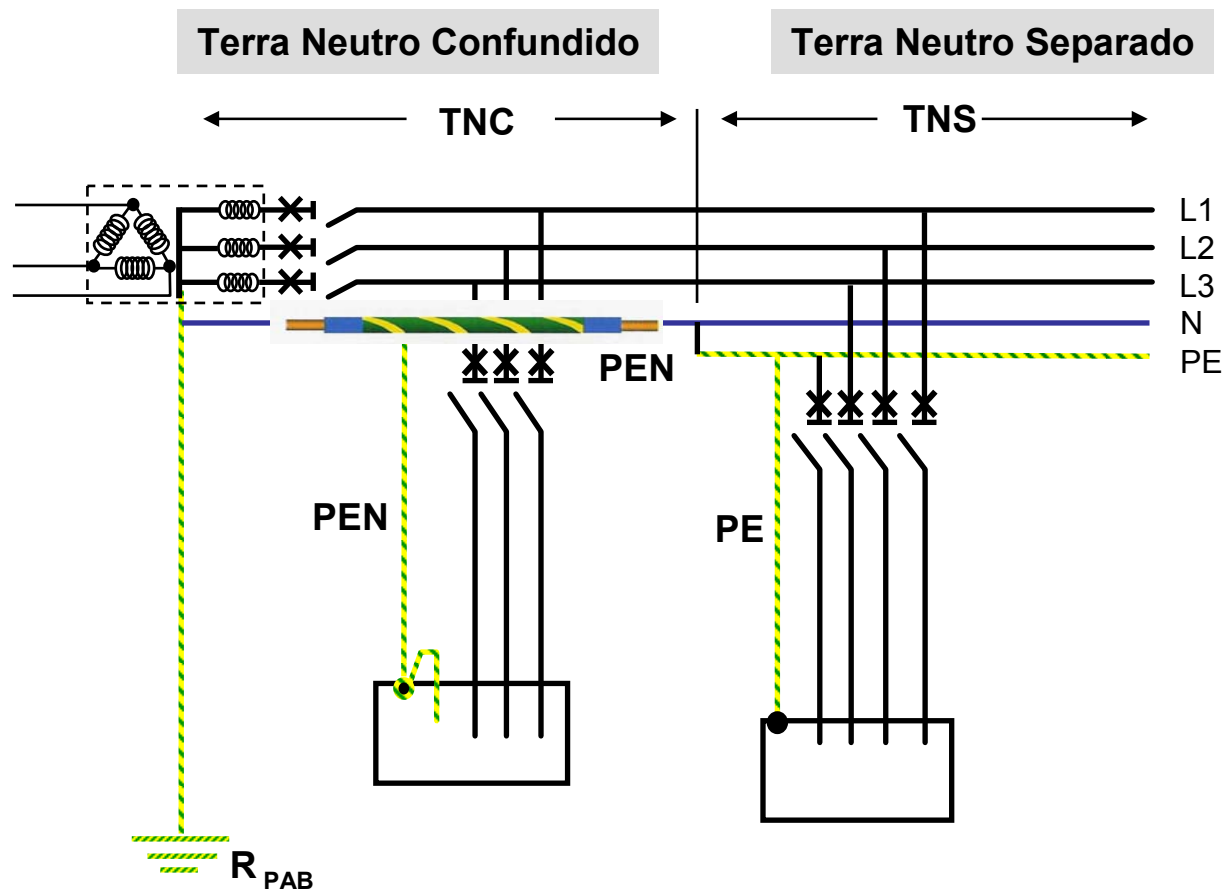
☐ correntes de fuga à componente contínua

☐ baixas temperaturas



# Contactos indirectos em esquema TN-C-S

## RTIEBT – secção 413.1.4



# Contactos indirectos em esquema TN-C-S

## regras gerais:

### TNC:

- ☐ O PEN é simultâneamente condutor de protecção e condutor de neutro. O PEN nunca pode ser cortado.  
Ex. : aparelhagem tripolar numa linha com PEN
- ☐ Ligar o PEN no borne de "massa" do receptor.
- ☐ OTNC é interdito a jusante de um TNS.

### TNS:

- ☐ O conductor de protecção (PE) é separado do neutro.  
Obrigatório para  $S < 10\text{mm}^2$  cobre /  $16\text{mm}^2$  alumínio.

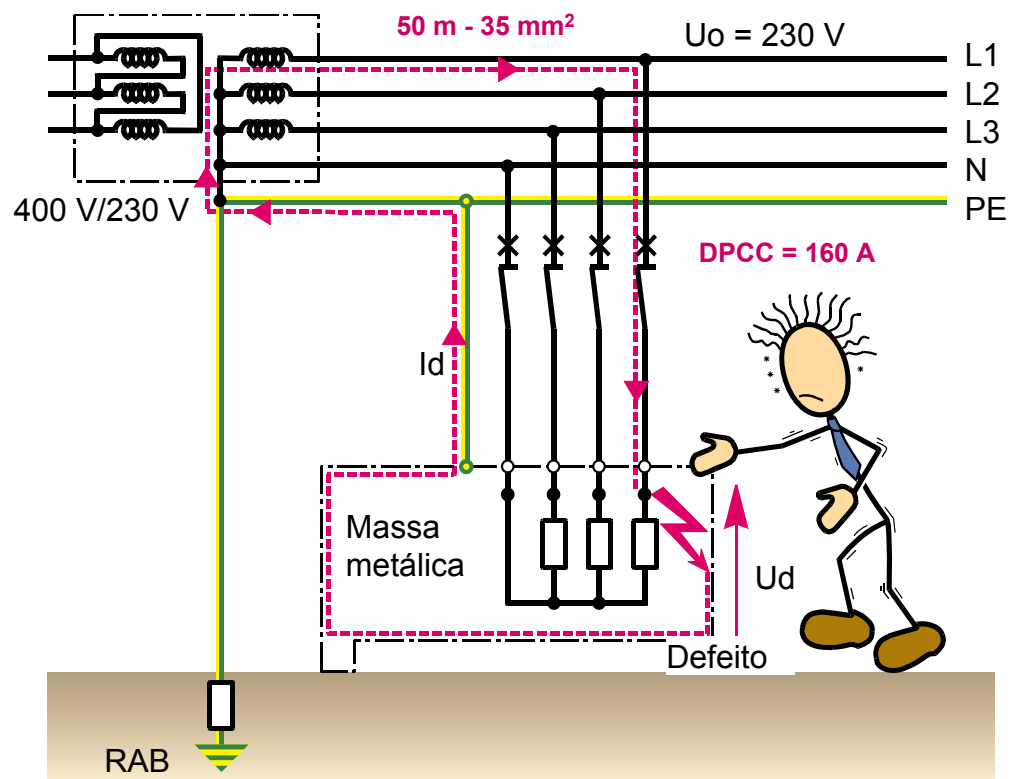
*As massas do posto,*

O neutro BT, e as massas de utilização são religadas à mesma tomada de terra.

Repartição das tomadas de terra sobre o PE.

Fazer caminhar o PE (PEN) ao lado das fases.

# Estudo de um defeito



$$Z_s = 2 \times \rho \times \frac{L}{S} = 64,3 \text{ m}\Omega$$

# Protecção contra os contactos indirectos

## Corte automático em esquema TN

Em presença dum defeito de isolamento, a corrente de defeito  $I_d$  é limitada apenas pela impedância dos cabos do anel de defeito;

$$I_d = \frac{U_o}{Z_s} = \frac{U_o}{R_{f_1} + R_d + R_{PE}}$$

$$I_d = 230 / 0,0643 = 3.576 \text{ A } (\approx 22 \text{ In})$$

$I_d$  tem um valor importante e induz uma tensão de defeito em relação à terra:

$$U_d = R_{PE} \times I_d$$

sendo  $R_d = 0$ ,  $U_d = U_o \times \frac{R_{PE}}{R_{f_1} + R_{PE}}$  para  $R_{PE} = R_{f_1}$

$$U_d = \frac{U_o}{2} = 115 \text{ V}$$

- Esta tensão é perigosa porque ultrapassa a tensão limite de segurança  $U_L$ .

# Verificação das condições de disparo

- ❑ A protecção é assegurada pelo DPCC mas não evita que tenhamos que fazer sempre a verificação da impedância do anel de defeito.  
Para que a protecção seja efectivamente assegurada  $I_{rm} < I_d$ . O cabo situado a jusante do último dispositivo de protecção de curto circuito DPCC, deverá ter sempre um comprimento inferior a:

$$L_{\text{máx}} < \frac{0,8 \times U_o \times S_{\phi}}{\rho (1 + m) I_{rm}}$$

- A melhor solução em todos os casos ( $L > L_{\text{max}}$  ou  $L$  : não conhecido) é instalar um dispositivo diferencial residual (DDR) regulado de 30 mA a 250 A.
- Se o local for de risco de incêndio é aconselhado o uso de um (DDR) de 300 mA.

$L_{\text{máx}}$ : comprimento máximo em m

$U_o$  : tensão simples = 230 V  
para uma rede de 400 V

$S_f$  : secção do condutor de fase em mm<sup>2</sup>

$\rho$  : resistividade dos condutores

$m$  :  $S_f / S_{PE}$

$I_{rm}$  : regulação magnética do DPCC

Se ultrapassarmos  $L_{\text{máx}}$ , devemos :

- diminuir o valor de  $I_{rm}$
- aumentar  $S_{PE}$

# Comprimentos máximos das canalizações trifásicas 230/400V

$m = 1$ ;  $U_L = 50V$ , condutores de cobre ( $\rho_1 = 22,21 m\Omega \text{ mm}^2/m$ ),  
regulação magnética= 10Ir

| Secções |     | intensidade de corrente estipulada ( A ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|-----|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| mm2     | 16  | 20                                       | 25  | 32  | 40  | 50  | 63  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 |
| 1,5     | 38  | 30                                       | 24  | 18  | 15  | 12  | 9   | 7   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2,5     | 63  | 51                                       | 40  | 31  | 25  | 20  | 15  | 12  | 10  | 8   |     |     |     |     |     |     |     |
| 4       | 102 | 81                                       | 64  | 51  | 40  | 32  | 26  | 20  | 16  | 12  | 10  | 8   |     |     |     |     |     |
| 6       | 153 | 122                                      | 98  | 76  | 60  | 49  | 38  | 30  | 24  | 19  | 15  | 12  | 9   |     |     |     |     |
| 10      | 254 | 203                                      | 159 | 127 | 102 | 81  | 64  | 51  | 40  | 32  | 25  | 20  | 16  | 12  | 10  |     |     |
| 16      | 408 | 327                                      | 261 | 203 | 163 | 130 | 103 | 81  | 64  | 52  | 40  | 32  | 26  | 20  | 16  | 12  | 10  |
| 25      |     |                                          | 408 | 318 | 254 | 203 | 161 | 127 | 102 | 81  | 63  | 51  | 40  | 31  | 25  | 20  | 15  |
| 35      |     |                                          |     | 357 | 357 | 286 | 226 | 178 | 143 | 113 | 88  | 71  | 57  | 44  | 35  | 28  | 22  |
| 50      |     |                                          |     |     |     |     | 408 | 323 | 254 | 203 | 163 | 127 | 102 | 81  | 63  | 51  | 40  |
| 70      |     |                                          |     |     |     |     |     | 357 | 286 | 228 | 178 | 143 | 114 | 88  | 71  | 57  | 44  |
| 95      |     |                                          |     |     |     |     |     |     | 387 | 310 | 242 | 194 | 155 | 121 | 97  | 77  | 61  |
| 120     |     |                                          |     |     |     |     |     |     |     | 391 | 306 | 245 | 196 | 153 | 122 | 98  | 77  |
| 150     |     |                                          |     |     |     |     |     |     |     |     | 332 | 266 | 212 | 166 | 132 | 106 | 84  |
| 185     |     |                                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 306 | 245 | 191 | 153 | 122 | 97  |
| 240     |     |                                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 391 | 313 | 245 | 196 | 156 | 124 |

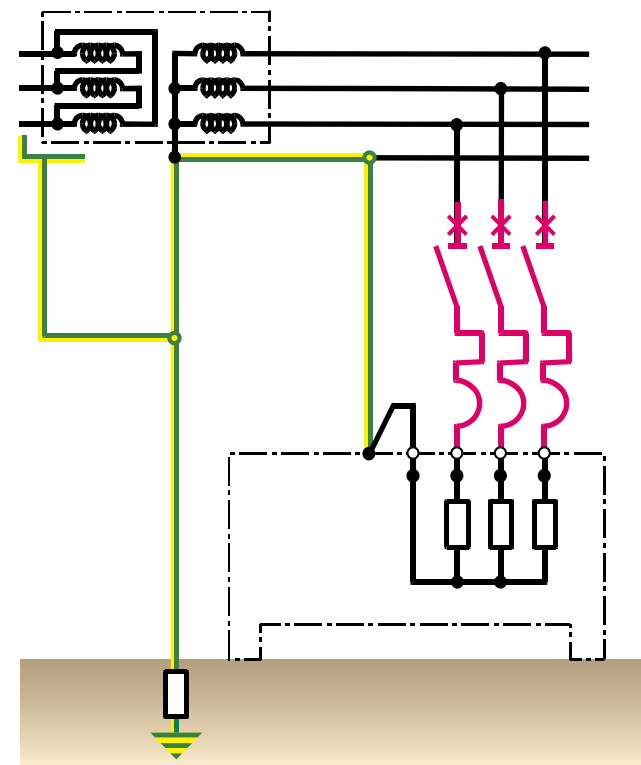
# Tempos de corte máximos em esquema TN

- Sendo o defeito de isolamento semelhante a um curto-circuito fase-neutro, há que assegurar o corte da instalação por um **Dispositivo de Protecção contra Curto-Circuitos (DPCC)**, num tempo de corte, função de  $U_L$ :

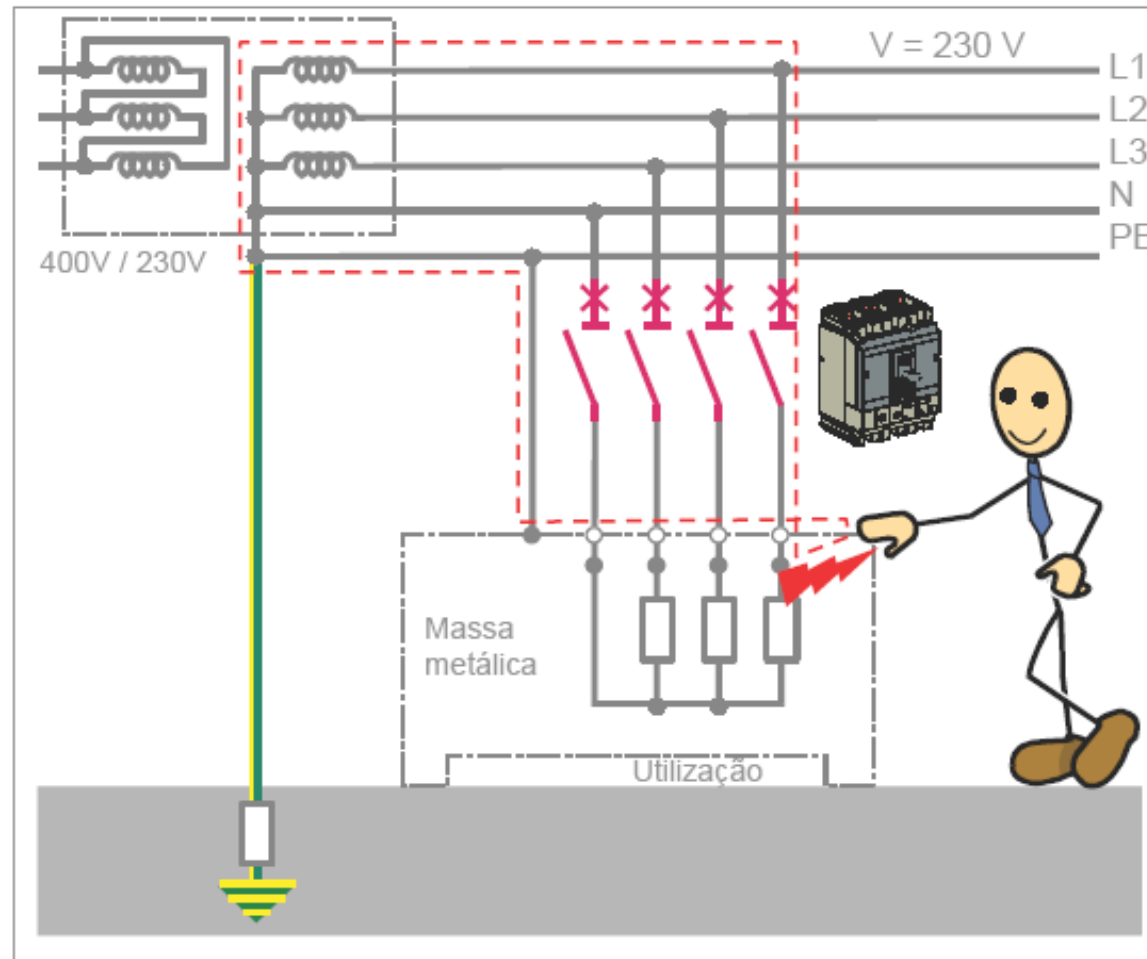
(RTIEBT – secção 413.1.3.3)

**Quadro 41A**

| $U_0$ (Volt) | Tempo de corte<br>(segundos) $U_L = 50V$ | Tempo de corte<br>(segundos) $U_L = 25V$ |
|--------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Fase/Neutro  |                                          |                                          |
| 127          | 0,8                                      | 0,35                                     |
| <b>230</b>   | <b>0,4</b>                               | <b>0,2</b>                               |
| 400          | 0,2                                      | 0,05                                     |
| > 400        | 0,1                                      | 0,02                                     |



# solução





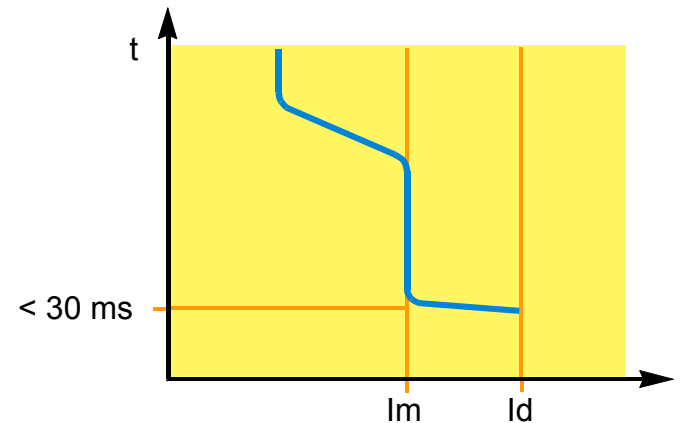
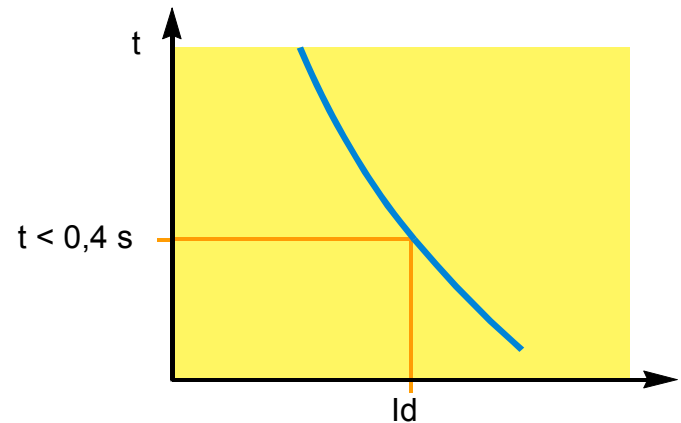
# Aparelhagem associada em TN-S

## Protecção por DPCC\*

### ● A protecção:

- A corrente de defeito  $I_d$  depende para uma dada secção / da matéria condutora(cu/alu) e do comprimento dos condutores
- Por fusíveis : curva tempo inverso, verificar o tempo de disparo
- por disjuntor : regulação magnética / CR

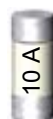
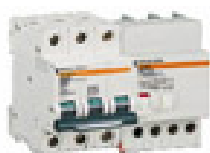
\*DPCC : dispositivo de protecção contra os curto-circuitos



# Aparelhagem associada em TN-S

## Protecção por DPCC

- Se a condição de protecção não estiver preenchida



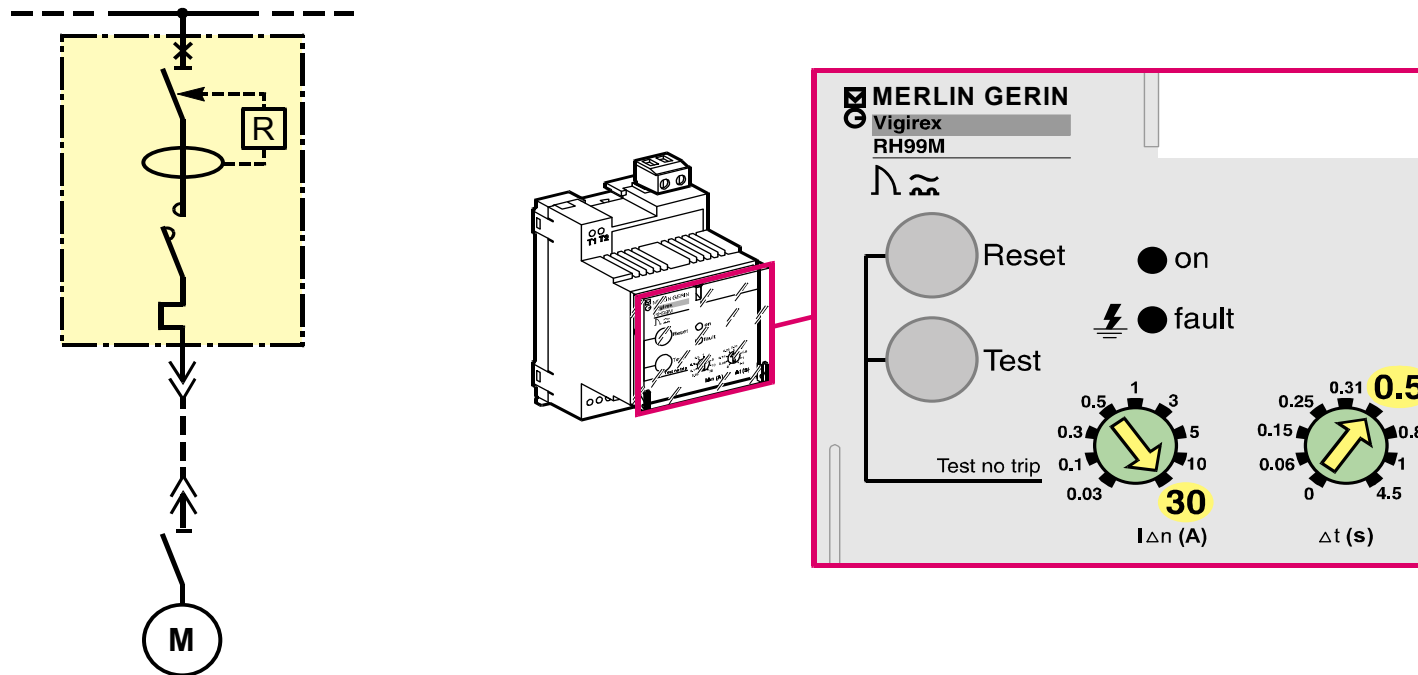
| Disjuntor                      | Fusivel                |
|--------------------------------|------------------------|
| Regulação do magnético (baixo) | sem regulação possível |
| senão                          |                        |
| colocação de DDR standard      | difícil                |
| senão                          |                        |
| Aumento da secção do condutor  |                        |

# Aparelhagem associada em TN-S

## Protecção de bens

- Protecção de motores (em TN-S)

- um defeito de isolamento de baixo valor pode gerar um curto-circuito
- um DDR com uma regulação de 3 a 30 A permite evitar este risco



# Aparelhagem associada em TN-S

## Protecção por DPCC

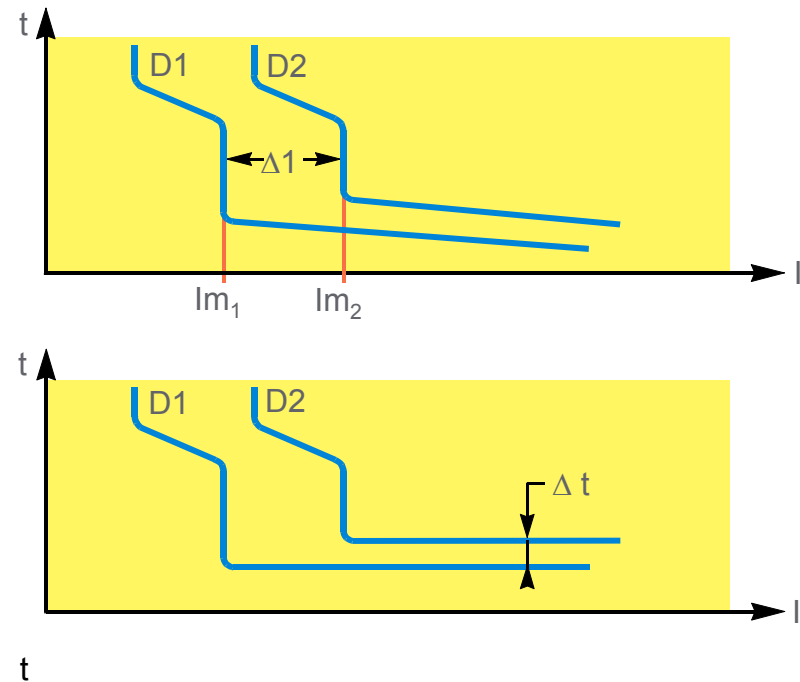
- **Selectividade dos disjuntores**

- **amperimétrica**

- regulação dos calibres LR e CR

- **cronométrica**

- atrazo intencional da protecção a montante LR e CR



# Aparelhagem associada em TN-S

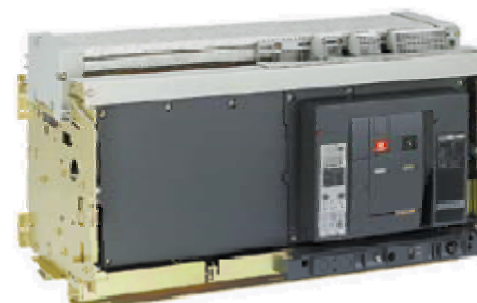
## Protecção por DPCC

- Gamas de disjuntores Schneider Electric

TN-C / 3P 3D

TN-S / 4P 3D, 4P 4D

Masterpact



Compact



Multi 9

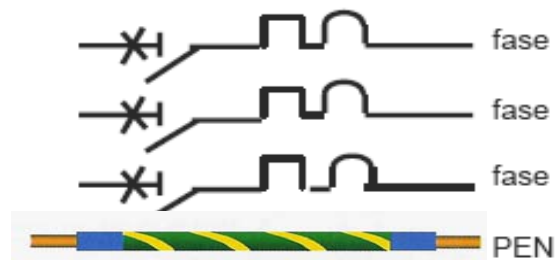


Os disjuntores asseguram também a protecção de sobrecargas em todos os esquemas de ligação à terra de Baixa Tensão

# Colocação em serviço do esquema TN

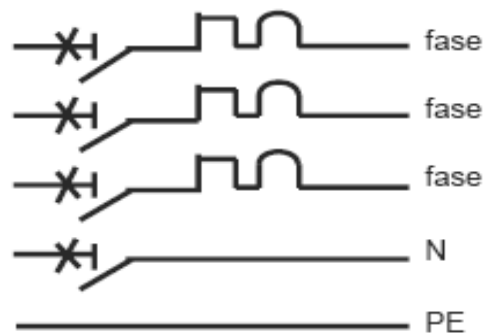
## A protecção do neutro :

TNC

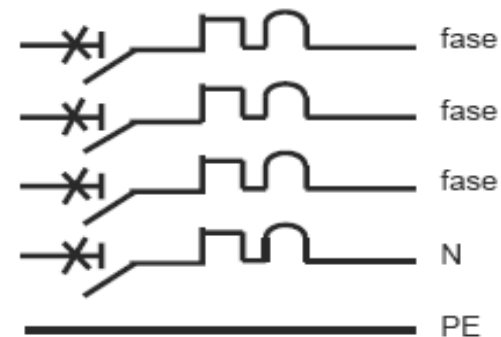


TNS

$SN = S_{fase}$



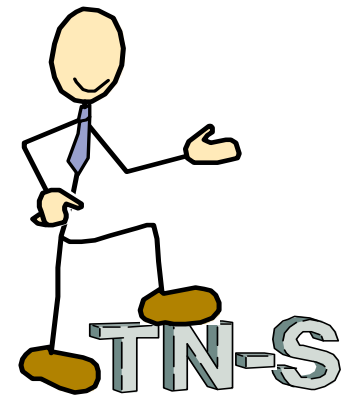
$SN < S_{fase}$



# Principais características

## TN-S

- Protecção de pessoas :
  - Um defeito de isolamento é perigoso
  - A corrente de defeito muito elevada
  - O disparo deve ser instantâneo
  - É assegurado pelo disparo do magnético do DPCC
  - Se a corrente não tem um valor tão elevado, o disparo pode ser assegurado por um DDR
- Protecção de incêndio :
  - A corrente de defeito muito elevada
  - Deve ser vista pelos DDR complementares
- Continuidade de serviço :
  - Obtida pela selectividade dos DPCC



# Principais características

## TN-C

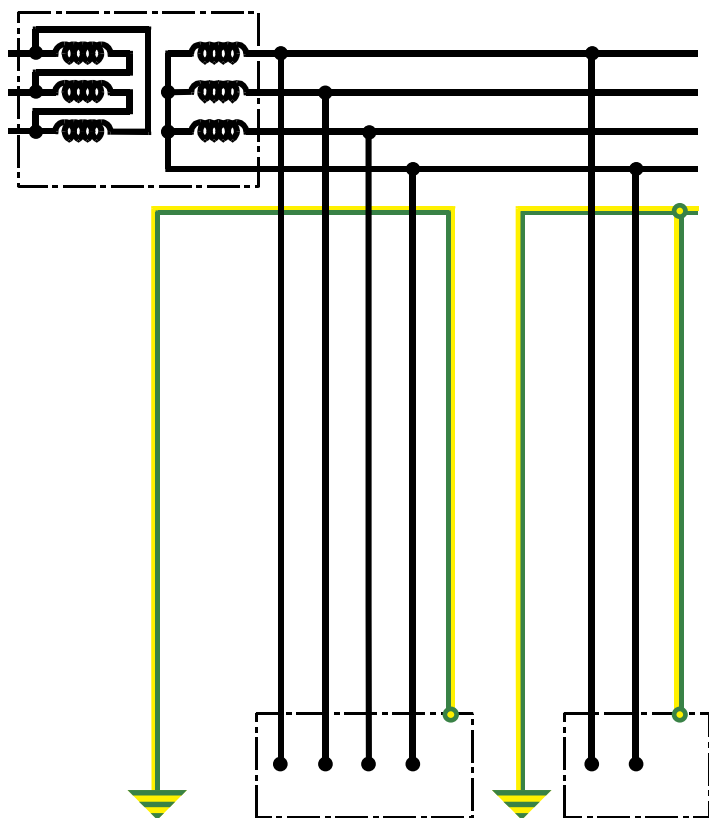
- Protecção de pessoas :
  - Um defeito de isolamento é perigoso
  - A corrente de defeito muito elevada
  - O disparo deve ser instantâneo
  - **É assegurado pelo disparo do magnético do DPCC**
  - Se a corrente não tem um valor tão elevado,  
**A instalação deve ser redimensionada**
- Protecção de incêndio :
  - Não é assegurada (= **TN-C proibida em locais classificados**)
- Continuidade de serviço :
  - Obtida pela selectividade dos DPCC





# Esquema IT

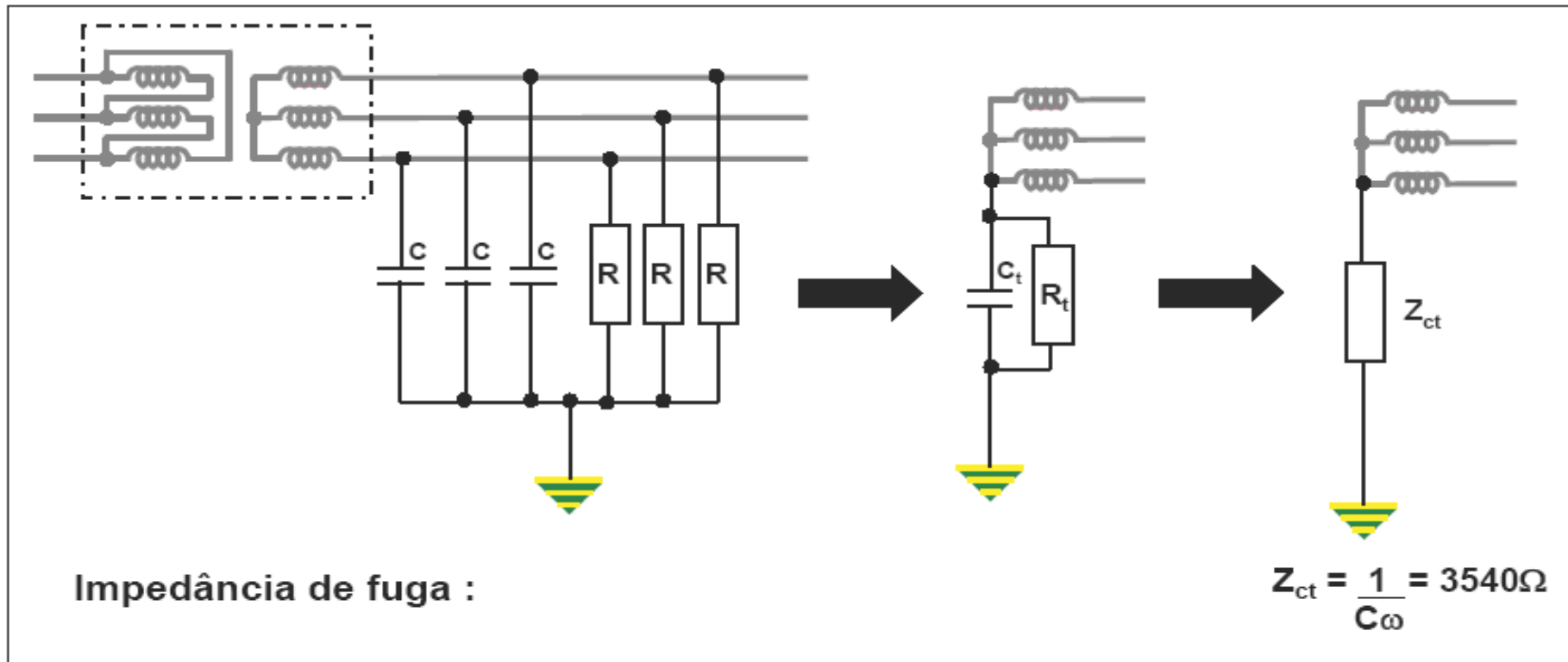
## RTIEBT – secção 413.1.5.1



### ■ Regras gerais :

- ❑ O ponto neutro do transfo BT não está ligado a uma tomada de terra
- ❑ as massas das utilizações são religadas pelo condutor PE a uma **tomada de terra comum** ou a **tomadas de terra separadas**
- ❑ É recomendado pela norma não distribuir o neutro
- ❑ O limitador de sobretensões deve ser usado se transformador MT/BT
- ❑ Todas as massas devem estar interligadas.

# Esquema IT (neutro isolado)



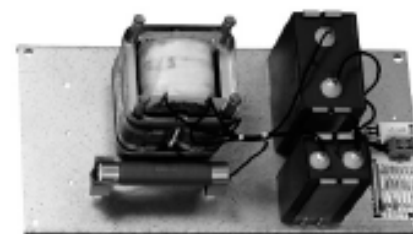
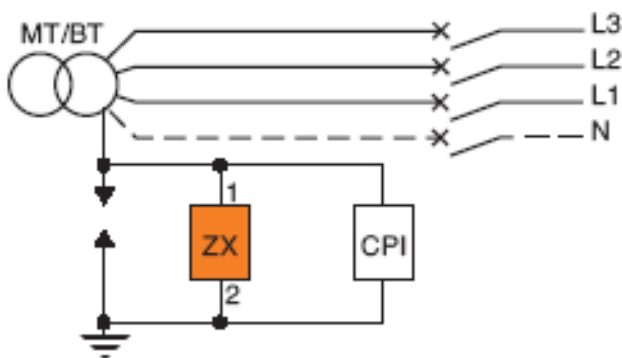
para 1 km de rede trifásica :

- $C = 0,9 \mu F$ ,
- $R = 3,3 M\Omega$ .

# Esquema IT (neutro impedante)

Para reduzir as variações de tensão entre a rede e a terra com origem na MT, pode ser necessário a ligação à terra por meio de impedâncias..., sobretudo em redes pouco extensas que alimentem aparelhos de medida sensíveis a flutuações de tensão.

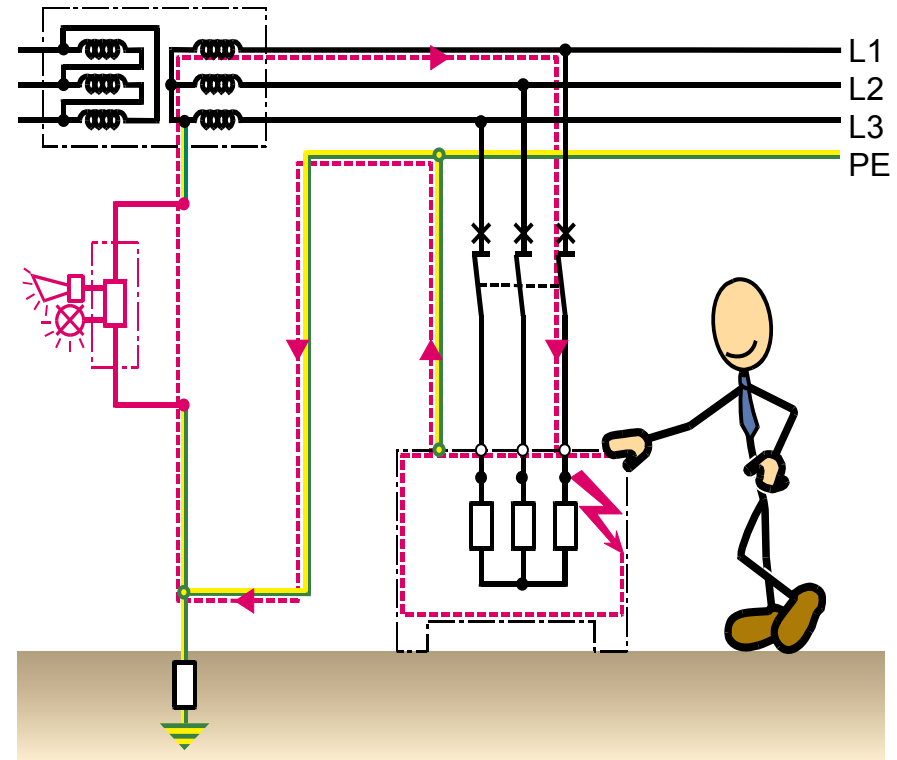
O valor da impedância ZX deve ser seleccionado de forma a evitar flutuações do valor de potencial da instalação, por outro lado baixar o valor das correntes de defeito para que não seja visto pelos equipamentos de protecção (não corte ao primeiro defeito). Na prática recomenda-se um valor de  $1000\Omega$  para redes de 230/400V



Solução Schneider  
 $1500\Omega$  a 50 Hz  
 $1\text{ M}\Omega$  a 2,5 Hz

# Estudo do 1º defeito à terra

- Para uma rede com 1 km, a impedância de fuga à terra  $Z_f$ , será  $\cong 3500 \Omega$ ;
- Para a tensão  $U_o = 230 \text{ V}$ , a corrente de fuga será:  
 $I_f = U_o / Z_f = 230 / 3500 \cong \mathbf{66 \text{ mA}}$ ;
- Para  $R_b = 10 \Omega$ , a tensão de contacto será:  
 $U_d = R_b \times I_f = 10 \times 0,066 = \mathbf{0,66 \text{ Volt}}$ ;



## 413.1.5.3 – Nota:

Quando ocorrer um primeiro defeito de isolamento, a corrente de defeito tem um valor tão reduzido que a tensão de contacto daí resultante não é perigosa, muito inferior a UL

## RTIEBT – secção 413.1.5.3

- As massas devem ser ligadas à terra, individualmente, por grupos ou por conjuntos, devendo verificar-se a seguinte condição:

$$R_A \times I_d \leq 50$$

- Em que:

$R_A$  é a soma das resistências do eléctrodo de terra e dos condutores de protecção das massas em ohms.

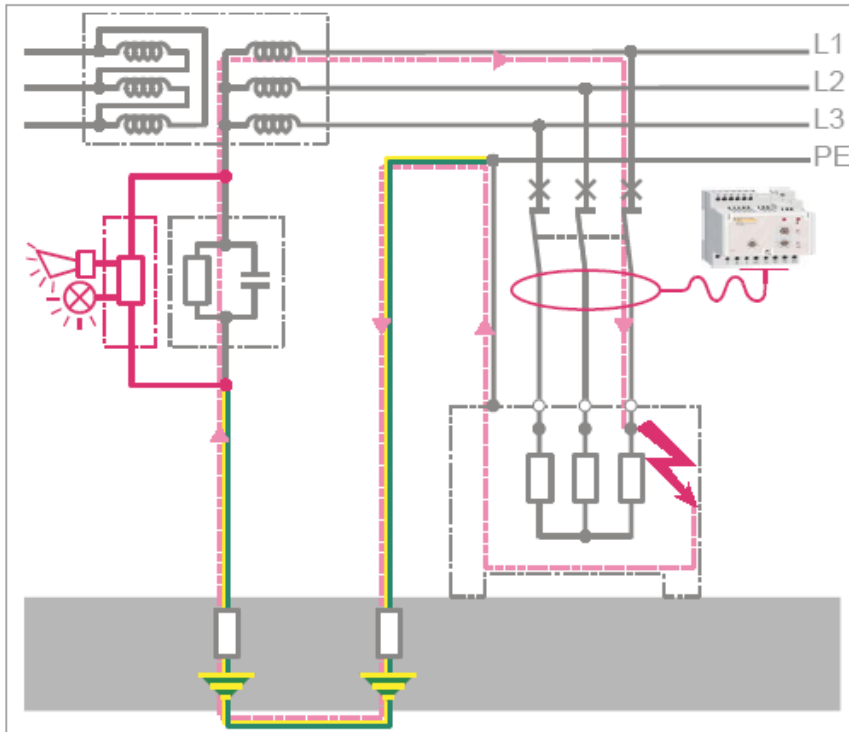
$I_d$  é a corrente de defeito no caso de um primeiro defeito franco entre um condutor de fase e uma massa, em ampéres ( no valor de  $I_d$ , há que ter em conta as correntes de fuga e a impedância global de ligação à terra da instalação eléctrica).

Nota: em condições de humidade mais severas, veja 481.3

# Estudo do 1º defeito à terra

- Desde que se **verifique a condição,  $R_A \times I_d \leq 50$**  , o corte não é obrigatório quando ocorrer um único defeito (à massa ou à terra), dado o valor da corrente de defeito ser muito reduzido...
- Não há risco de incêndio
- O defeito não provoca um disparo mas impõe uma sinalização...

# Estudo do 1º defeito à terra



**O defeito não provoca disparo, mas obriga à sua sinalização, utilização dum**

## ➤ Controlador Permanente de Isolamento

**Obrigatoriedade de procurar a origem do defeito e eliminá-lo rapidamente antes que se produza um segundo defeito que provoque o disparo das protecções.**

**É imperativa a busca e eliminação rápida do primeiro defeito, para beneficiar totalmente da continuidade do serviço, que é a grande vantagem deste tipo de esquema.**

# Esquema IT

- A vantagem explicada foi claramente valorizada pelos editores das normas internacionais e nacionais para manter um elevado nível de disponibilidade **(quadros de segurança)**.
- Um cálculo simples de probabilidades confirma a vantagem do IT.  
Supondo que a probabilidade de defeito de isolamento numa instalação eléctrica é de um defeito em cada 90dias, ou seja,  $\lambda = 1/90$  dias, que a reparação e busca do defeito é de um dia, ou seja,  $\mu = 1$  dia, a técnica de gráficos de Markof permite calcular o tempo médio entre duas falhas no 2º defeito, **8190 dias!**
- Corresponde a uma disponibilidade 91 vezes superior ao TT ou TN



# O CPI - RTIEBT – secção 413.1.5.4

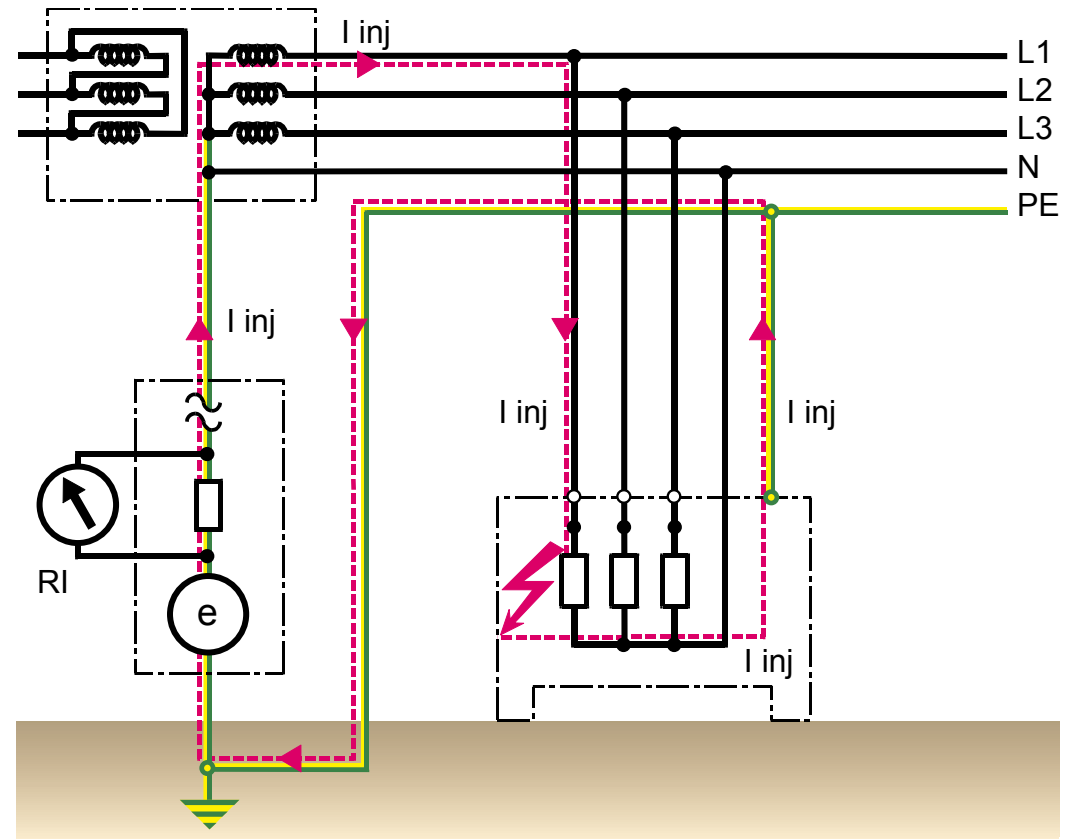
■ **Objectivo: sinalização do primeiro defeito**

■ tipos de CPI :

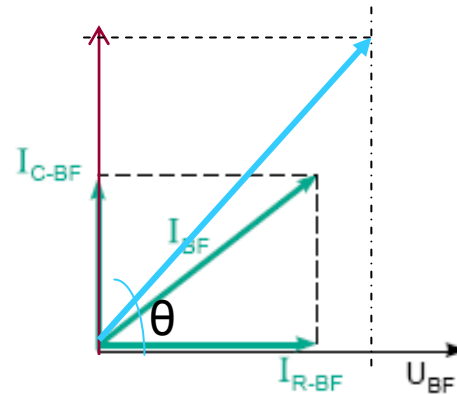
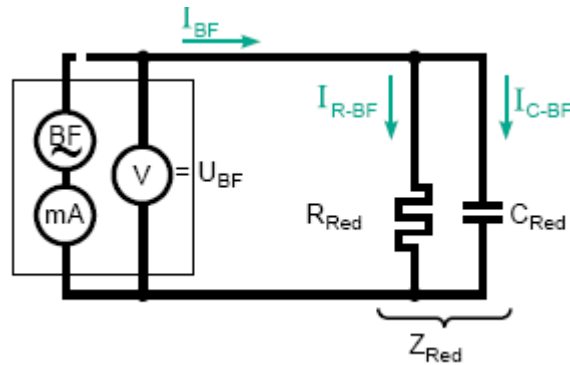
- CPI de injeção de corrente contínua
  - permite ter em consideração unicamente a parte de resistência de isolamento da rede.
  - só funciona em redes AC
- CPI de injeção de corrente alternada
  - permite ter em consideração a resistência de isolamento e a capacidade da rede
  - funciona sobre as redes AC e DC

■ **nota importante :**

**Não é permitido o funcionamento em simultâneo de 2 CPI sobre a mesma rede**



# o CPI de injeção de corrente alternada



Actualmente a técnica de Injecção de corrente alternada de BF permite identificar um mau isolamento (fugas resistivas) das fugas capacitivas.

Um aumento das capacidades parasitas da rede (por envelhecimento da rede; filtros de AF...) implica consequentemente um aumento de IC sem que signifique perda de isolamento ( o valor de R mantêm-se),

**O CPI detecta em módulo e fase.**

# O CPI

- Deve ser previsto um controlador permanente de isolamento para sinalizar o aparecimento de um 1º defeito entre uma parte activa e a massa ou a terra, que accione um sinal sonoro ou um sinal visual.
- É um dispositivo que controla, continuamente, o isolamento de uma instalação eléctrica. Destina-se a sinalizar qualquer redução significativa do nível de isolamento da instalação, tendo por finalidade permitir a busca da avaria ao 1º defeito. (RTIEBT – 531.3)

# O CPI

- O CPI deve ser regulado para um valor de resistência de isolamento inferior ao especificado na secção 612.3

## Resistência de isolamento da Instalação Eléctrica

| Tensão nominal do circuito<br>(V) | Tensão ensaio em DC<br>(V) | Resistência de isolamento<br>(MΩ) |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| TRS e TRP                         | 250                        | $\geq 0,25$                       |
| $U \leq 500$                      | 500                        | $\geq 0,5$                        |
| $U > 500$                         | 1 000                      | $\geq 0,1$                        |

As medições devem ser feitas em DC, devendo o aparelho usado no ensaio fornecer uma tensão ao valor indicado no quadro e uma corrente de 1mA.

# O CPI

- Regulação do CPI

Na prática, o limiar de funcionamento de um CPI é regulado para um valor de aproximadamente 80% da resistência de isolamento do conjunto da instalação. Se a resistência de isolamento for superior a 1,25 vezes o limite superior do domínio de regulação do limiar de funcionamento do CPI, este deve ser regulado para esse valor superior.

# O CPI

- Instalação do CPI – RTIEBT 531.3

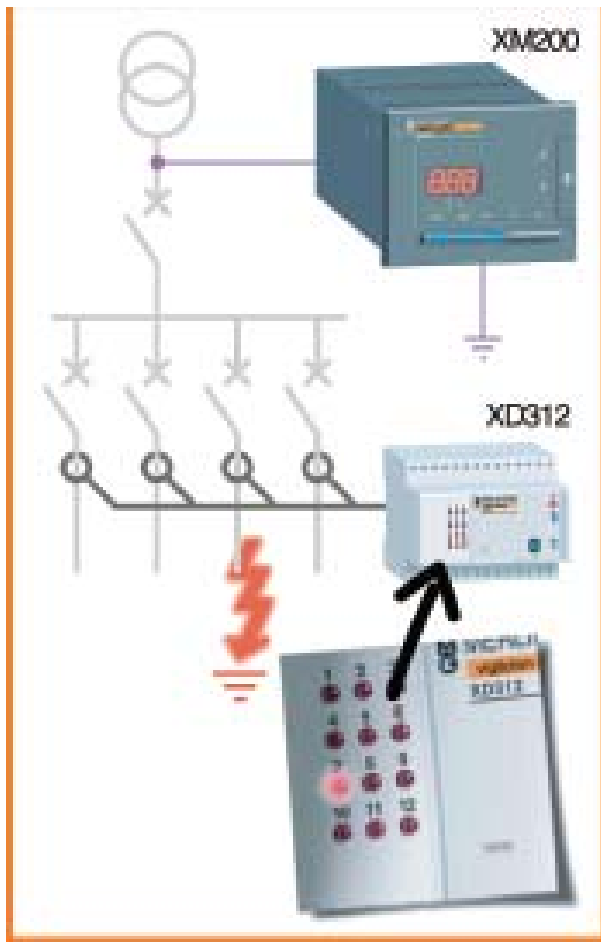
## Terminal de rede

A ligação do CPI efectua-se entre o ponto comum da alimentação (neutro), ou de uma fase se o neutro não for acessível,

## Terminal terra

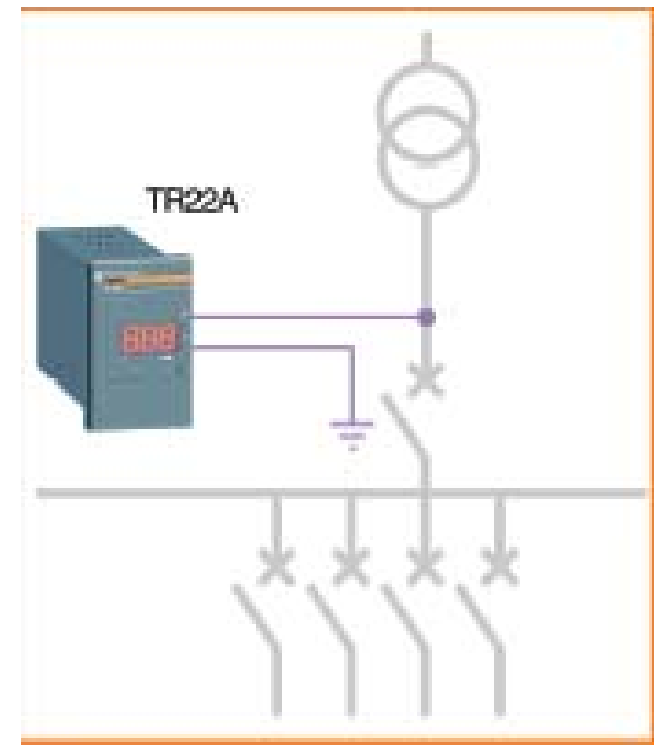
Deve ser ligado ao eléctrodo de terra das massas da instalação

# Diferentes tipos de CPI

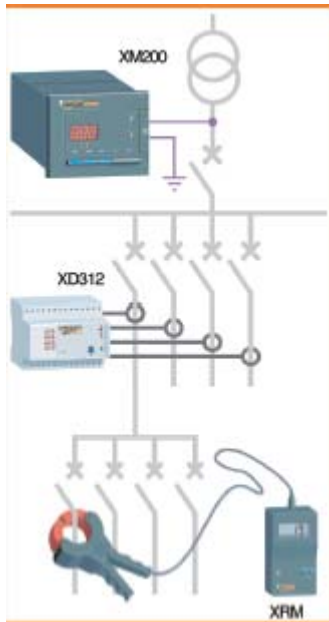


➤ O XM200 faz parte da gama **VIGILOHM SISTEM**. Permite associar aparelhos de localização automática de defeitos

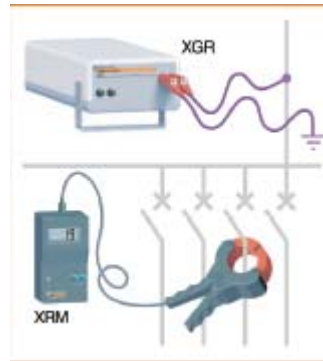
➤ O TR22A além da protecção de defeito mostra em permanência o valor de isolamento num mostrador numérico



# Busca do defeito



❑ Automática

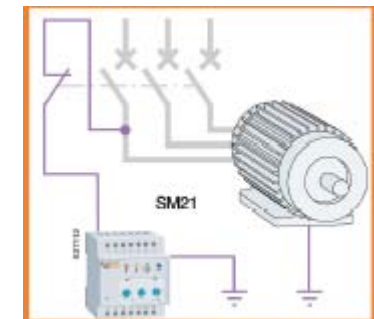


❑ Manual

Sempre que o CPI injecta um sinal DC ( EM9, TR22A...) a busca faz-se com recurso a um gerador de tensão alternada (XGR) e um receptor de busca móvel

❑ Fora de tensão

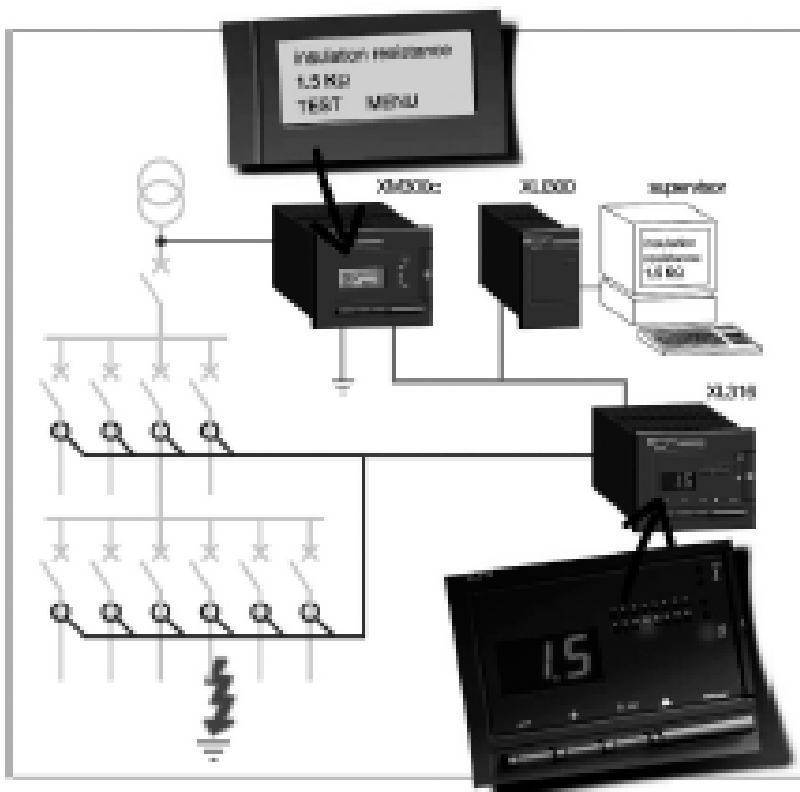
Controlo de isolamento em motores “chave”, equipamentos de segurança, bombas de incêndio...esta falha de isolamento pode advir de humidades, micro-fissuras dos isolamentos.



**Solução: SM21 – CPI off-line**



# Vigilohm system



## Medida repartida com visualização centralizada

### Principais funções:

- 1) Medida repartida
- 2) Centralização num supervisor ( JBus)
- 3) Adaptação às configurações da rede  
(em caso de mais do que uma fonte  
permite gerir a exclusão dos CPI)

# Vigilohm system - escolha da arquitetura

|                                                         | ② Dispositivos de busca e medida |                       |                     |                          |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|
|                                                         | receptor<br>XRM                  | detector<br>XD301/312 | detector<br>XD308 C | localizador<br>XL308/316 |
| ① Nível de desempenho                                   |                                  |                       |                     |                          |
| busca manual móvel                                      | ■                                |                       |                     |                          |
| localização automática<br>com visualização local        |                                  | ■                     | □                   | □                        |
| localização automática<br>com visualização centralizada |                                  |                       | ■                   | □                        |
| medida repartida<br>com visualização local              |                                  |                       |                     | ■                        |
| medida repartida<br>com visualização centralizada       |                                  |                       |                     | ■                        |
| ③ Controlador CPI                                       |                                  |                       |                     |                          |
| XM200                                                   | ■                                | ■                     |                     |                          |
| XM300c                                                  | □                                | □                     | ■                   | ■                        |
| XML308/316                                              | □                                | □                     | □                   | ■                        |
| ④ Interfaces XAS, XLI300,XTU300                         |                                  |                       | ■                   | ■                        |

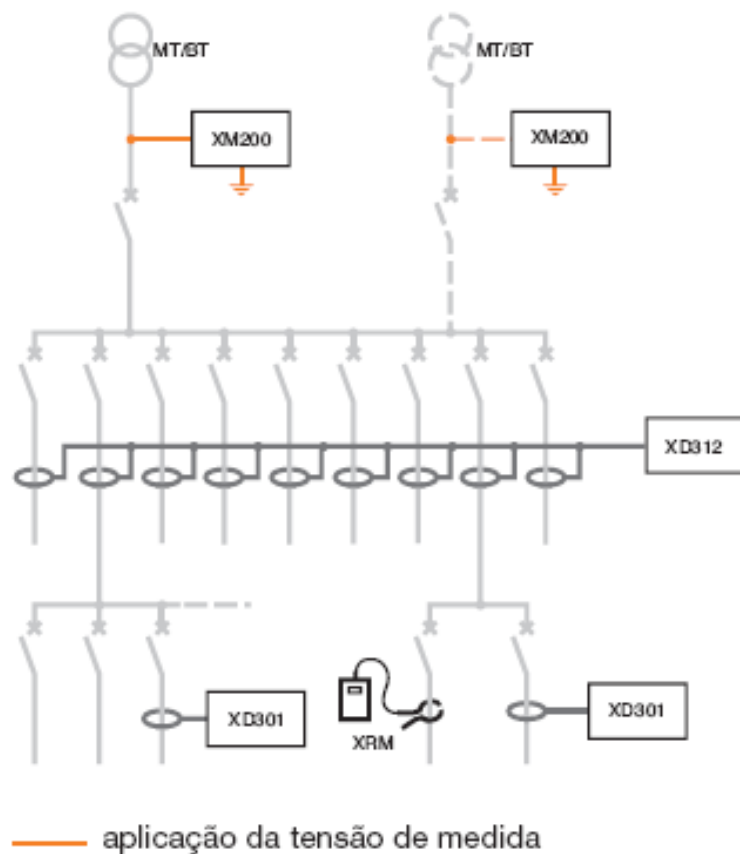
■ aparelho correspondente, o mais possível, à função realizada;  
□ aparelhos que também podem funcionar, com mais capacidades ou desempenho.

# Vigilohm system - escolha da arquitetura

A escolha do sistema efectua-se em quatro etapas:

1. Definir o nível de desempenho desejado pelo sistema de busca e medida
2. Seleccionar os aparelhos de busca correspondentes
3. Seleccionar os CPI compatíveis com os aparelhos de busca
4. Verificar a necessidade de interface

# Vigilohm system - exemplos



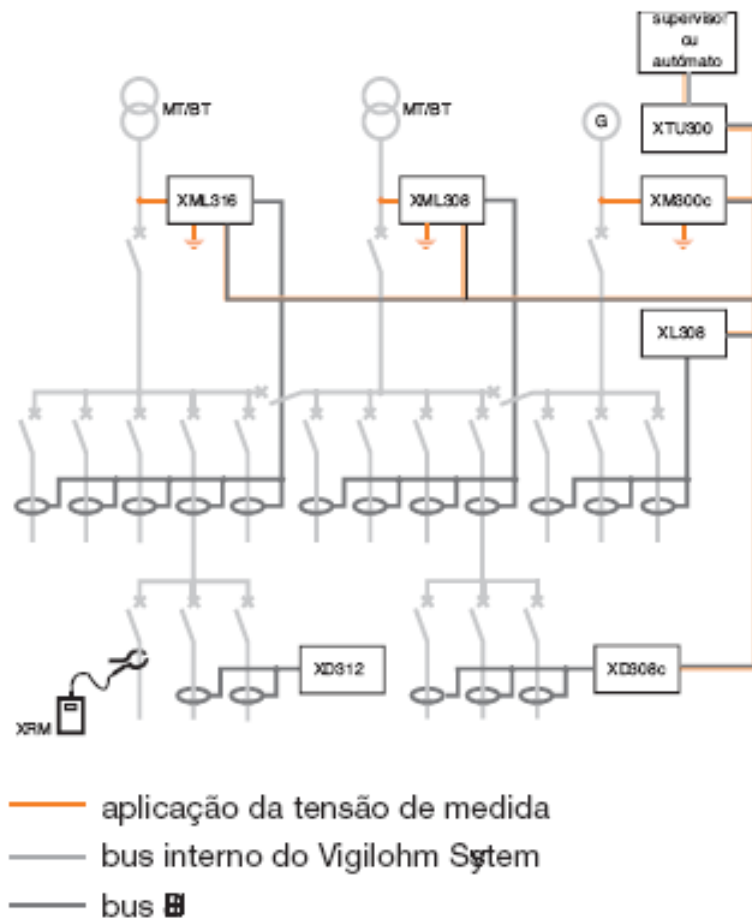
## Exemplo1:

Localização automática com visualização local.

A associação de um CPI XM200 e detectores XD301 ou XD312 será a arquitetura mínima de detecção com localização automática de defeitos.

A pesquisa pode ser complementada pelo receptor XRM, com pinça amperimétrica, para localizar a parte defeituosa da saída. A exclusão dos CPI XM200 é efectuada pelos contactos de posição dos disjuntores.

# Vigilohm system-exemplos de instalação



## Exemplo2:

Medida e localização automática de defeito com visualização local e central.

## Rede com disjuntores interbarras

À detecção com localização automática de defeito adiciona-se a medição nas saídas principais (**XL308/316 e XML308/316**).

As saídas secundárias são vigiadas por um

simples detector **XD312/XD301** ou por um detector **XD308C** que comunica a detecção de defeito ao supervisor (via interface XTU300)

A arquitetura da rede (várias alimentações com vários barramentos) conduz à utilização de um interface XTU300 para gerir as exclusões dos CPI e a associação dos localizadores com os CPI dos quais dependem.

# Vigilohm system - exemplos de ligação

## XM200



Bornes de caixa para cabo de 1,5 mm<sup>2</sup>

Legenda:

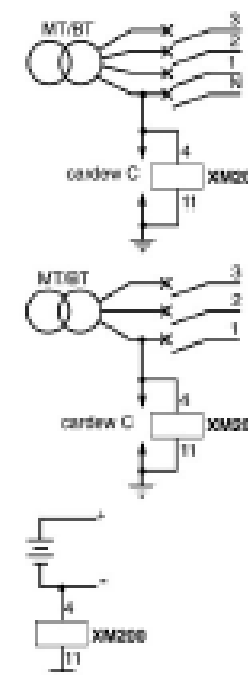
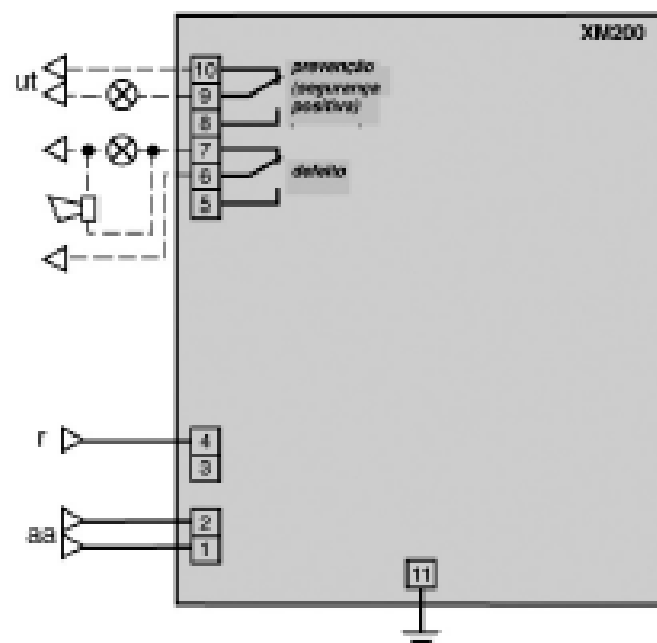
aa: alimentação auxiliar ~ +10%, -10 %

50-60 Hz

ut: utilização

r: rede

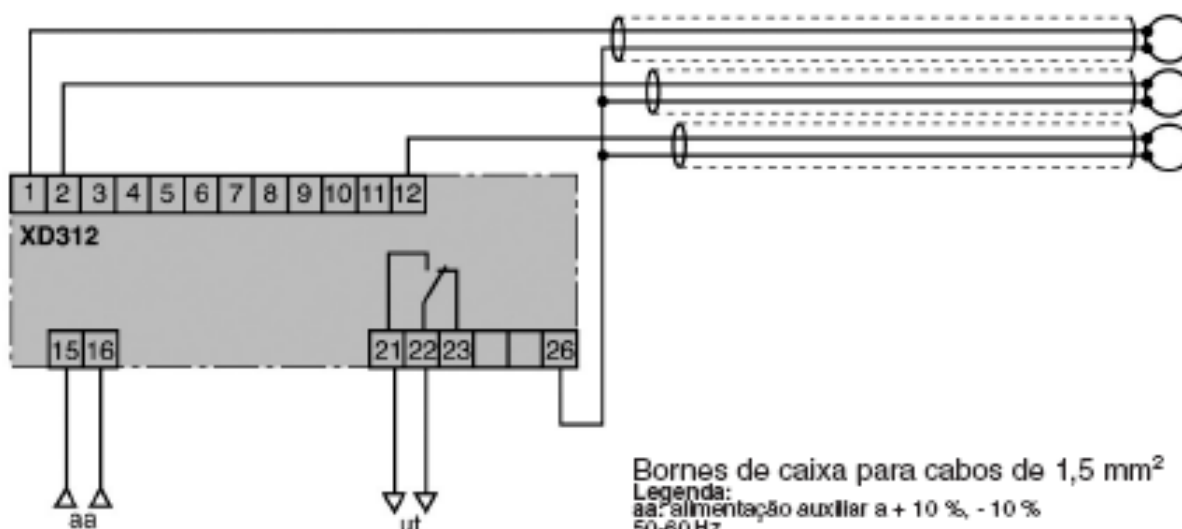
borne 11: tomada de terra para terminais redondos ø 4 mm



|       |                                     |                       |
|-------|-------------------------------------|-----------------------|
| XM200 | alimentação auxiliar monofásica (V) | 115/127 V CA 50/60 Hz |
|       |                                     | 220/240 V CA 50/60 Hz |
|       |                                     | 380/415 V CA 50/60 Hz |
|       |                                     | 500/525 V CA 50/60 Hz |

# Vigilohm system - exemplos de ligação

XD312



Bornes de caixa para cabos de 1,5 mm<sup>2</sup>  
 Legenda:  
 aa: alimentação auxiliar a + 10 %, - 10 %  
 50-60 Hz  
 ut: utilização  
 t: toro A ou OA

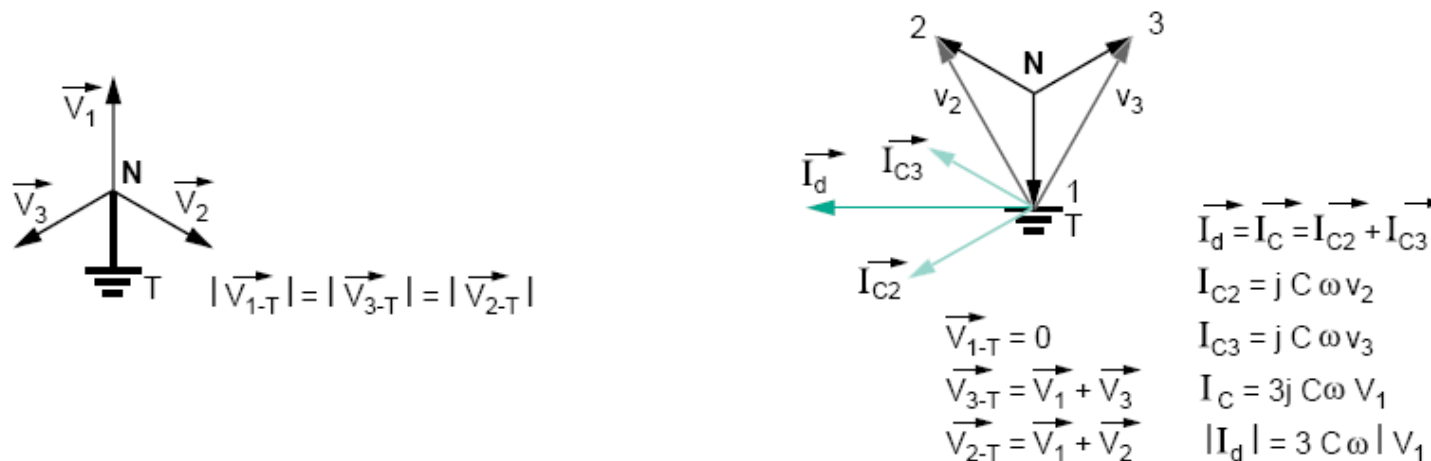
|       |                                     |                       |
|-------|-------------------------------------|-----------------------|
| XD312 | alimentação auxiliar monofásica (V) | 115/127 V CA 50/60 Hz |
|       |                                     | 220/240 V CA 50/60 Hz |
|       |                                     | 380/415 V CA 50/60 Hz |
|       |                                     | 500/525 V CA 50/60 Hz |

# Sobretensões em esquema IT

- Sobretensões devidas a defeitos de isolamento
- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT
- Sobretensões devidas a descargas atmosféricas na rede de MT
- Sobretensões devidas a descargas atmosféricas em edifícios da instalação



- Sobretensões devidas a defeitos de isolamento



Os equipamentos de BT devem estar dimensionados para suportar durante o tempo de busca e eliminação do defeito uma tensão fase massa composta.

- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT

1. São pouco frequentes e a sua aparição “brusca” implica que o limitador de sobretensões coloque de imediato a rede de BT à terra evitando-se atingir os valores de tensão da MT.

●→ Utilização de um limitador de 750V em redes de 230/400V

- Sobretensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT

## 2. Arcos de retorno ou arcos internos MT- massa

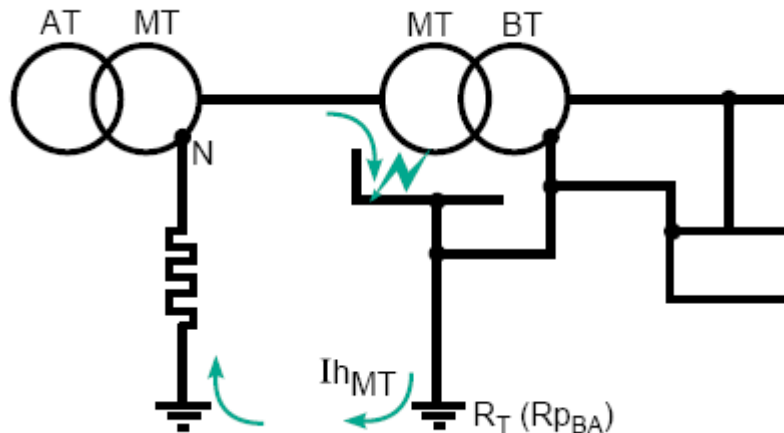
| Tensões alternadas admissíveis sobre os equipamentos BT | Tempo de corte (s) |
|---------------------------------------------------------|--------------------|
| $U_0 + 250 \text{ V (650 V en IT) }^*$                  | $> 5$              |
| $U_0 + 1200 \text{ V (1600 V en IT) }^*$                | $\leq 5$           |

(\*) Para uma rede IT, a tensão  $U_0$  substituí-se pela tensão  $\sqrt{3} U_0$ .

Sobretensões admissíveis nos materiais de BT numa instalação em IT com rede de 230/400V

- Sobreensões devidas a arcos internos nos transformadores MT/BT

Quando a massa do transformador e a rede de BT se ligam à mesma tomada de terra, há o risco de perfuração dos materiais de BT se a tensão  $R_p I_{h_{MT}}$  ultrapassar a rigidez dielétrica dos equipamentos, sendo  $R_p$  a resistência da tomada de protecção e  $I_{h_{MT}}$  a corrente homopolar de MT



Solução: criar terras distintas, difícil... Devido á malhagem das massas no PT...

- Sobretensões devidas a descargas atmosféricas

Se existir uma descarga atmosférica na rede de MT, provoca uma onda que se transmite aos condutores activos do lado BT por ligação capacitiva entre os enrolamentos do transformador.

O limitador de sobretensões terá como objectivo absorver as sobretensões que chegam ao condutor activo ao qual está ligado (neutro ou fase), e coloca-se em curto-circuito se a sobretensão for muito energética.

**IT ↔ TN-s**

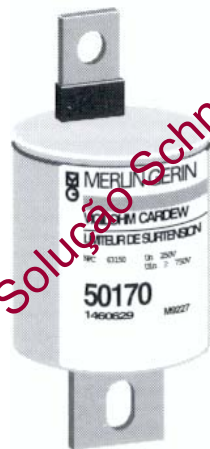
# O limitador de sobretensões



## ■ Escolha dos limitadores de sobretensão em função :

- ☐ da tensão nominal da instalação
- ☐ nível de isolamento da instalação
- ☐ do modo de ligação do limitador
- ☐ da corrente de curto circuito presumida na origem da instalação

Cardew C

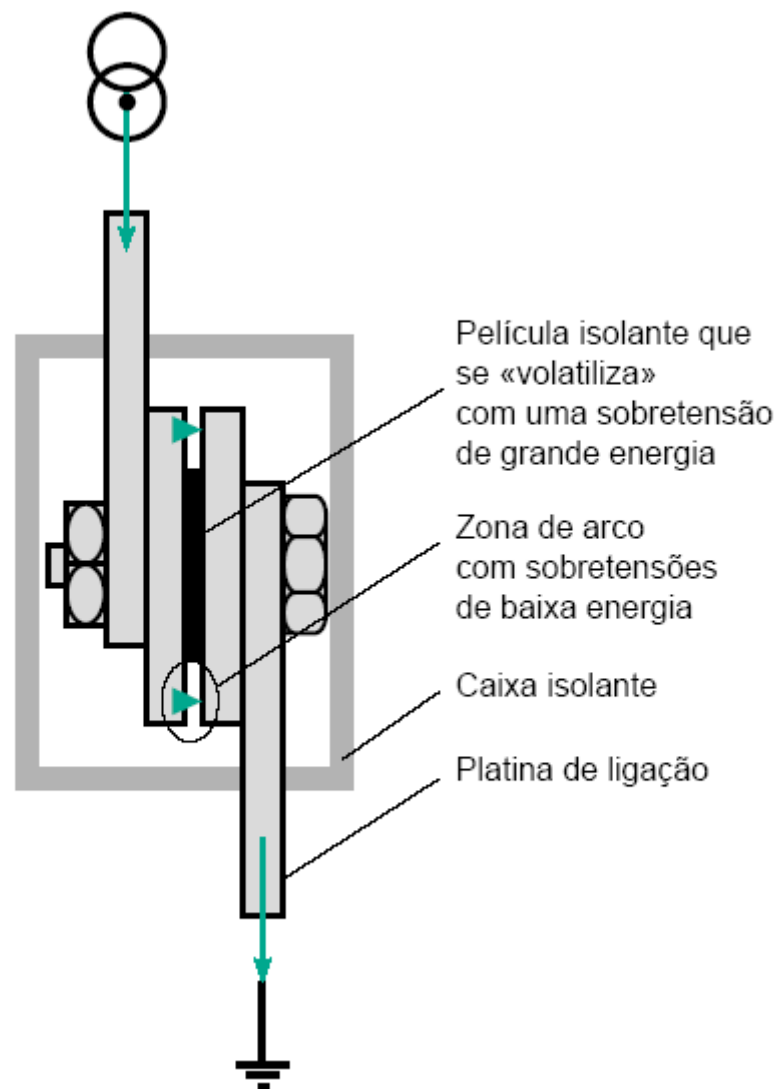


## Importante :

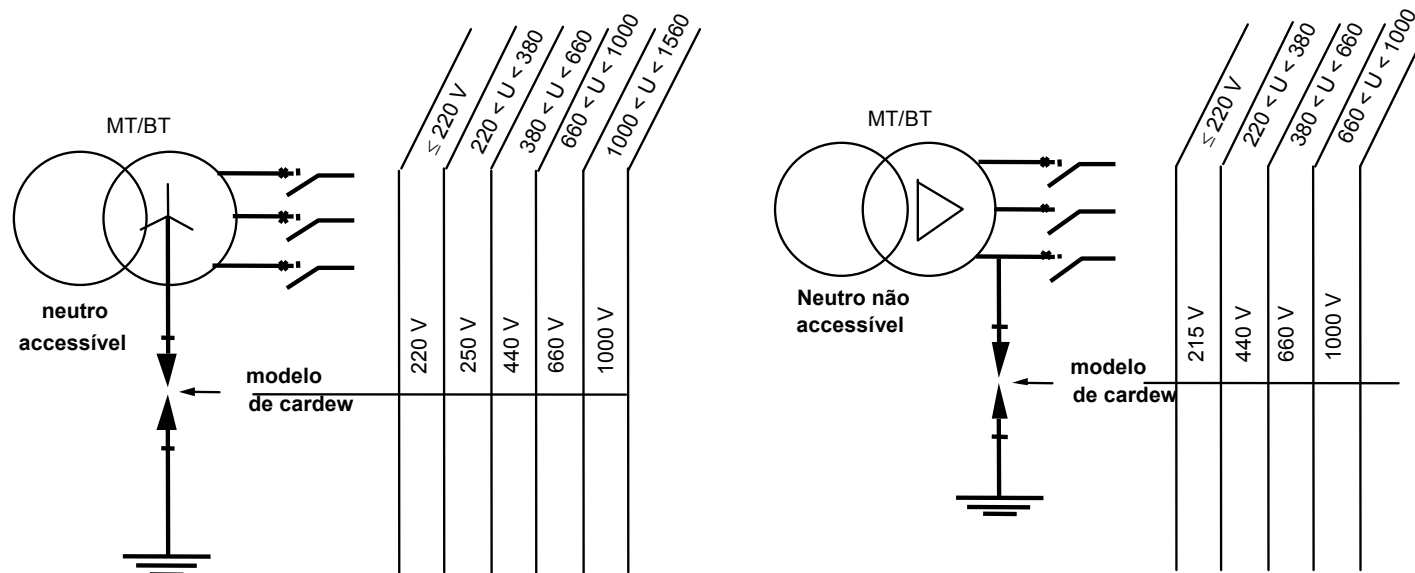
em caso de funcionamento, o limitador de sobretensão

- **transforma um esquema ITR em TN**
- **transforma um esquema ITN em TT**

# O limitador de sobretensões



# O limitador de sobretensões



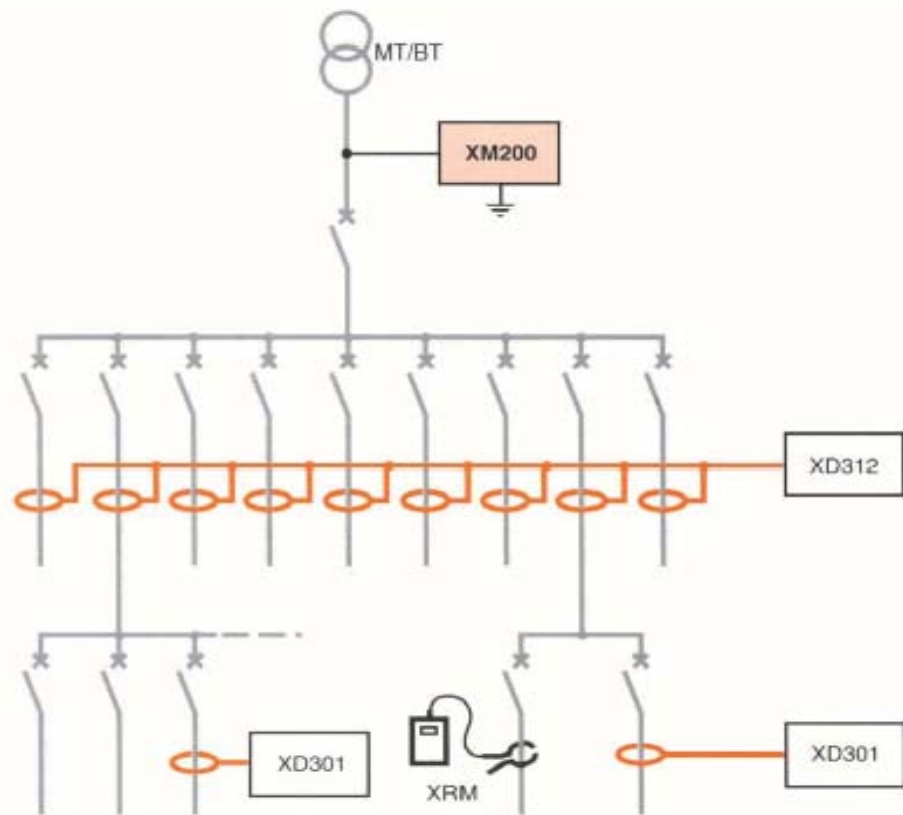
**Quadro de escolha do cabo de ligação do cardew c**

|                              |     |    |    |     |     |     |     |     |     |      |      |
|------------------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| P do transfo<br>kVA / 400 V  | 15  | 40 | 50 | 63  | 125 | 200 | 315 | 400 | 630 | 1000 | 1600 |
|                              | 25  |    |    | 80  | 160 | 250 |     | 500 | 800 | 1250 | 2000 |
|                              |     |    |    | 100 |     |     |     |     |     |      |      |
| secção Cu<br>mm <sup>2</sup> | 2.5 | 4  | 6  | 10  | 16  | 25  | 35  | 50  | 70  | 95   | 120  |

Nota : estas secções são obrigatórias em esquema ITR



# Procura de defeitos, sob tensão,

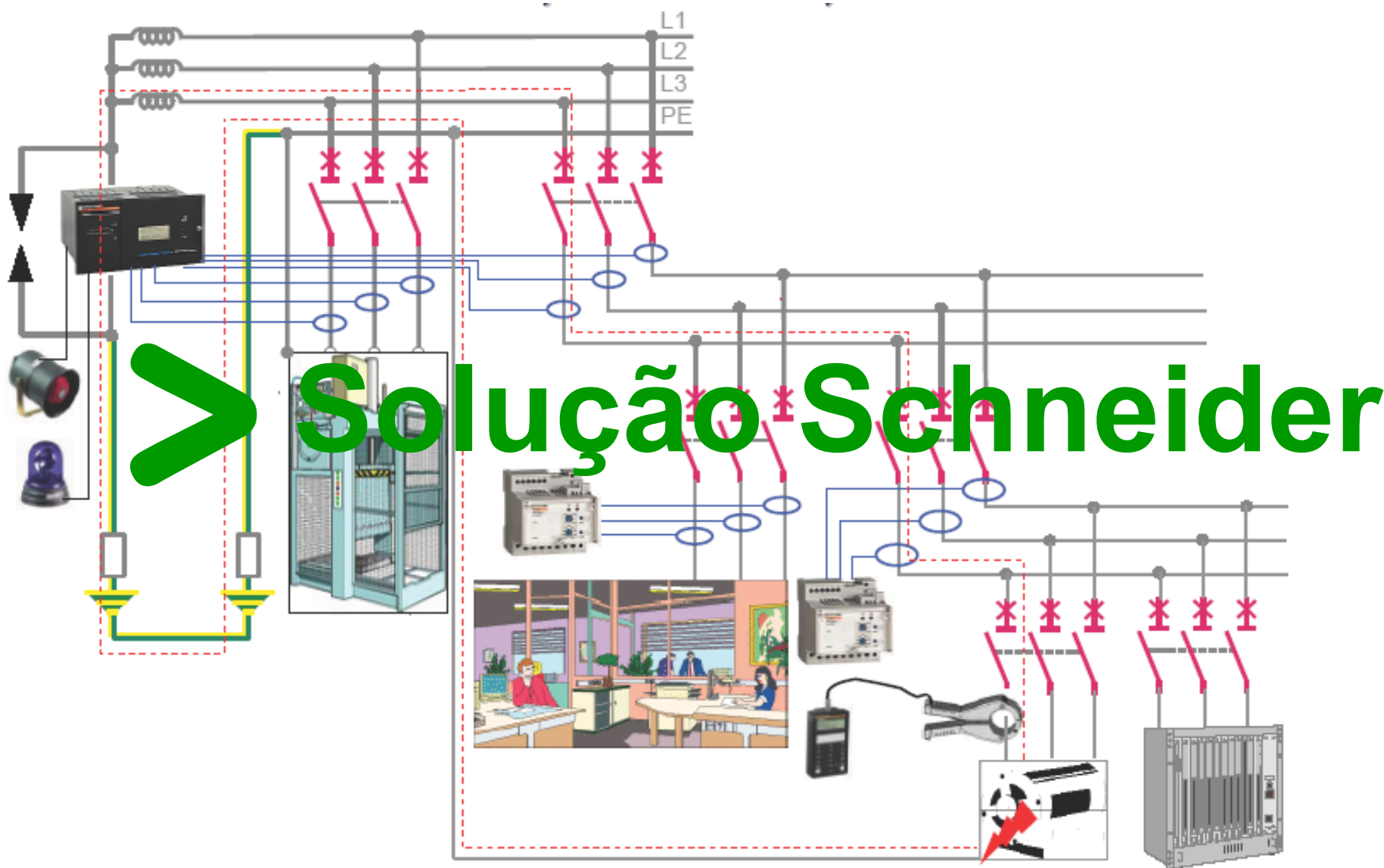


## ■ procura automática

*detectores fixos :  
(XD312 - XD 301)*

## ■ procura manual

*Detectores móveis :  
(caixa XRM associada a  
pinças P15 / P50 / P100)*



# RTIEBT – secção 413.1.5.5 – 2º defeito

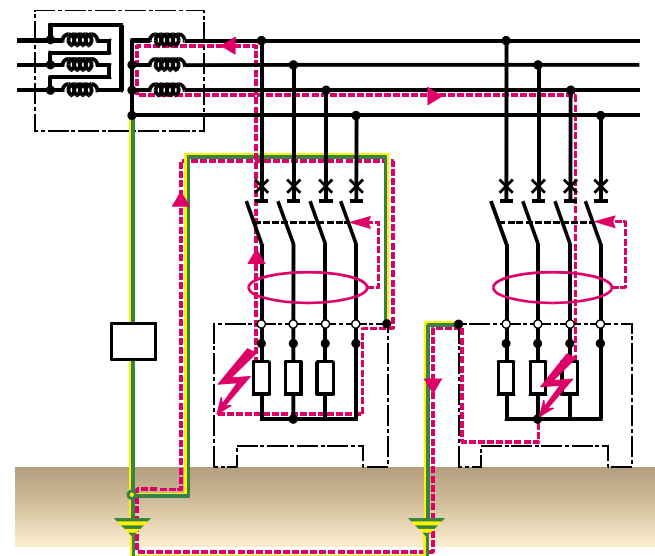
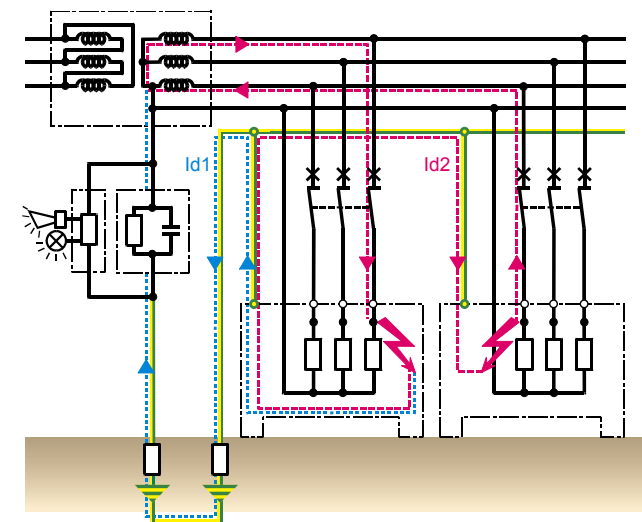
- No caso de ocorrer um segundo defeito, devem ser tomadas as medidas adequadas por forma a evitar riscos de efeitos fisiopatológicos perigosos para que as pessoas possam ficar em contacto com partes condutoras simultaneamente acessíveis.
- Quando ocorrer um segundo defeito sem que o primeiro esteja resolvido, a alimentação deve, consoante o modo de ligação das massas à terra, ser interrompida nas seguintes condições:
  - a) Quando as massas estiverem ligadas à terra, individualmente ou por grupos **o esquema IT transforma-se em TT** – aplicação das regras indicadas em 413.1.4 (com excepção do 2º parágrafo de 413.1.4.1 que não é aplicável)
  - b) Quando as massas estiverem interligadas, **o esquema IT transforma-se em TN**, sendo aplicáveis as regras de, 413.1.5.6 e 413.1.5.7

# Análise do 2º defeito

Se aparecer um segundo defeito numa outra fase, enquanto o primeiro defeito não tiver sido eliminado, as massas dos receptores respectivos são levadas ao potencial desenvolvido pela corrente de defeito no condutor de protecção (PE) que as interliga;

**1º caso – As massas de utilização estão interligadas pelo condutor de protecção;**

**2º caso – As massas de utilização estão ligadas a tomadas de terra diferentes, não interligadas.**



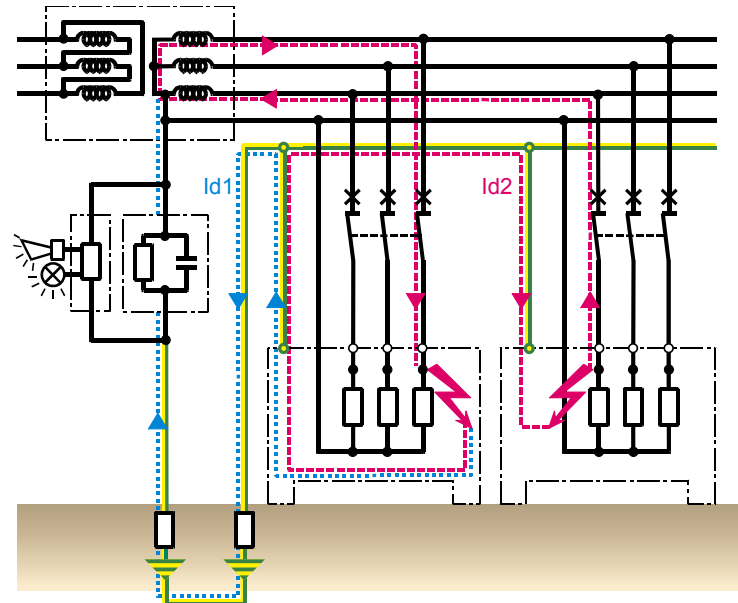
# Análise do 2º defeito

## 1º caso – Massas de utilização interligadas pelo condutor de protecção (PE):

- Situação semelhante ao esquema TN. O segundo defeito gerado é assim um curto-circuito;
- A protecção é assegurada por DPCC ( $I_{rm} < I_d$ ), sendo obrigatório verificar sempre a impedância do anel (condutor PE e fase);

|                     | Tempos de corte a respeitar em segundos, para $U_L = 50V$ |                    |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------|
| $U_o - U_c$ (volts) | Neutro não distribuído                                    | Neutro distribuído |
| 120 – 240           | 0,8                                                       | 5                  |
| 230 – 400           | 0,4                                                       | 0,8                |
| 400 – 690           | 0,2                                                       | 0,4                |

(RTIEBT – secção 413.1.5.6) - Quadro 41B



Quando aparece um defeito entre duas massas, vai circular uma corrente nos condutores de fase e no condutor de protecção PE, que assegura a interligação das massas.

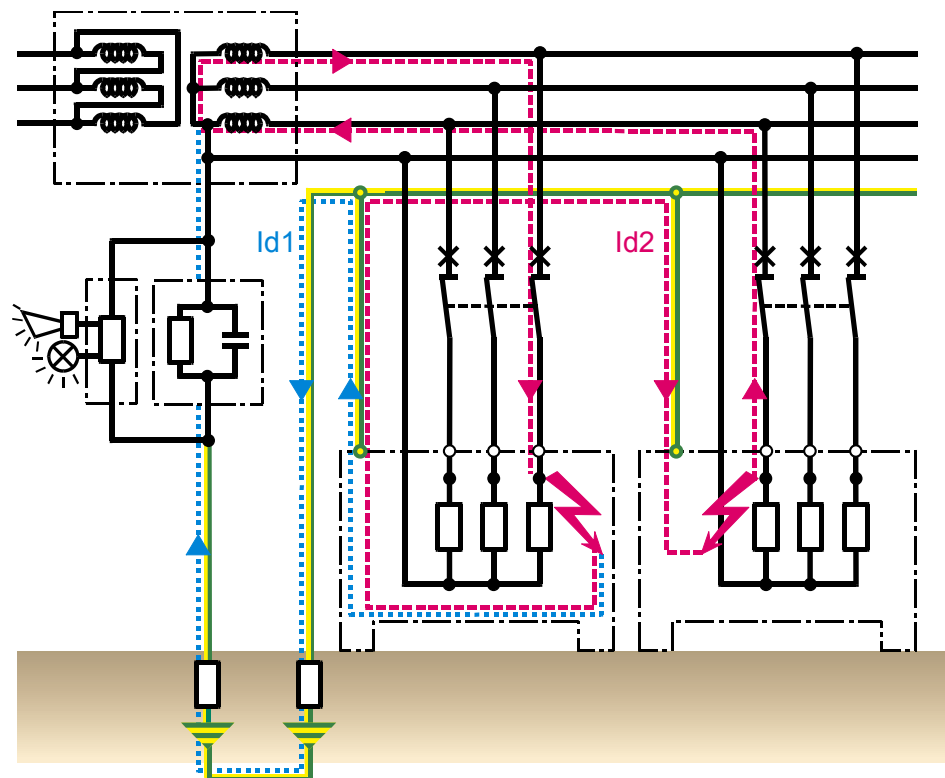
## 1º caso – Massas de utilização interligadas pelo condutor de protecção (PE):

- Se o circuito tiver neutro distribuído, o comprimento do cabo situado a jusante do último DPCC não deve exceder:

$$L_{\text{máx}} = \frac{1}{2} \times \frac{0,8 \times U_0 \times S_{\phi}}{\rho (1 + m) I_{\text{rm}}}$$

- E se não tiver neutro distribuído:

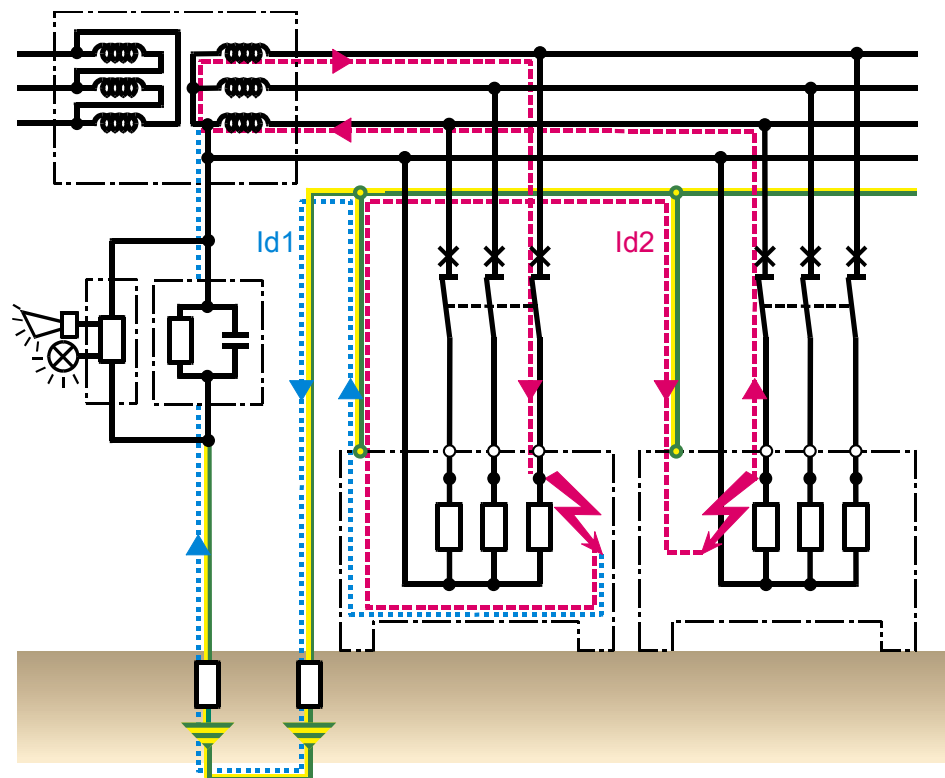
$$L_{\text{máx}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{0,8 \times U_0 \times S_{\phi}}{\rho (1 + m) I_{\text{rm}}}$$



## 1º caso – Massas de utilização interligadas pelo condutor de protecção (PE):

Se as condições de disparo não forem respeitadas:

- Regular os magnéticos das protecções para um valor mais baixo;
- Aumentar a secção dos condutores;
- Utilizar os DDR.



# Comprimentos máximos das canalizações trifásicas 230/400V

$m = 1$ ;  $U_L = 50V$ , condutores de cobre ( $\rho_1 = 22,21 m\Omega \text{ mm}^2/m$ ),  
regulação magnética= 10Ir

| Secções | intensidade de corrente estipulada ( A ) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| mm2     | 16                                       | 20  | 25  | 32  | 40  | 50  | 63  | 80  | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 |
| 1,5     | 19                                       | 15  | 12  | 9   | 7,5 | 6   | 4,5 | 3,5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2,5     | 32                                       | 26  | 20  | 16  | 12  | 10  | 7,5 | 6   | 5   | 4   |     |     |     |     |     |     |     |
| 4       | 51                                       | 41  | 32  | 26  | 20  | 16  | 13  | 10  | 8   | 6   | 5   | 4   |     |     |     |     |     |
| 6       | 76                                       | 61  | 49  | 38  | 30  | 24  | 19  | 15  | 12  | 9,5 | 7,5 | 6   | 4,5 |     |     |     |     |
| 10      | 127                                      | 102 | 79  | 63  | 51  | 41  | 32  | 26  | 20  | 16  | 13  | 10  | 8   | 6   | 5   |     |     |
| 16      | 204                                      | 163 | 131 | 102 | 82  | 65  | 51  | 41  | 32  | 26  | 20  | 16  | 13  | 10  | 8   | 6   | 5   |
| 25      | 319                                      | 255 | 204 | 159 | 127 | 102 | 81  | 64  | 51  | 41  | 34  | 26  | 20  | 16  | 12  | 10  | 7,5 |
| 35      |                                          | 357 | 285 | 223 | 178 | 143 | 113 | 89  | 72  | 56  | 44  | 36  | 28  | 22  | 17  | 14  | 11  |
| 50      |                                          |     | 408 | 266 | 255 | 204 | 161 | 127 | 101 | 81  | 63  | 51  | 40  | 31  | 25  | 20  | 16  |
| 70      |                                          |     |     | 446 | 357 | 285 | 227 | 178 | 143 | 114 | 89  | 76  | 57  | 44  | 36  | 28  | 22  |
| 95      |                                          |     |     |     |     | 388 | 308 | 242 | 198 | 155 | 121 | 97  | 77  | 61  | 48  | 39  | 30  |
| 120     |                                          |     |     |     |     |     | 389 | 306 | 245 | 186 | 153 | 127 | 98  | 77  | 61  | 49  | 38  |
| 150     |                                          |     |     |     |     |     |     | 331 | 265 | 212 | 166 | 133 | 106 | 88  | 66  | 53  | 42  |
| 185     |                                          |     |     |     |     |     |     |     | 306 | 245 | 191 | 153 | 122 | 96  | 76  | 66  | 48  |
| 240     |                                          |     |     |     |     |     |     |     |     | 313 | 245 | 196 | 157 | 123 | 98  | 78  | 62  |



# Coeficientes de correcção a aplicar às tabelas anteriores

|                                    | Coeficientes de correcção |      |
|------------------------------------|---------------------------|------|
| Tensões limites convencionais (UI) | 25 V                      | 0.75 |
|                                    | 12 V                      | 0.60 |

|                               |   | Fusíveis | Disjuntores |
|-------------------------------|---|----------|-------------|
| <b>m</b><br>N não distribuído | 1 | 1        | 0.86        |
|                               | 2 | 0.50     | 0.58        |
|                               | 3 | 0.36     | 0.43        |
|                               | 4 | 0.38     | 0.35        |
| <b>m</b><br>N distribuído     | 1 | 0.89     | 0.50        |
|                               | 2 | 0.44     | 0.33        |
|                               | 3 | 0.32     | 0.25        |
|                               | 4 | 0.25     | 0.20        |

**Nota:** coeficiente de correcção em função de m e do tipo de protecção - **SLT IT**

| m | Fusíveis | Disjuntores |
|---|----------|-------------|
| 2 | 0.50     | 0.67        |
| 3 | 0.36     | 0.50        |
| 4 | 0.28     | 0.40        |

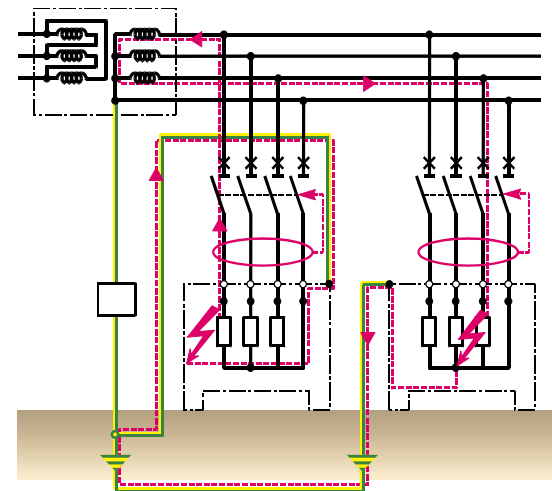
**Nota:** coeficiente de correcção em função de m e do tipo de protecção - **SLT TN**

## 2º caso – Massas de utilização não interligadas

Logo que uma instalação alimente vários edifícios distintos e afastados uns dos outros, as massas de utilização são frequentemente ligadas a tomadas de terra separadas.

A impedância tem agora em consideração a resistência das duas terras interligadas pelo que a condição necessária à protecção de pessoas (tempos máximos de corte) não pode ser assegurado pelos DPCC.

Solução simples: uso de DDR, a regulação far-se-á da mesma forma que em TT.



Para aproveitar a razão de ser do IT – continuidade de serviço – os DDR não devem disparar ao primeiro defeito, não devemos por isso escolher uma sensibilidade muito elevada, respeitando sempre a inequação.

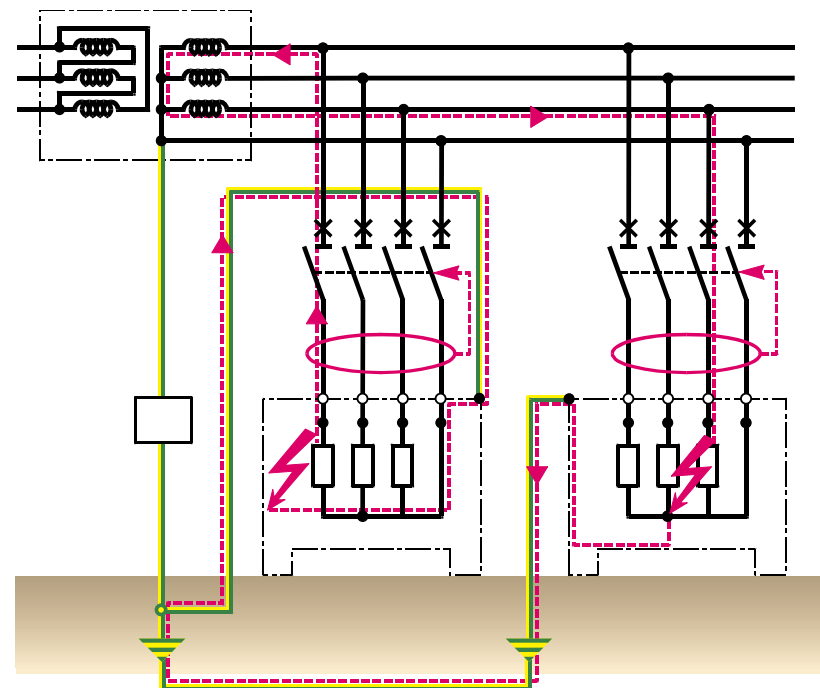
$$RA \times I\Delta N \leq UL$$

Os DDR usados nesta perspectiva terão sensibilidades entre 3 e 30 A.

## 2º caso – Massas de utilização não interligadas

- Os dois defeitos podem produzir-se em grupos diferentes;

| Defeito duplo                             | Uc    | Id   |
|-------------------------------------------|-------|------|
| • Fase - Neutro                           | 115 V | 11 A |
| • Fase - Fase                             | 200 V | 20 A |
| * Considerando $R_{A1} = R_B = 10 \Omega$ |       |      |



- Além da protecção prevista no caso anterior, é obrigatório instalar um (DDR) Dispositivo Diferencial Residual à entrada de cada um dos grupos.

# Aparelhagem associada (1º Defeito)

## Aplicação para os DDR

- Correntes de fuga típicas após um primeiro defeito

| Capacidade de fuga à terra(μF) | Corrente do 1o defeito | Regulação IΔn |
|--------------------------------|------------------------|---------------|
| 1                              | 70 mA                  | 300 mA        |
| 5                              | 360 mA                 | 1 A           |
| 30                             | 2,17 A                 | 5 A           |

> A corrente de regulação dos DDR deve ser superior ao dobro da corrente do 1º defeito

# Protecção do condutor de neutro quando é distribuído (533.3)

Em situação de duplo defeito, os dois disjuntores (um de cada saída) vêm a corrente de defeito sobre cada uma das fases ou sobre o neutro.

Se as secções dos condutores forem iguais os DPCC participam igualmente no corte, se as secções forem diferentes, é possível que apenas um DPCC efectue o corte, ► o de menor calibre. Devemos então assegurar que o seu poder de corte **sobre uma fase**, com uma **tensão de 400V**, é superior a  $I_{\text{defeito}}$ .

Por esta razão, os fabricantes de disjuntores indicam os poderes de corte monofásicos dos seus aparelhos para cada uma das tensões.

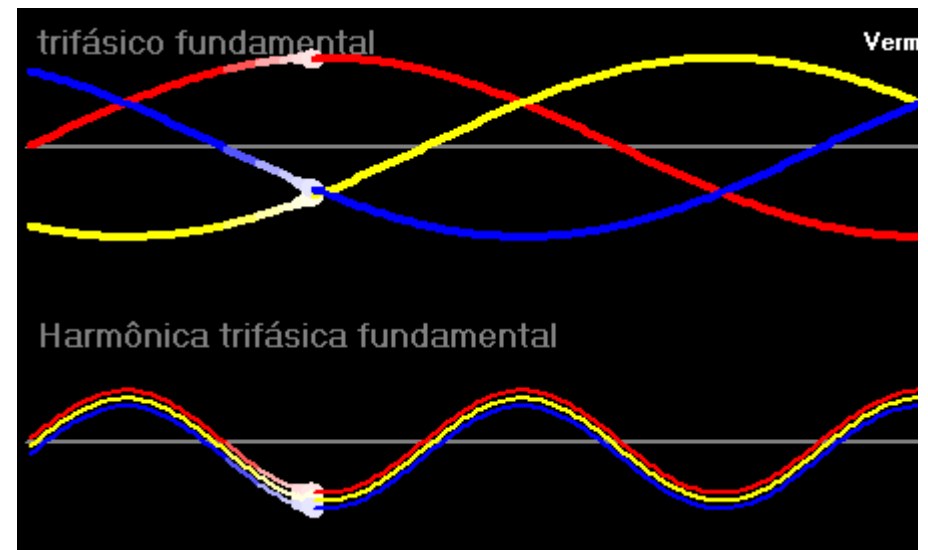
A norma CEI 947-2 prevê uma sequência de ensaios para os disjuntores em redes do esquema IT. Os disjuntores que não cumpram estes requisitos

devem ser marcados: ~~IT~~

$$I_{cu} \text{ 1 pólo a } U_n = I_{cu} \text{ 3 pólos a } U_n \times \sqrt{3}$$

$$(U_n = 230V)$$

- A protecção deve também ser validada para o condutor de neutro se a sua secção for inferior à da fase. Devemos prespективar o uso de disjuntores tetrapolares em que o neutro é protegido para metade do calibre da fase (  $4P - 3D + N/2$  ).
- Devemos sublinhar ainda que qualquer que seja o esquema de ligações à terra os disjuntores tetrapolares são cada vez mais necessários devido à proliferação das harmónicas na rede em particular as de 3ª ordem ou múltiplas que podem sobrecarregar o neutro.

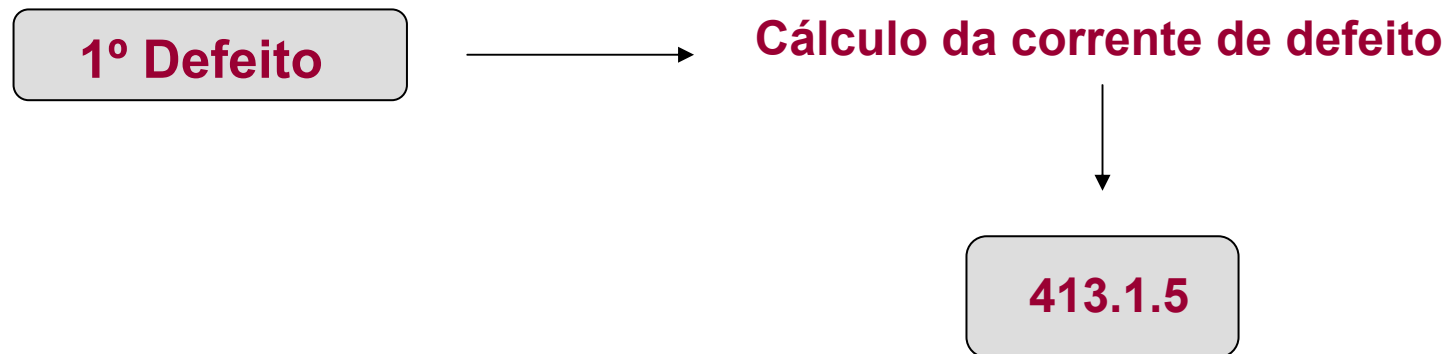


# recapitulativo

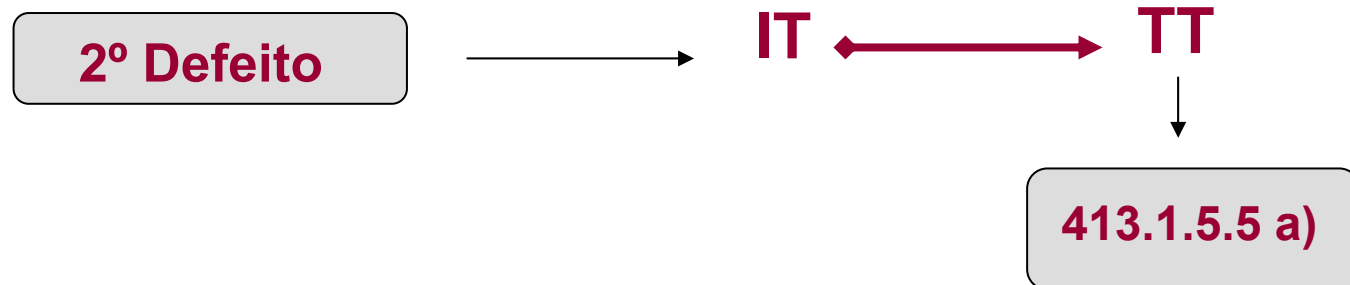
|                                  | TT             | TN-C                 | TN-S                 | IT                             |
|----------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| Corrente de defeito              | alguns mA a A  | $I_d \approx I_{cc}$ | $I_d \approx I_{cc}$ | $I_d < 0,1A$                   |
| Tensão de defeito                | $U_C > U_L$    | $U_C > U_L$          | $U_C > U_L$          | $V_C < U_L$                    |
| Comprimento dos cabos            | sem limitações | cálculo              | cálculo              | cálculo                        |
| Protecções defeito de isolamento | DDR            | disjuntor            | disjuntor ou DDR     | disjuntor ou DDR + sinalização |
| Descarregador de sobretensões    | aconselhado    | aconselhado          | aconselhado          | necessário                     |

# Verificação das condições de protecção por corte automático da alimentação – de acordo com as RTIEBT

612.6.1 – Esquema IT – c)

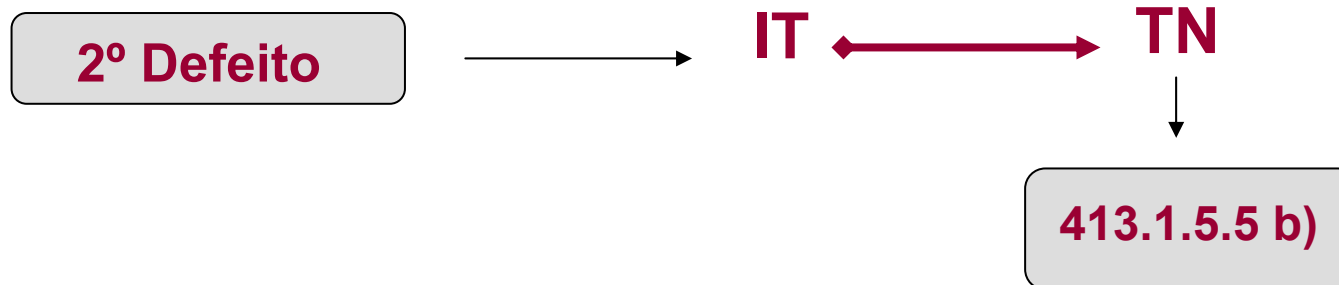






- **Medida da resistência do eléctrodo de terra das massas instalação**
- **Verificar características do dispositivo de corte associado ao TT**
  1. **Inspecção visual da corrente e o ensaio, quando o dispositivo de protecção diferencial (Anexo B)**
  2. **Inspecção visual da corrente estipulada dos disjuntores ou fusíveis de protecção de sobreintensidades**
  3. **Verificar continuidade dos condutores de protecção ( 612.2)**





- **Medição da malha de defeito ou medida da resistência dos condutores de protecção.**
- **Verificação das características do dispositivo de corte, inspecção visual da corrente estipulada dos disjuntores ou dos fusíveis. Para os DDR verificação do seu funcionamento.**
- **Medida da resistência do electrodo de terra global RB ( 413.1.3.7)**



# Metodologias de acordo com as RTIEBT / parte 6

- Anexo B

## Verificação do funcionamento dos DDR

### Método 1

Pode ser usado nas instalações em ELT TN-S; TT; ou IT. Para o esquema IT, pode ser necessário ligar à terra um ponto da instalação durante a realização dos ensaios, a fim de fazer actuar o dispositivo.

### Método 2

Pode ser usado em instalações de esquema TN-S; TT ou IT.

# Metodologias de acordo com as RTIEBT / parte 6

- Anexo B

## Verificação do funcionamento dos DDR

### Método 3

Necessita de um eléctrodo de terra auxiliar.

Pode ser usado nas instalações em ELT TN-S; TT; ou IT. Para o esquema IT, pode ser necessário ligar à terra um ponto da instalação durante a realização dos ensaios, a fim de fazer actuar o dispositivo.

Nota: todos estes métodos são a título exemplificativo

# Metodologias de acordo com as RTIEBT / parte 6

- Anexo C

## **Medição da resistência de um eléctrodo de terra**

Seguir indicações das RTIEBT - Exemplificativo

- Anexo D

## **Medição da malha de terra**

**Método 1 – Quedas de tensão**

**Método 2 – Alimentação separada**

# Centro de Formação

*Obrigado pela vossa atenção !*

Make the most of your energy 

**Schneider**  
 Electric