

# **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

## **Protecção de pessoas**

A segurança de pessoas e bens é um dos objectivos fundamentais das regras das instalações eléctricas.

As instalações devem, com efeito, ser concebidas e realizadas de forma a que as pessoas e bens não corram qualquer perigo, quer em funcionamento normal quer no caso de falha de qualquer elemento da instalação.

Na realidade não existe a segurança absoluta e, em circunstâncias muito desfavoráveis, as medidas de protecção tomadas podem encontrar-se em defeito.

Por outro lado, a procura de uma segurança muito elevada poderia implicar investimentos desproporcionados comparados com a redução de perigo que daí poderia resultar.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

A regulamentação de instalações eléctricas tem por finalidade definir um nível óptimo de segurança que limite de forma razoável os riscos que podem aparecer numa instalação eléctrica e que seja economicamente viável.

A protecção de pessoas contra os perigos que as instalações eléctricas podem apresentar reveste-se de dois aspectos:

- protecção contra contactos directos;
- protecção contra contactos indirectos;

### **PROTECÇÃO CONTRA CONTACTOS DIRECTOS**

A protecção contra contactos directos consiste em defender as pessoas contra os riscos de contacto com as partes activas dos materiais ou aparelhos eléctricos, envolvendo essencialmente medidas preventivas.

Esta é uma regra fundamental que deve presidir à realização de qualquer instalação eléctrica.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

A protecção contra os contactos directos é assegurada por uma das medidas de protecção seguintes:

- por isolamento;
- por meio de obstáculos;
- por afastamento.

### O isolamento

Esta medida consiste em dispor à volta das partes activas um isolamento apropriado, que é geralmente um isolamento funcional; este isolamento é previsto quer por construção (condutores eléctricos isolados, por ex.) quer colocado no momento da instalação do material (espelhos da aparelhagem de manobra, por exemplo).

Os aparelhos eléctricos têm, em geral, pelo menos um isolamento funcional, e as normas relativas a estes aparelhos prevêm ensaios para verificação da impossibilidade de atingir as partes activas dos aparelhos, a partir do exterior.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### O afastamento e a interposição de obstáculos

O afastamento das partes activas consiste em colocá-las a uma distância tal que seja impossível, directa ou indirectamente, um contacto fortuito a partir dos locais onde as pessoas se encontrem ou circulem habitualmente, devendo ter-se em atenção a forma e as dimensões dos objectos condutores que possam ser manipulados na proximidade.

A colocação de anteparos consiste em interpor obstáculos eficazes que impeçam, em uso normal, todo o contacto com as partes activas (quadros eléctricos, por exemplo).

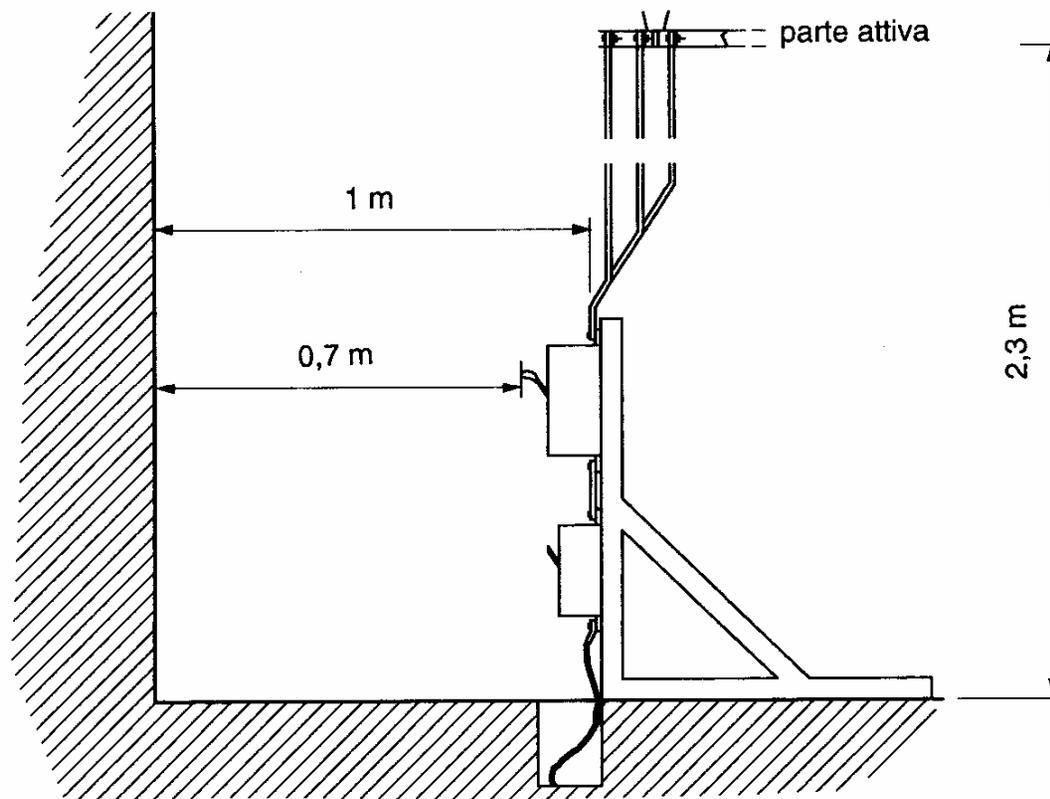
Estas medidas tem a sua aplicação essencialmente em locais afectos a serviços técnicos.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Local técnico fechado à chave

Distância mínima a respeitar nas passagens em que as partes activas estão dispostas de um só lado

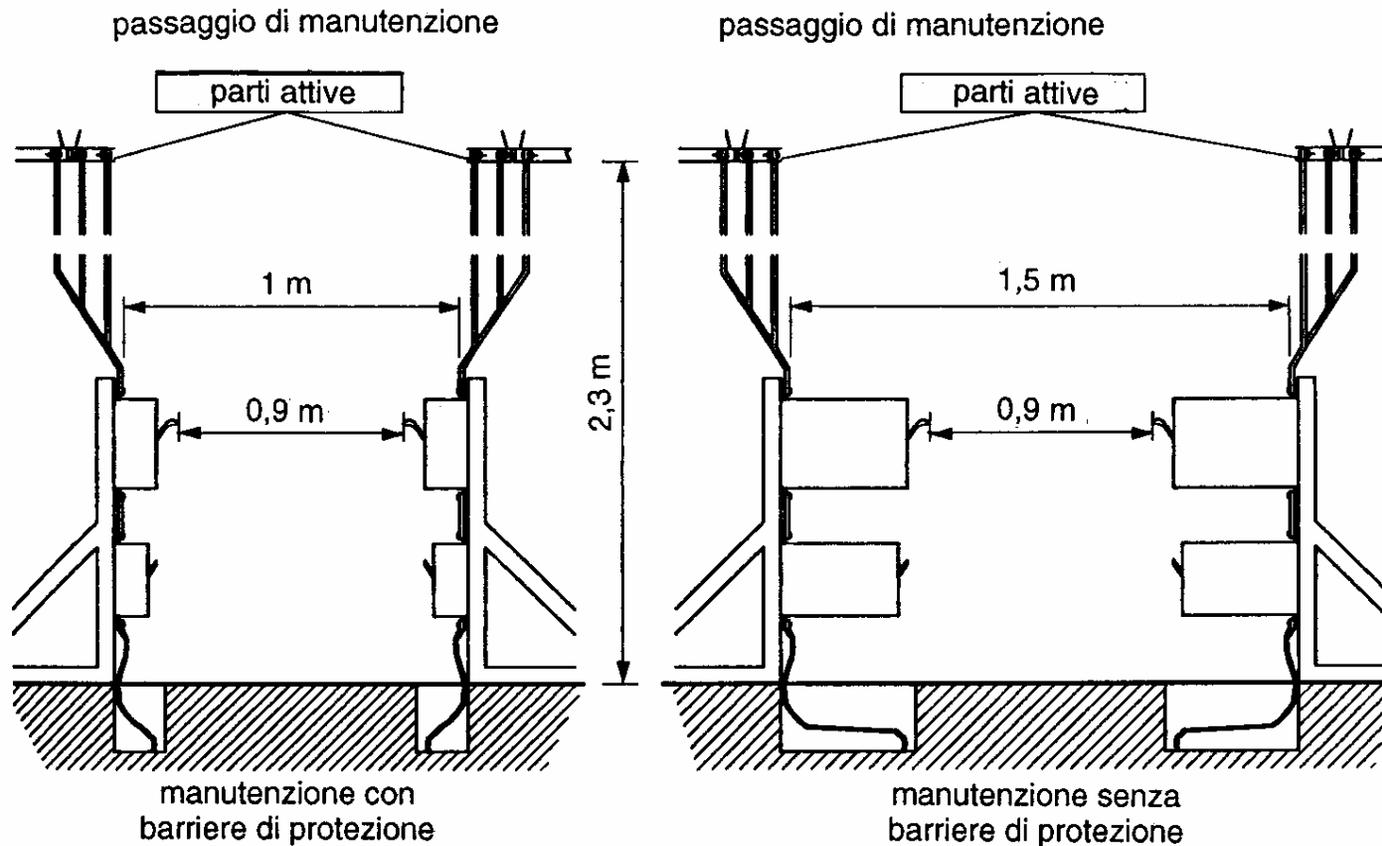


# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### Local técnico fechado à chave

Distância mínima a respeitar nas passagens em que as partes activas estão dispostas dos dois lados.

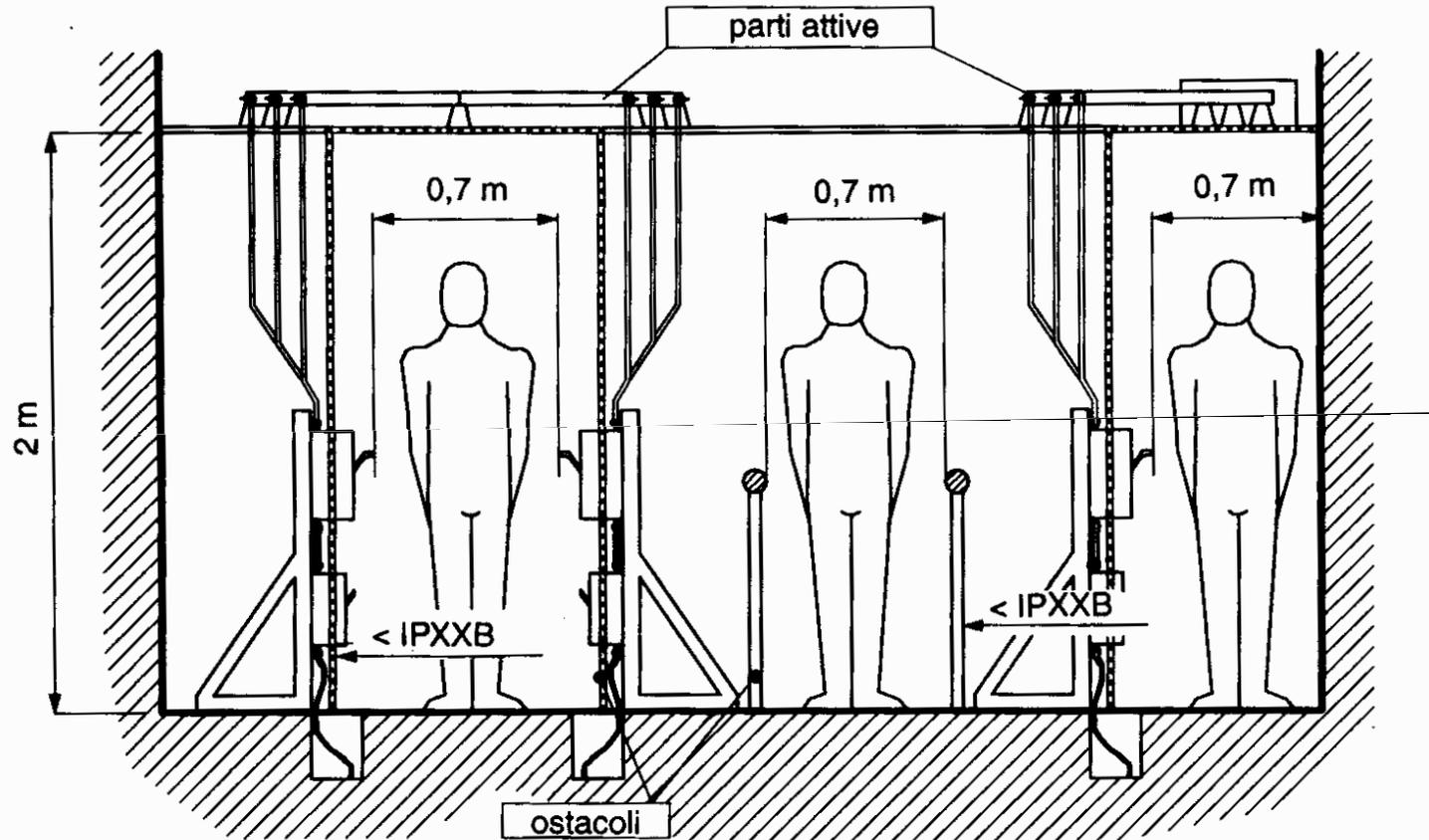


# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Local técnico fechado à chave

Protecção contra os contactos directos mediante interposição de obstáculos e distâncias mínimas



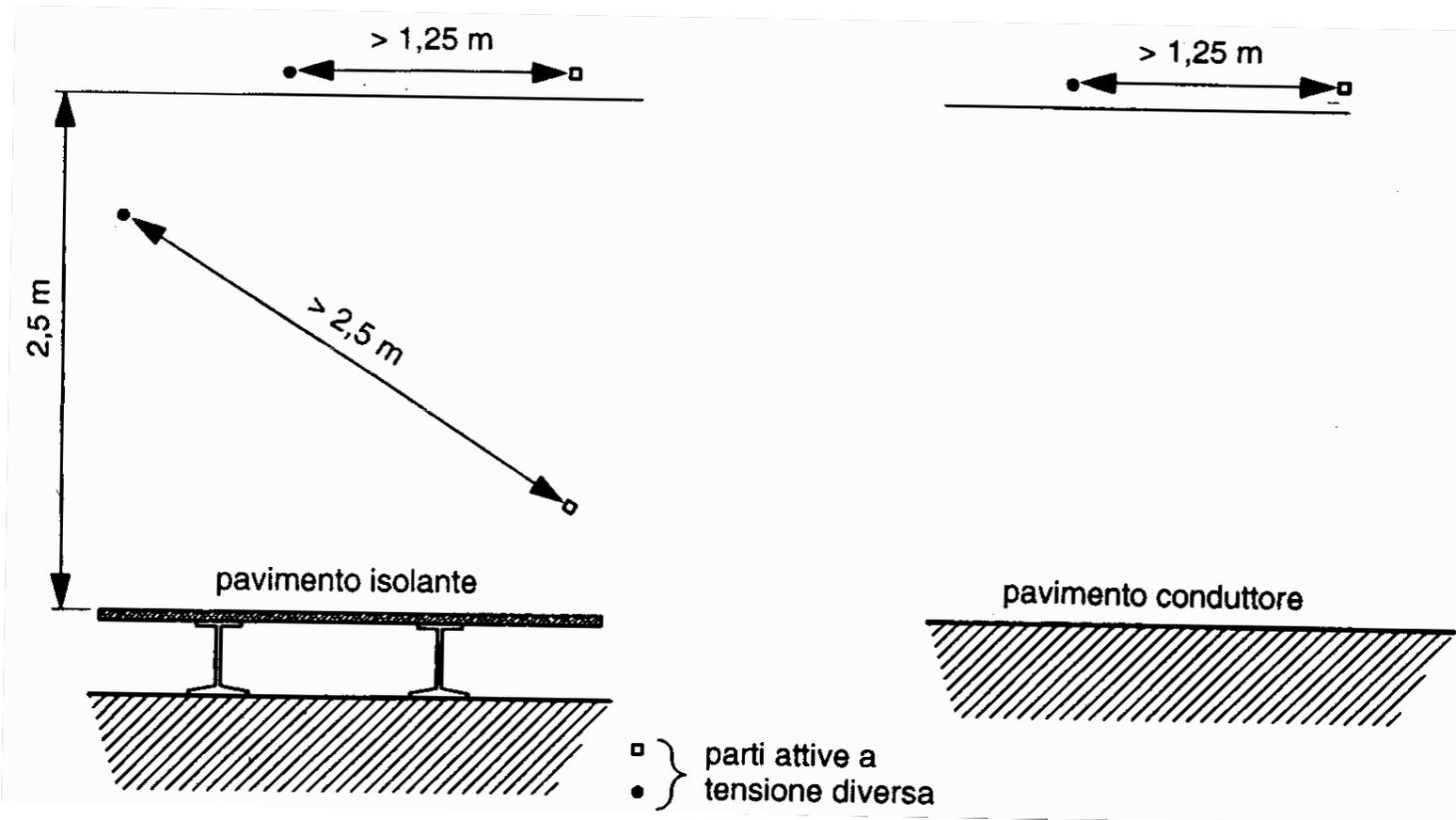
# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Local técnico não fechado à chave

Protecção contra os contactos directos mediante distanciamento:

a) Pavimento isolante ( $R > 50 \text{ k}\Omega$ )      b) Pavimento condutor



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### A interposição de obstáculos e o índice de protecção

O grau de protecção de um invólucro é identificado pelas letras IP seguidas de dois algarismos: o primeiro algarismo indica o grau de protecção contra a penetração de corpos estranhos.

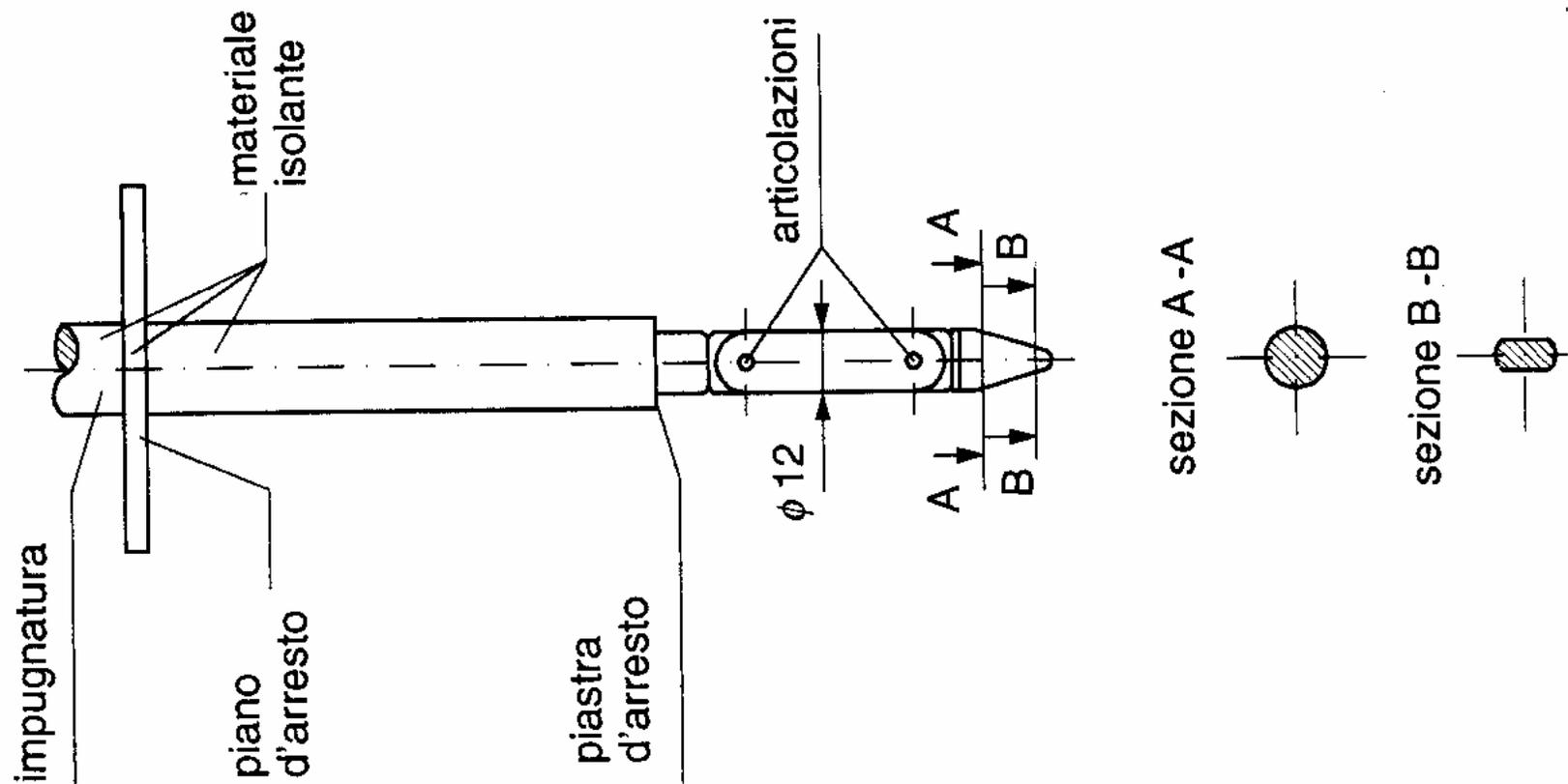
O segundo algarismo indica o grau de protecção contra os líquidos.

Quando se quer indicar apenas um dos dois tipos de protecção, o algarismo que falta é substituído pela letra X.

Um invólucro tem um grau de protecção IP2X se o dedo de prova (ver figura seguinte) não toca qualquer parte activa, ou melhor se se mantém a uma distância adequada de qualquer parte activa, e se uma esfera de 12,5 mm de diâmetro, premida com uma força de 30 N, não penetra completamente no interior do invólucro.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Um invólucro com um grau de protecção IP 2X constitui uma protecção contra os contactos directos, no sentido em que uma pessoa não pode entrar em contacto com qualquer parte activa, sem o auxílio de meios especiais.

Um invólucro que não tenha um grau de protecção IP2X pode, no entanto, proteger igualmente uma pessoa contra contactos directos.

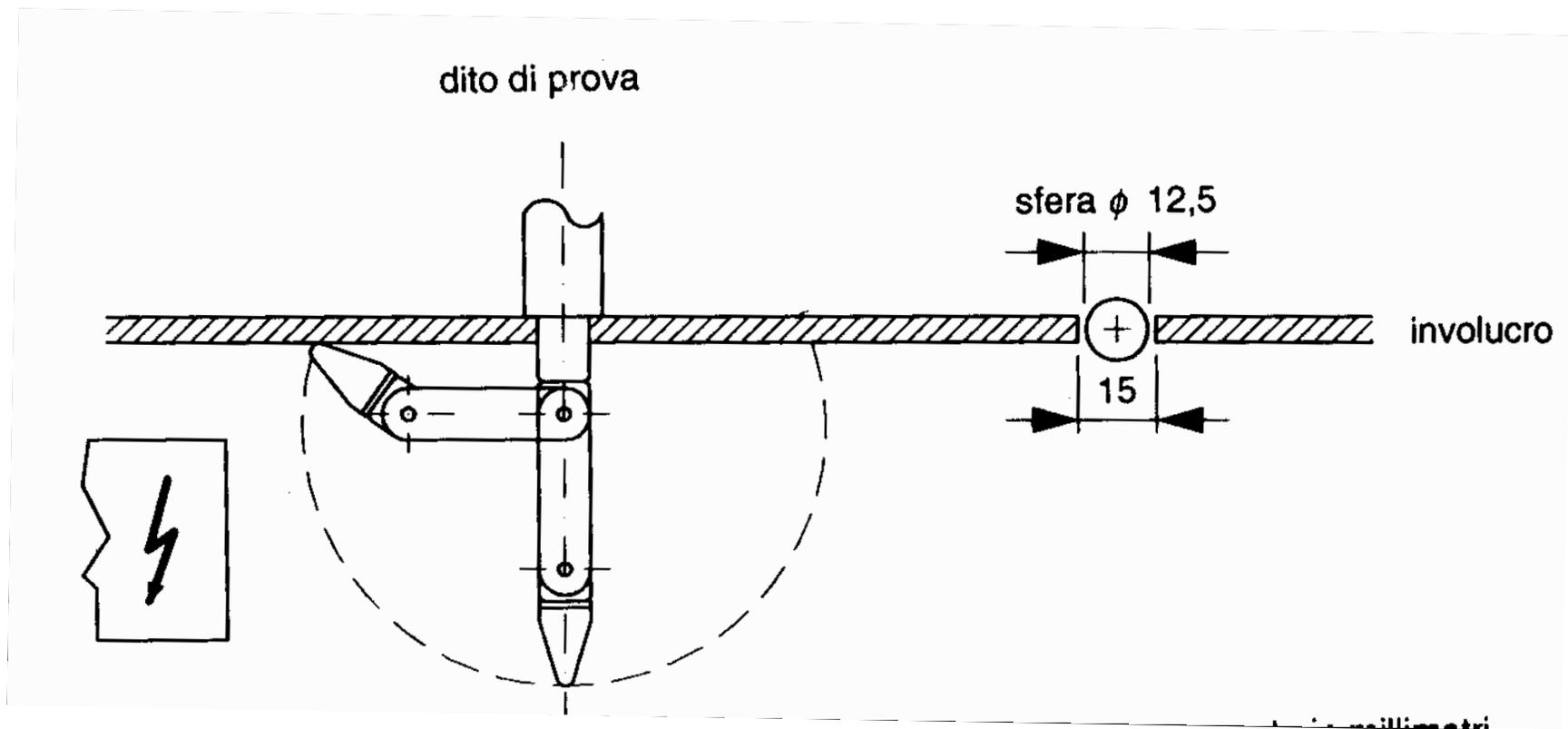
A figura seguinte mostra uma situação em que o invólucro não tem o grau de protecção IP 2X, visto que uma esfera de 12,5 mm penetra completamente no interior do invólucro, mas o chamado dedo de prova não consegue tocar qualquer parte activa.

Relativamente à protecção contra contactos directos o grau de protecção IP2X é suficiente, mas não necessário.

A condição necessária e suficiente para este fim consiste no facto de o dedo de prova não poder tocar qualquer parte activa.

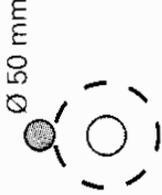
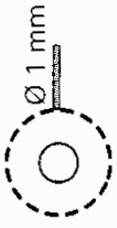
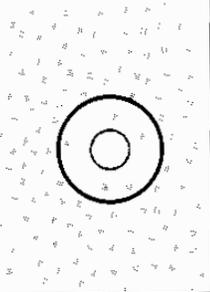
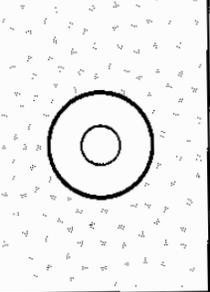
# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

1.º algarismo: protecção contra corpos sólidos		
IP	testes	
0		Sem protecção
1		Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 50 mm (ex.: contactos involuntários da mão)
2		Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 12 mm (ex.: dedo da mão)
3		Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 2,5 mm (ex.: fios, ferramentas)
4		Protegido contra a penetração de corpos sólidos de diâmetro superior a 1 mm (ex.: fios de pequeno diâmetro, ferramentas finas)
5		Protegido contra a penetração de poeiras
6		Totalmente protegido contra a penetração de poeiras

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

<b>2.º algarismo: protecção contra água</b>			
<b>IP</b>	<b>testes</b>		
0		Sem protecção	
1		Protegido contra quedas verticais de gotas de água (condensação)	
2		Protegido contra quedas de gotas de água até 15° da vertical	
3		Protegido contra água da chuva até 60° da vertical	
4		Protegido contra a projecção de água de todas as direcções	
5		Protegido contra jactos de água à lança de todas as direcções	
6		Protegido contra projecções de água semelhantes a vaga de mar	
7		Protegido contra os efeitos da imersão em água	
8		Protegido contra os efeitos de imersão prolongada em água sob pressão	

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Para indicar a resistência de um invólucro contra impactos mecânicos utiliza-se um índice IK seguido de um número característico de 01 a 10.

<b>IK</b>	<b>Energia de impacto Joule</b>	<b>Antigo 3º algarismo do código IP</b>
<b>00</b>	0	0
<b>01</b>	0,15	
<b>02</b>	0,20	1
<b>03</b>	0,35	
<b>04</b>	0,50	3
<b>05</b>	0,70	
<b>06</b>	1	
<b>07</b>	2	5
<b>08</b>	5	
<b>(*)</b>	6	7
<b>09</b>	10	
<b>10</b>	20	9

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### **PROTECÇÃO CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS**

A protecção contra contactos indirectos visa defender as pessoas contra os riscos a que podem ficar sujeitas em resultado de as massas ficarem acidentalmente sob tensão.

Consideram-se dois tipos de medidas:

A - as medidas passivas ou preventivas: consistem em tomar as disposições destinadas a suprimir qualquer risco, tornando os contactos não perigosos.

São, em resumo, medidas preventivas que visam quer disposições construtivas quer condições de alimentação dos circuitos interessados.

# **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

## **Protecção de pessoas**

Consideram-se as seguintes medidas deste tipo:

- emprego da tensão reduzida de segurança;
- separação de circuitos;
- emprego de aparelhos da classe II de isolamento;
- inacessibilidade simultânea de massas e elementos condutores estranhos à instalação eléctrica;
- isolamento das massas;
- estabelecimento de ligações equipotenciais.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

B – As medidas activas ou operativas: consistem em utilizar dispositivos de corte automático, funcionando antes do aparecimento de qualquer perigo.

Em certos casos, estes dispositivos de corte automático podem ser completados por dispositivos de vigilância e alarme que previnem da existência de qualquer defeito de isolamento, se este defeito não tiver consequências perigosas tanto para a segurança das pessoas como para a conservação das instalações.

Estas medidas necessitam sempre da ligação das massas à terra.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Consideram-se as seguintes medidas deste tipo:

- ligação directa das massas à terra e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (sistema TT);
- ligação directa das massas ao neutro e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (sistema TN);
- sistema de neutro isolado ou impedante e emprego de um aparelho de protecção de corte automático associado (sistema IT);

# **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

## **Protecção de pessoas**

As medidas passivas ou preventivas dizem, em geral, respeito a partes restritas de uma instalação, ao passo que as medidas activas ou operativas se referem a toda uma instalação, ou pelo menos à maioria dos seus circuitos.

Nestas circunstâncias, a protecção contra contactos indirectos é efectuada pela adopção de uma destas medidas, podendo essa protecção ser ainda aumentada pelo emprego de uma ou mais das medidas preventivas.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Para melhor salientar as razões desta protecção é necessário lembrar as definições dos diferentes tipos de isolamento.

### **TIPOS DE ISOLAMENTO**

#### **Isolamento funcional**

Este isolamento é o que separa as partes activas das partes acessíveis e que simultaneamente é necessário para assegurar o funcionamento adequado do equipamento. As qualidades deste isolamento são verificadas por um certo número de ensaios dos quais o mais representativo é um ensaio dieléctrico. O ensaio dieléctrico é em geral efectuado após uma certa permanência do aparelho numa atmosfera húmida, destinada a simular as condições mais desfavoráveis às quais o aparelho pode ser submetido no decurso da sua duração de vida.

O valor da tensão de ensaio dieléctrico é em geral de  $2U+1000$  Volt, sendo U a tensão nominal. Normalmente, a duração de aplicação desta tensão pode variar de 1 minuto (aparelhagem) a 15 minutos (condutores e cabos).

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Este ensaio permite verificar se um aparelho está em bom estado de funcionamento e se não é perigoso. Com efeito, a tensão de ensaio é aplicada tanto entre as partes activas e as partes acessíveis como entre as partes activas de diferente polaridade.

Nas normas de materiais eléctricos indicam-se ainda distâncias mínimas de linhas de fuga e distâncias no ar, que devem ser respeitadas, entre partes activas de diferente polaridade ou entre partes activas e outras partes metálicas.

Esta definição responde aos objectivos da segurança, sendo a comprimento da linha de fuga determinado de forma que não se possa produzir um contornamento do isolador.

De facto as linhas de fuga servem como precaução contra os efeitos da sujidade sobre as superfícies exteriores dos isolantes, mas não caracterizam verdadeiramente o nível de isolamento.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

O isolamento funcional é assim caracterizado por dois valores:

- a tensão de ensaio dieléctrico;
- as linhas de fuga à superfície, sendo os valores mínimos prescritos pelas normas actuais essencialmente empíricos.

Mas os isolamentos envelhecem. Ao fim de um certo tempo, o material isolante, submetido à acção da humidade e de outros agentes exteriores, sofre uma redução das suas qualidades. As solicitações às quais os isolamentos estão submetidos têm por efeito o seu envelhecimento. Todas estas causas, naturais ou acidentais, podem conduzir à anulação do isolamento; produz-se assim um defeito de isolamento propagando-se o potencial da parte activa em contacto com o isolamento às partes acessíveis. O defeito de isolamento manifesta-se, em suma, por um caminho condutor quer à superfície, quer no interior do material isolante, por perfuração.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Um defeito de isolamento produz uma corrente de defeito cujo valor pode aumentar até ao da corrente de curto-circuito, a qual é apenas limitada pela impedância dos condutores de alimentação e dos contactos.

A corrente de curto-circuito não é, em si, grave porque se manifesta a maior parte das vezes por efeitos exteriores e deve ser eliminada pelos aparelhos de protecção.

Por outro lado, as correntes de defeito podem ter um valor insuficiente para fazer funcionar os aparelhos de protecção, mas podem ter consequências graves tanto do ponto de vista da segurança de pessoas como de risco de incêndio.

### Isolamento suplementar

O isolamento suplementar, ou de protecção, é um isolamento independente do isolamento funcional e destinado a assegurar a protecção contra contactos indirectos no caso de defeito do isolamento funcional. Realiza-se assim material de duplo isolamento ou da classe II.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

O duplo isolamento tem por efeito reduzir as solicitações a que estão submetidos os isolamentos e por consequência diminuir consideravelmente os riscos de defeito. Por outro lado, se um isolamento se encontra defeituoso, o outro permite manter a segurança do aparelho. Pode-se dizer, neste momento, que o aparelho se reduz a um aparelho com isolamento funcional. Mas, em geral, o defeito de um dos isolamentos não se produz sem que o seu funcionamento seja afectado ou que manifestações exteriores tornem aparente esse defeito, de forma que será possível remediá-lo.

Com efeito os aparelhos da classe II são submetidos a regras muito severas que fazem com que se possa garantir a segurança de tais aparelhos sem qualquer outra medida de protecção.

Notemos desde já que os valores das tensões às quais são submetidos os isolamentos dos aparelhos da classe II são os seguintes:

- isolamento funcional: 1500 Volt;
- isolamento suplementar: 2500 Volt;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

As classes de materiais assim definidas podem ser resumidas no quadro seguinte.

Acrescentemos que os materiais das classes 0, 0I e I podem ter elementos de duplo isolamento ou de isolamento reforçado, mas basta que um só ponto da superfície exterior esteja separado da parte activa apenas por um isolamento funcional para que o material correspondente não possa ser considerado da classe II.

<b>Classe</b>	<b>Isolamento mínimo entre partes activas e partes acessíveis</b>	<b>Possibilidade de ligar as partes metálicas acessíveis a um condutor de protecção</b>
<b>0</b>	Funcional	Não
<b>0I</b>	Funcional	Não (*)
<b>I</b>	Funcional	Sim
<b>II</b>	Funcional +suplementar = duplo isolamento	Não
<b>III</b>	Funcional, mas tensão nominal $\leq$ 50 Volt	Não

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### Notas:

(\*) classe 0I diz respeito apenas aos aparelhos alimentados por um cabo flexível. Em tais aparelhos, as partes metálicas acessíveis são ligadas a um borne de terra, mas o cabo de alimentação não tem condutor de protecção. Tais aparelhos devem de facto ser considerados da classe 0, mas podem ser transformados em aparelhos da classe I, por simples mudança do cabo flexível de alimentação e da respectiva ficha.

(\*\*) Na realidade existem variantes de aparelhos da classe II, cujos níveis de isolamento são equivalentes:

- os materiais de invólucro isolante: para estes materiais, o duplo isolamento pode ser substituído por um único isolamento, dito reforçado, que tem propriedades eléctricas e mecânicas tais que pode ser considerado como equivalente a um duplo isolamento.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

- Os materiais de invólucro metálico, que como o seu nome indica comportam partes metálicas acessíveis; nestes materiais não é admitido o isolamento reforçado a não ser nos pontos em que seja absolutamente impossível realizar um duplo isolamento. Esta medida justifica-se pelo facto de o isolamento reforçado, sendo único, ser mais frágil do que a sobreposição de dois isolamentos, e que um caminho condutor sobre uma superfície isolante representa menor perigo do que a colocação sob tensão de uma parte metálica acessível.

Os materiais da classe 0 podem não ter nenhuma parte metálica acessível e serem inteiramente recobertos de material isolante, mas se o isolamento não verificar as características do duplo isolamento, não podem ser considerados da classe II.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

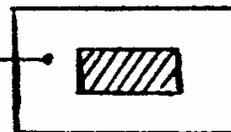
Os esquemas a seguir indicados ilustram as diferentes realizações possíveis de cada uma das classes definidas.

Classe 0

invólucro metálico



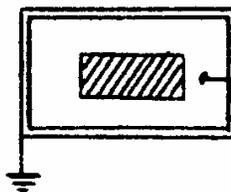
isolamento funcional



invólucro  
isolante

Classe I

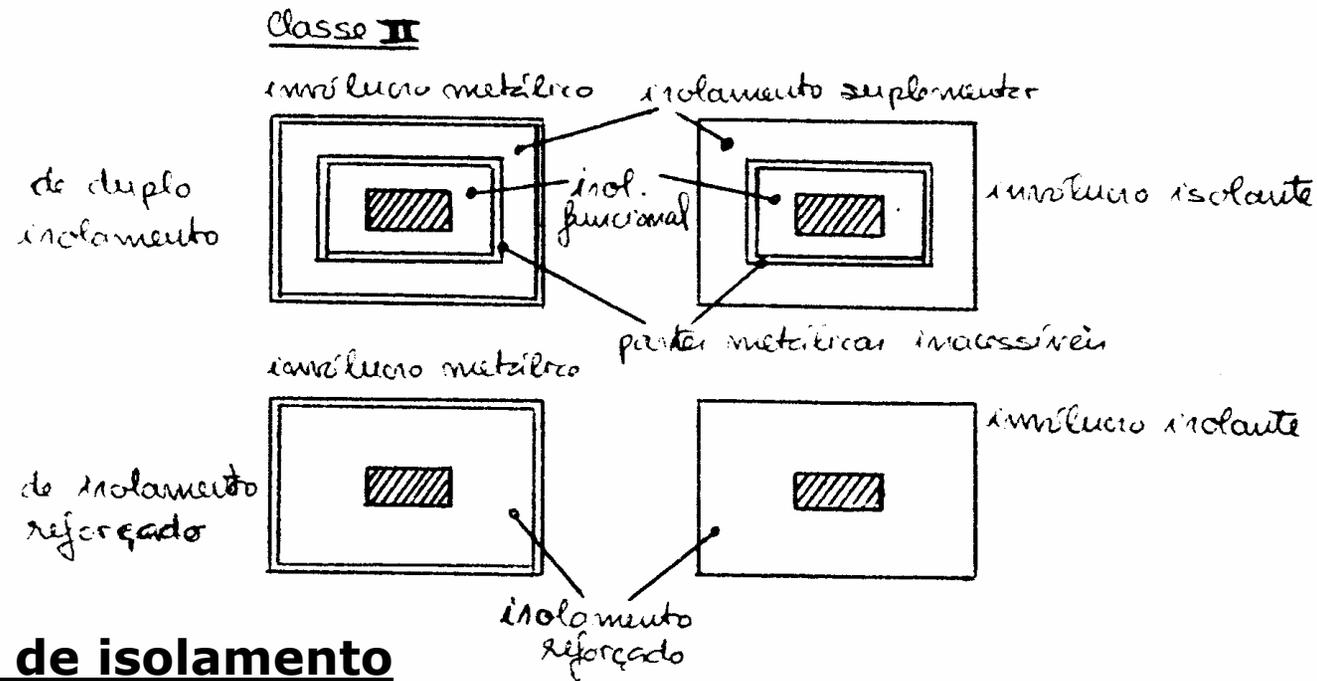
invólucro metálico



isolamento funcional

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas



### A classe II de isolamento

O material da classe II comporta a sua própria segurança e importa que sejam tomadas todas as medidas para que não se possa produzir qualquer defeito. É preferível realizar a classe II em duplo isolamento, porque a baixa probabilidade de um defeito do isolamento funcional é multiplicada pela ainda mais baixa probabilidade de um defeito do isolamento suplementar.

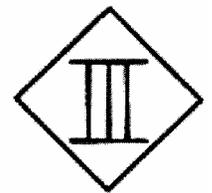
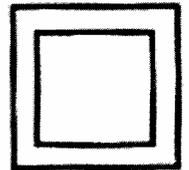
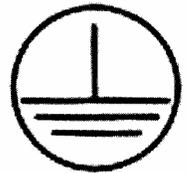
# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Por outro lado a utilização de um só isolamento (reforçado) é um pouco menos segura, se bem que este isolamento deva respeitar exigências muito mais severas; mas em caso de ruptura mecânica, um isolamento único seria colocado sob defeito mais facilmente que dois isolamentos.

Estes dois isolamentos devem poder ser ensaiados separadamente sob os pontos de vista eléctrico e mecânico; cada um dos dois isolamentos deve poder suportar sem falha as solicitações eléctricas, mecânicas, térmicas, etc., às quais podem ser submetidos em funcionamento normal.

Os materiais da classe II são identificados por um símbolo (duplo quadrado), o qual certifica que o material correspondente satisfaz todos os ensaios impostos e obedece portanto às especificações da classe II (ver figura).



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

O símbolo da classe II deve ser colocado de forma a tornar-se evidente que constitui uma parte das características técnicas mencionadas e não deve ser susceptível de confundir-se com o nome do fabricante ou marca de fábrica.

### Aplicação actual da classificação

No estado actual da técnica, a classificação dos materiais em relação à protecção contra os contactos indirectos, aplica-se apenas a aparelhos de utilização de uso doméstico, aos transformadores de segurança e a certos materiais de utilização de uso industrial. A escolha da classe apropriada a cada categoria de aparelho é baseada nas seguintes considerações.

A classe II é preferível sempre que for técnica e economicamente possível. É a solução presentemente adoptada para a maior parte dos aparelhos com motor. O estado actual da técnica não permite realizar aparelhos de aquecimento da classe II.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Notemos que a aparelhagem electrónica pode ser considerada da classe II, se bem que não corresponda exactamente à definição dada, visto que estes aparelhos são submetidos a ensaios muito severos que garantem a fraca possibilidade de uma colocação accidental sob tensão das partes acessíveis. Os brinquedos eléctricos deverão ser realizados unicamente em classe III. A classe de isolamento de um material é apenas um dos elementos determinantes para a escolha do material apto a ser instalado em determinadas condições. Com efeito, a protecção contra os choques eléctricos não prevê certas condições relacionadas também com a segurança e que podem ser impostas conforme os riscos aos quais os materiais vão ser submetidos (resistência à humidade e à corrosão, resistência ao calor e ao fogo, etc.)

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### Condutores da classe II de isolamento

Um condutor pode ser considerado como sendo da classe II de isolamento se for constituído por:

- cabos com bainha isolante de tensão superior em um nível à do sistema eléctrico considerado (isolamento reforçado);
- cabos unipolares sem bainha exterior, instalados num tubo protector isolante;
- cabos com bainha metálica, com um isolamento adequado para a tensão nominal do sistema eléctrico entre as partes activas e a bainha metálica e entre esta e a parte externa;

Os aparelhos da classe II de isolamento não devem ser ligados à terra, visto que a sua ligação à terra pode introduzir tensões perigosas devidas a defeitos noutros aparelhos alimentados pela rede de distribuição.

# **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

## **Protecção de pessoas**

No caso de condutas metálicas contendo cabos da classe II de isolamento, essa ligação é aceitável, dado que nos mesmos tubos poderão ser instalados posteriormente cabos que não sejam da classe II.

Sintetizando, se a conduta tiver cabos da classe II, e cabos normais deve ser ligada à terra.

Se contiver apenas cabos da classe II pode ser ligada à terra dado que pode vir a conter, mais tarde, cabos normais.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### TENSÃO REDUZIDA DE SEGURANÇA

Os sistemas de tensão reduzida de segurança chamados ainda de categoria 0 são os sistemas que têm uma tensão nominal igual ou inferior a 50 Volt entre quaisquer condutores activos em corrente alternada e em locais secos e igual ou inferior a 25 Volt em locais húmidos ou temporariamente húmidos e a 120 Volt em corrente contínua não ondulada, e nos quais é garantida uma protecção quer contra contactos directos quer contra contactos indirectos.

Existem fundamentalmente dois tipos de tensão reduzida de segurança que podem ser designados por SELV e por PELV.

Um terceiro tipo designado por FELV tem características funcionais que não garantem a eventual elevação de tensão, não permitindo portanto garantir a protecção contra contactos directos e indirectos.

As características detalhadas destes sistemas são indicadas de seguida:

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

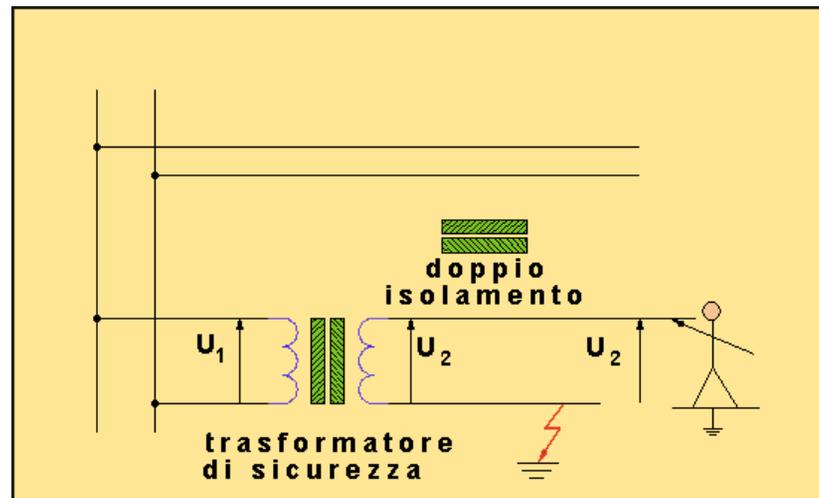
## Protecção de pessoas

SELV – tensão extra-reduzida de segurança (safety extra-low voltage)

É um sistema que deve ser alimentado a partir de uma fonte autónoma de segurança, a qual deve garantir a separação galvânica em relação a outros sistemas eléctricos e que não deve ter qualquer ligação à terra.

Cumpridos estes requisitos, o sistema não deverá assumir uma tensão superior à nominal.

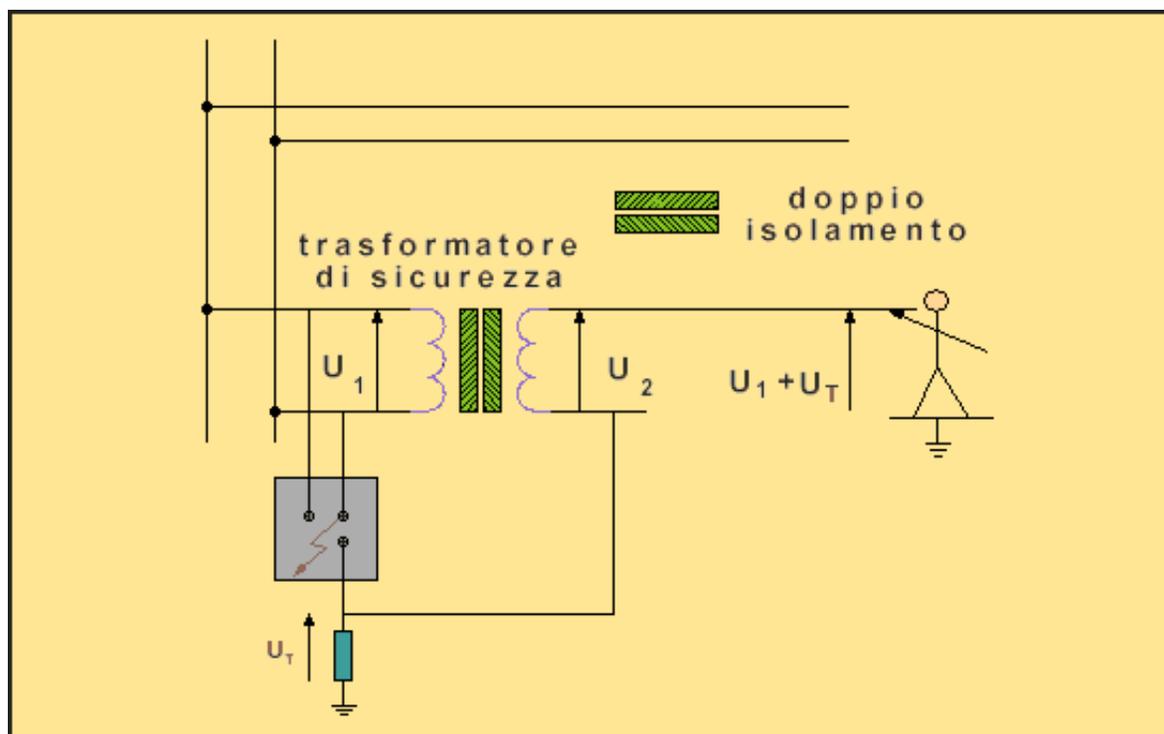
Neste caso, se a tensão do circuito não for superior a 25 Volt em CA e a 60 Volt em CC, não é necessária qualquer protecção contra contactos directos.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

PELV – tensão extra-reduzida de protecção (protective extra-low voltage)  
É um sistema de tensão reduzida alimentado por uma fonte de segurança, com uma separação de protecção em relação a outros sistemas eléctricos, mas com um ponto ligado à terra.



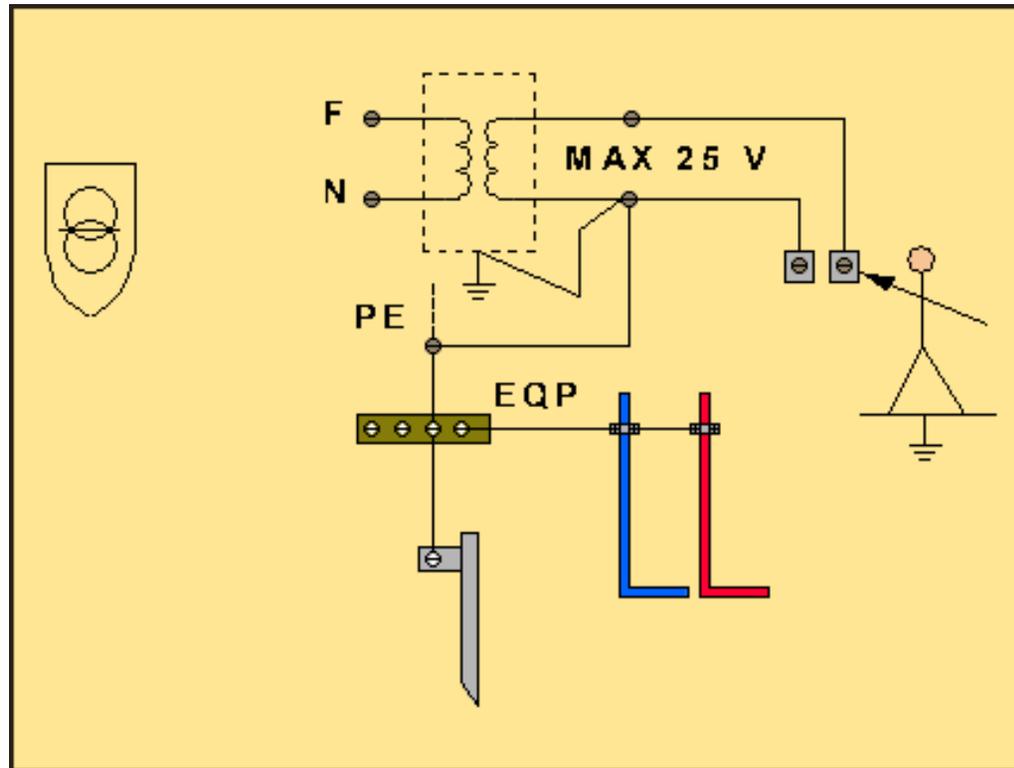
# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

No caso de defeito num ponto qualquer do sistema eléctrico que alimenta o transformador de segurança, a pessoa é submetida a um máximo de tensão  $U_2 + U_T$ , em que  $U_T$  é a queda de tensão no eléctrodo de terra das massas. Se a tensão nominal do circuito não for superior a 25 Volt em CA ou a 60 Volt em CC, não é necessária qualquer protecção contra contactos directos para contactos com partes nuas de pequenas dimensões, excepto para equipamentos instalados no interior de edifícios onde seja realizada uma ligação equipotencial principal e com a condição que os componentes eléctricos se encontrem em ambientes críticos, tais como locais de banho, piscinas, locais condutores de dimensões reduzidas, etc. È o caso apresentado na figura seguinte:

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas



Se por outro lado o ambiente for crítico mas a tensão for menor ou igual a 6 Volt em CA ou inferior a 15 Volt em CC não ondulada, não será necessária qualquer protecção.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

FELV – tensão extra-reduzida funcional (functional extra-low voltage)

É um sistema de tensão reduzida que se diferencia dos tipos SELV e PELV pelo facto de não ser alimentado por uma fonte autónoma ou de segurança e por esse facto não ser garantido o isolamento entre o primário e o secundário, em relação ao sistema eléctrico de tensão mais elevada.

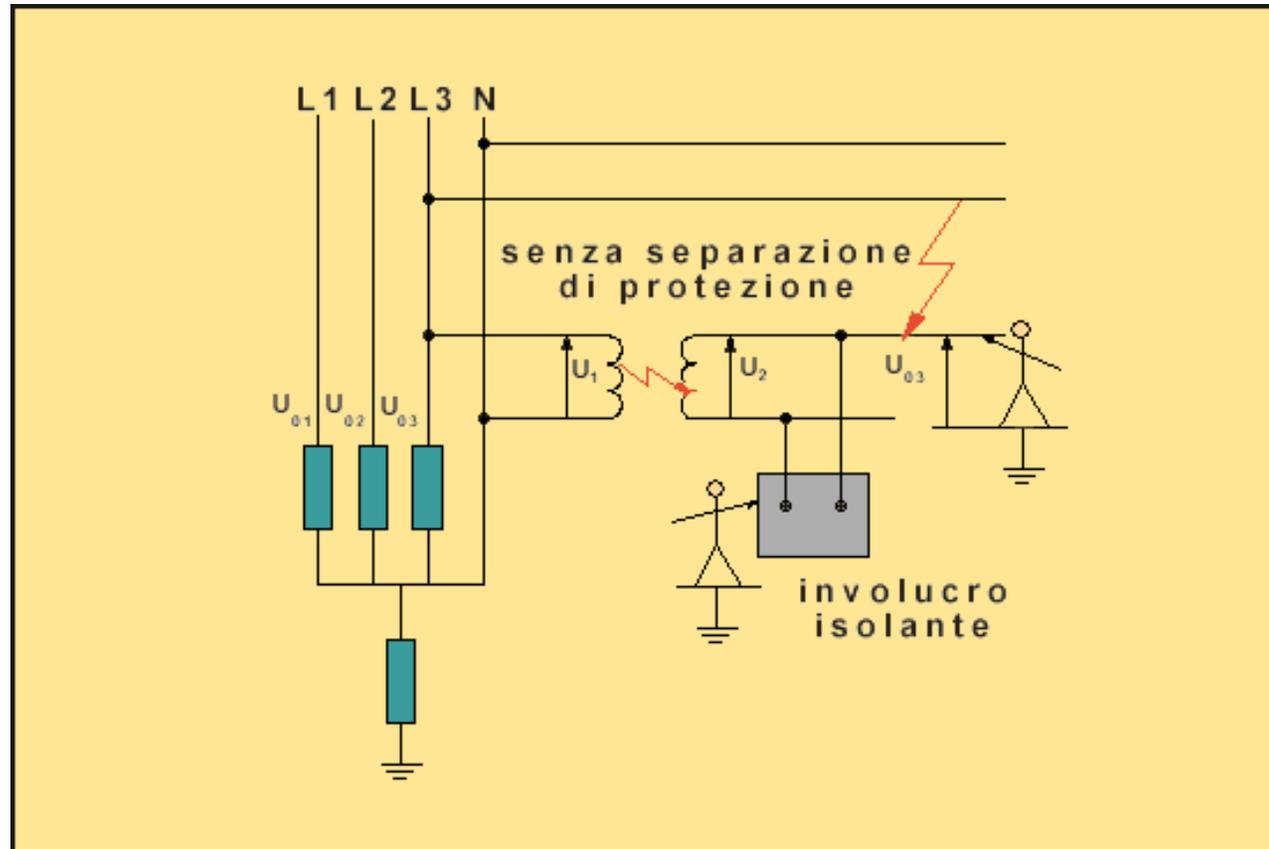
Neste caso pode-se temer uma passagem da tensão primária para o circuito secundário, devendo este ser portanto protegido quer contra contactos directos quer contra contactos indirectos.

O transformador utilizado neste caso é um transformador normal, um auto-transformador, ou um alimentador electrónico em que não é garantido o isolamento do circuito secundário em relação ao primário.

Como se mostra na figura seguinte, no caso de defeito no transformador (não de segurança) uma pessoa que tocasse um pólo do circuito secundário seria submetida a uma tensão  $U_0$  em relação à terra.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

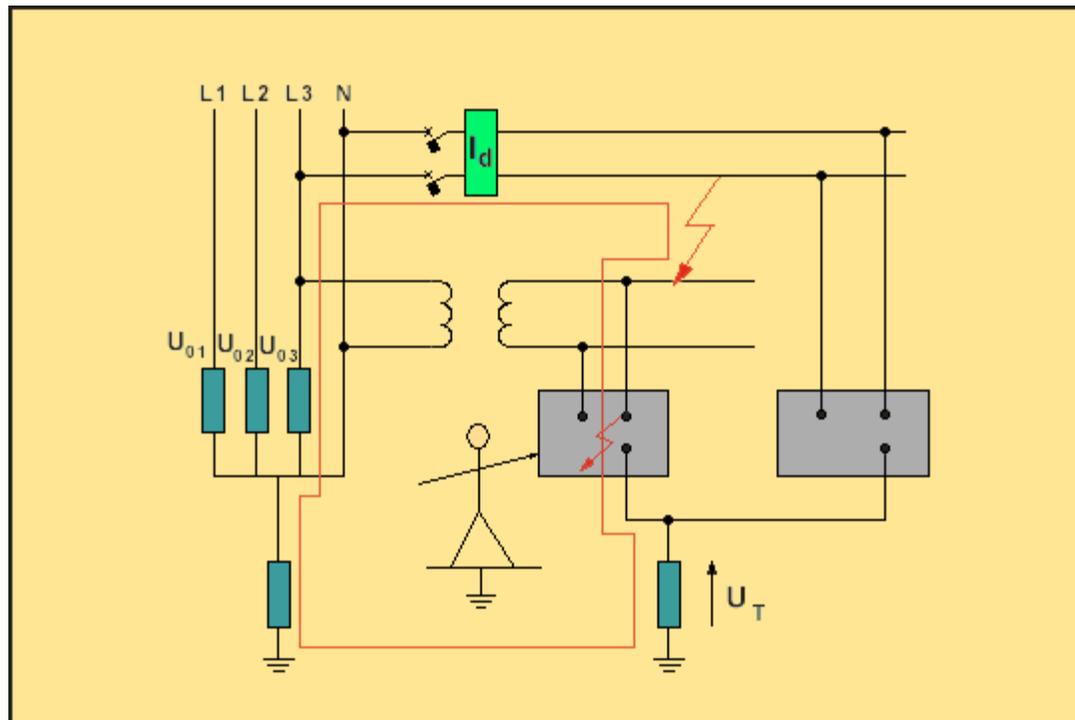


Os invólucros dos aparelhos de utilização deverão ser isolados, neste caso, em relação à tensão simples  $U_0$ , ainda que seja alimentados à tensão reduzida  $U_2$ .

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Num circuito FELV deste tipo, isolado da terra, mas com as massa ligadas à terra, no caso de um defeito à terra no circuito primário e de um defeito consecutivo no circuito a tensão reduzida, intervém o sistema de protecção contra contactos indirectos do circuito primário, conforme se mostra na figura seguinte:

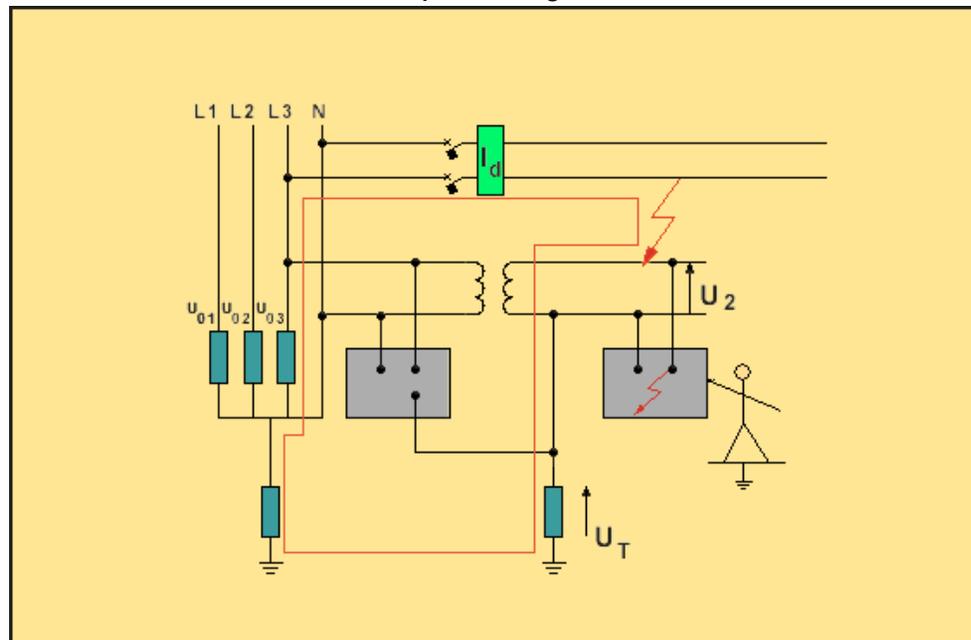


# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Uma pessoa que estivesse em contacto com um aparelho alimentado à tensão reduzida ficaria, neste caso, seria submetida a uma tensão  $U_T$ , se não existisse a protecção diferencial no circuito primário.

Se num circuito deste tipo um aparelho alimentado à tensão reduzida não tivesse a sua massa ligada à terra, uma pessoa em contacto com o mesmo ficaria submetida a uma tensão  $U_T + U_0$ , como se mostra na figura seguinte:



## **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

### **Protecção de pessoas**

A segurança desta medida baseia-se, por um lado no valor da tensão, e por outro lado no isolamento dos circuitos.

Os transformadores utilizados deverão ser da classe II de isolamento.

Se estes circuitos alimentarem aparelhos comportando igualmente partes alimentadas por outros circuitos (por exemplo, relés de impulso), para garantir a segurança desta medida é necessário que o isolamento entre os dois tipos de circuitos seja equivalente ao isolamento que separa os enrolamentos primário e secundário de um transformador de segurança, isto é praticamente um duplo isolamento.

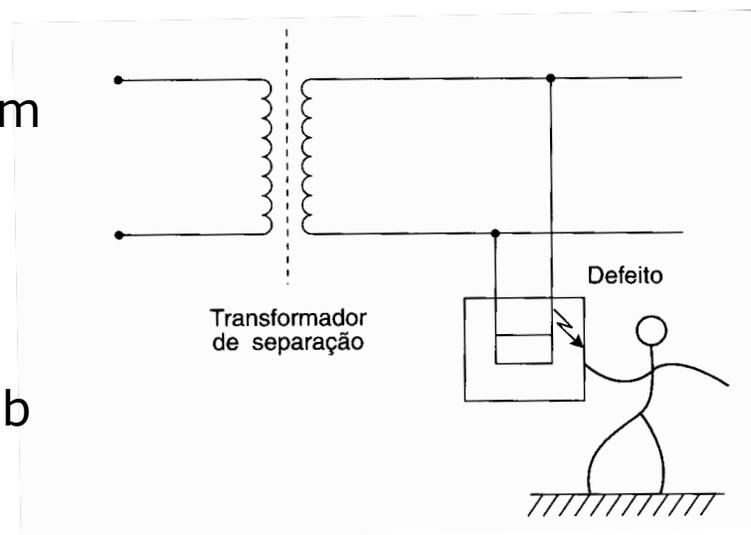
# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Esta medida é utilizada para a alimentação dos aparelhos da classe III (brinquedos eléctricos, por exemplo). Ela é igualmente utilizada nos circuitos de sinalização.

É o único método de protecção admitido para o emprego de aparelhos portáteis no interior de recintos metálicos.

Em tais recintos, por exemplo em caldeiras, as dimensões são tais que as pessoas ao trabalharem se encontram continuamente em contacto com as paredes; em caso de acidente não têm a possibilidade de se desembaraçar rapidamente e qualquer contacto com as partes activas colocadas sob tensão poderá ser fatal.

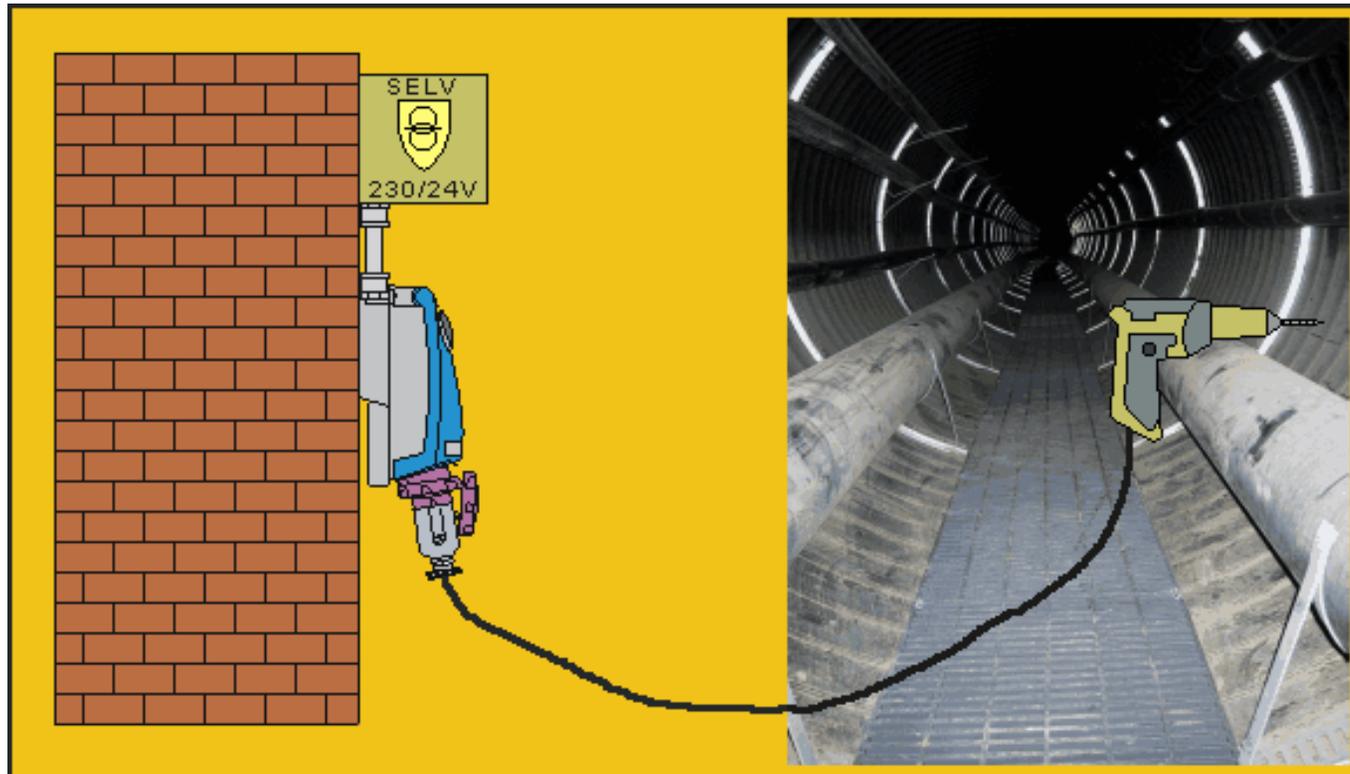


# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Daí que seja imposta, neste caso, a utilização exclusiva da tensão reduzida de segurança.

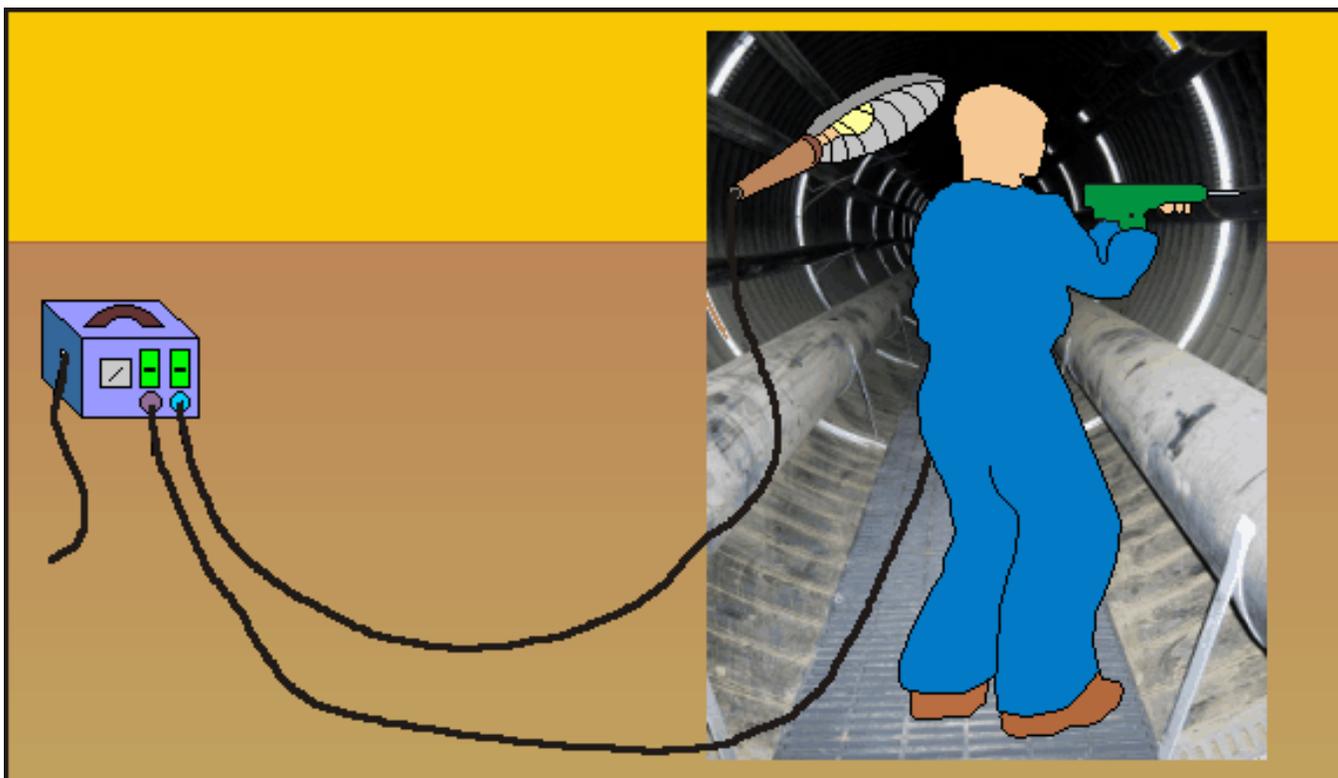
Na figura seguinte mostra-se um exemplo de aplicação desta medida num recinto metálico, devendo a fonte de alimentação a tensão reduzida ficar fora do mesmo.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

As lâmpadas portáteis que necessitem de ser utilizadas em situações deste tipo devem também ser alimentadas a partir de uma fonte de tensão reduzida, devido à possibilidade de choque eléctrico pelo contacto com o seu filamento, no caso de a lâmpada se partir, por exemplo, devido a choque mecânico.

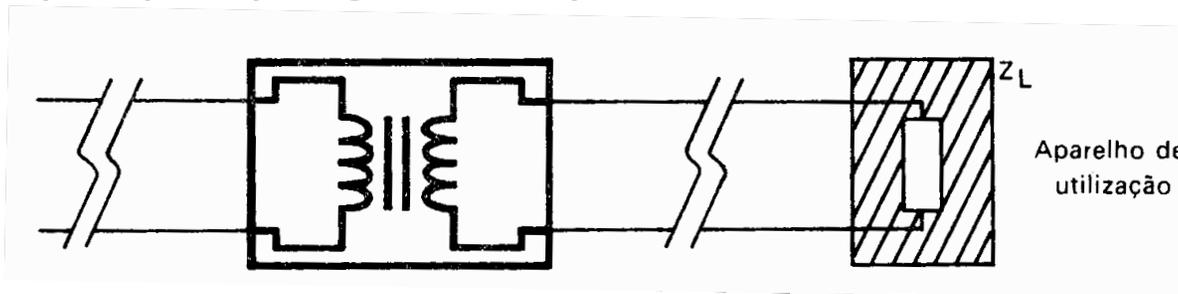


# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### SEPARAÇÃO DE CIRCUITOS DE SEGURANÇA

Esta medida consiste em realizar um pequeno circuito de neutro isolado. Com efeito, em caso de defeito de isolamento, a massa correspondente fica a um certo potencial não fixo em relação à terra, e um contacto com esta massa não apresenta qualquer perigo dado que o circuito não é fechado.



Como toda a segurança desta medida se baseia no seu nível de isolamento, importa que este isolamento se mantenha permanentemente no valor necessário, tanto no que respeita à fonte de alimentação como ao conjunto do circuito.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

A fonte é geralmente um transformador de isolamento de razão de transformação 1:1, cujo isolamento entre a rede e o circuito é equivalente a um duplo isolamento.

### LOCAL CONDUTOR

Um local define-se como condutor quando tem uma boa ligação eléctrica com a terra sendo elevada, no seu interior, a probabilidade de uma pessoa ficar colocada ao potencial da terra através do contacto com qualquer parte do corpo.

Geralmente, podem considerar-se como locais condutores aqueles em que, em relação à actividade desenvolvida, as pessoas se possam encontrar em condições de perigo, como consequência de características ambientais particulares (humidade, ligação à terra, etc.).

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Estes locais são considerados particularmente perigosos pelos seguintes motivos:

- baixa resistência em relação à terra;
- resistência reduzida do corpo humano;
- percurso mais perigoso da corrente através do corpo humano;
- dificuldade de interrupção do contacto com as partes condutoras;

Nestas condições, é particularmente mais perigoso o uso de ferramentas eléctricas portáteis do que o caso do contacto com equipamentos eléctricos fixos, dado que aqueles implicam um maior contacto com as mãos e uma maior pressão de contacto, situações estas mais perigosas no caso de choque eléctrico.

Na figura seguinte mostra-se um tipo de local particularmente perigoso devido a condições ambientais particulares.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

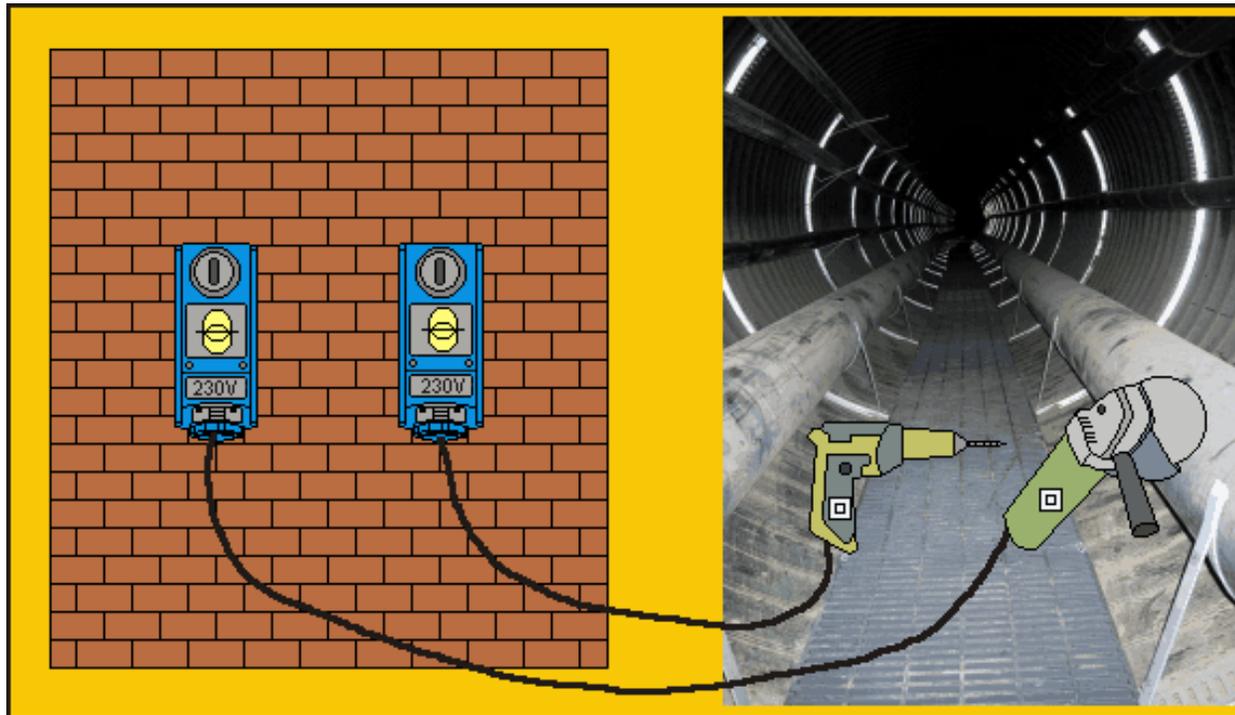
## Protecção de pessoas



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Na figura seguinte indicam-se dois exemplos de aplicação desta medida, no caso de alimentação de ferramentas utilizadas num local condutor. As fontes de alimentação deverão ser colocadas fora do local condutor e por outro lado as ferramentas eléctricas alimentadas deverão ser da classe II de isolamento.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### **O transformador de isolamento**

Num transformador de isolamento, a separação eléctrica entre o primário e o secundário é realizada mediante um duplo isolamento ou por isolamento reforçado.

O seu invólucro pode ser metálico mas, neste caso, deve ser separado das partes activas por um isolamento duplo ou reforçado.

A sua potência não deve ser superior a 25 KVA para o caso dos transformadores monofásicos e a 40 KVA, para o caso dos trifásicos.

Podem ser de dois tipos:

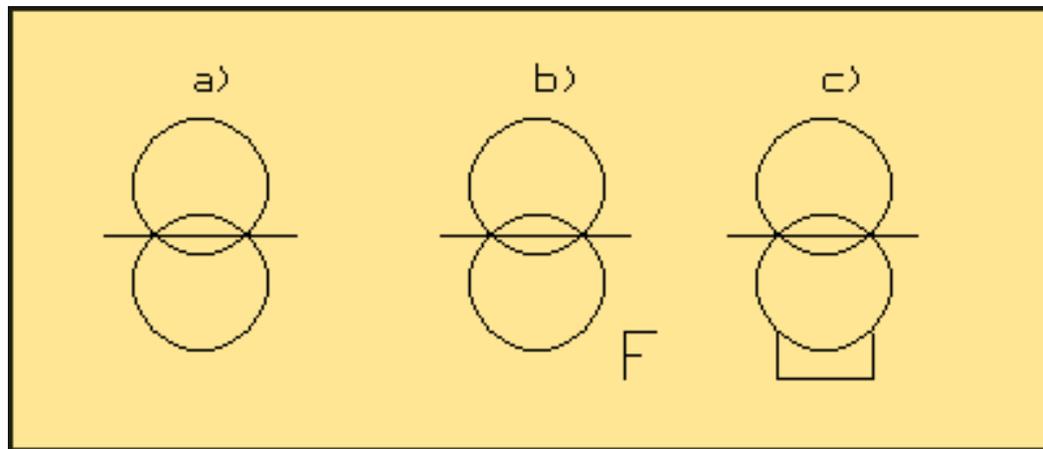
- resistentes a um curto-circuito, quando no caso de sobrecarga ou de curto-circuito, a elevação de temperatura que se manifesta não supera os limites estabelecidos e logo que se elimina o defeito pode continuar o serviço;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

- à prova de sobrecarga, quando na sequência de uma utilização anormal, não fica em condições de funcionar, mas não apresenta nenhum perigo para os utilizadores e para o local;

Com base no tipo de instalação, pode ainda subdividir-se nos transformadores para instalações fixas e transformadores para instalações móveis.



a) Símbolo geral - b) resistente a um curto-circuito - c) à prova de sobrecarga

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

No caso de protecção por transformador de isolamento, o circuito separado deve ter um comprimento reduzido, não superior ao determinado pela seguinte relação:

$$L \leq \frac{100000}{U_n}$$

Com um comprimento nunca superior a 500 m, em que L é o comprimento da linha, em m, a jusante do transformador de isolamento, e  $U_n$  a tensão de alimentação em Volt, do circuito separado.

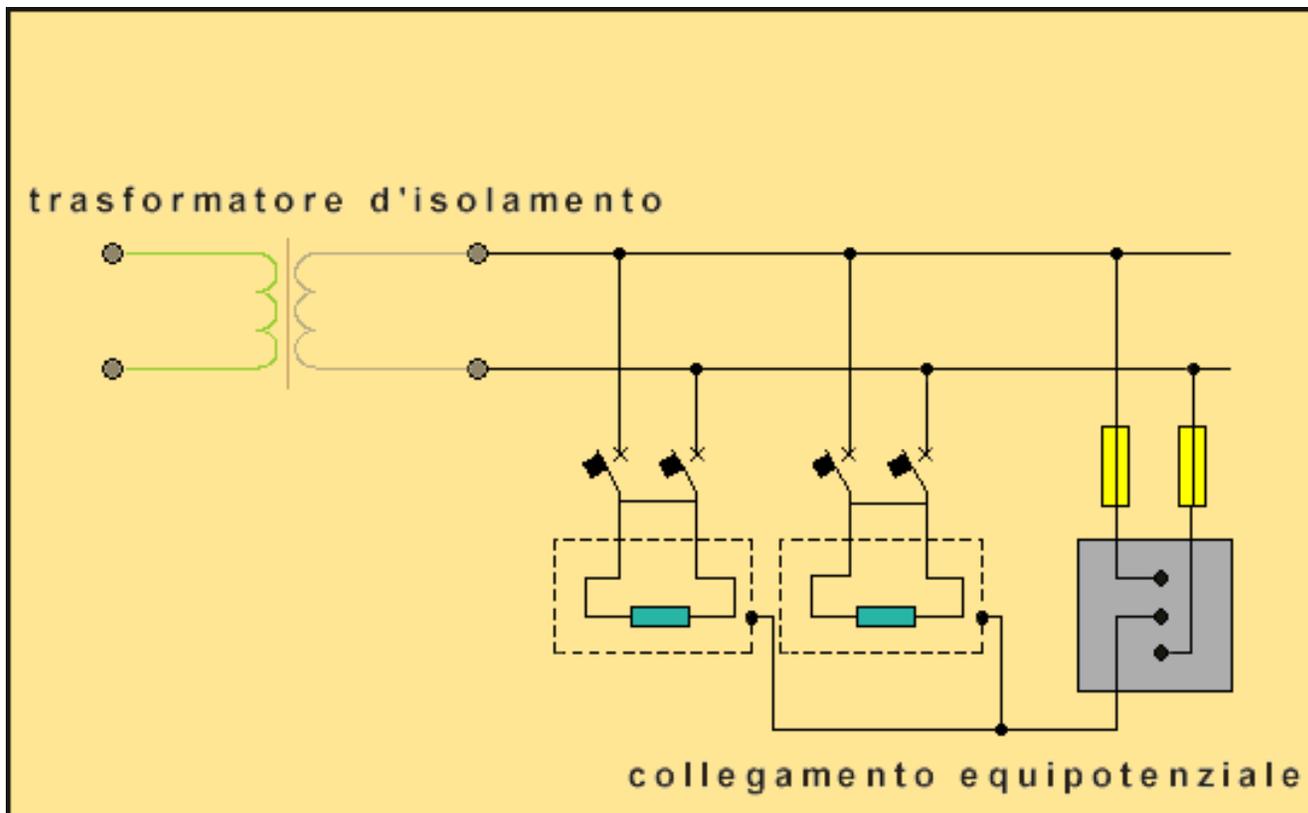
A separação em relação a outros circuitos deve ser pelo menos equivalente à requerida para o transformador de isolamento.

O ideal consiste em alimentar cada equipamento por um transformador de isolamento próprio.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Quando são alimentados vários equipamentos por um transformador de isolamento, devem ser estabelecidas ligações equipotenciais entre os mesmos (ver figura).



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Um primeiro defeito de isolamento poderia permanecer um tempo indefinido sem risco para as pessoas.

No entanto, um segundo defeito de isolamento numa outra fase poderia provocar um perigo mortal para uma pessoa que estivesse em contacto com os dois equipamentos.

Para evitar este problema, quando um transformador de isolamento alimentar mais do que um equipamento as respectivas massas deverão ser ligadas por um condutor de equipotencialidade, de forma a poder-se eliminar o defeito com o aparelho de protecção contra sobreintensidades, o qual deverá actuar num tempo máximo que esteja de acordo com a curva de segurança.

No que diz respeito à ligação equipotencial devem ser respeitadas as seguintes condições:

- qualquer tomada de corrente no circuito separado deverá possuir um alvéolo de terra ligado ao condutor de equipotencialidade;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

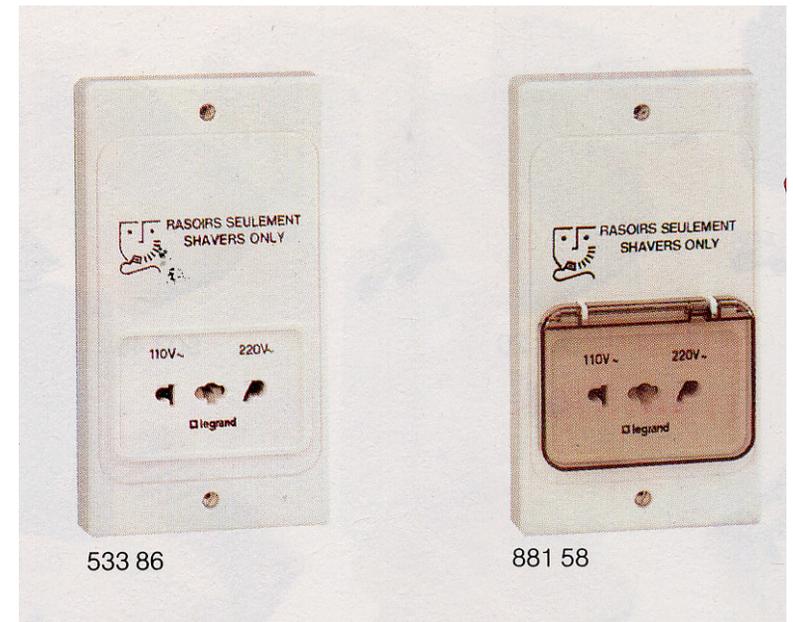
- o condutor de equipotencialidade deve ser dotado de isolamento, de forma a que não possa entrar em contacto com o condutor de protecção de outros circuitos;
- todos os cabos de ligação do conjunto de equipamentos alimentados deverão ter um condutor de protecção incorporado, que será utilizado como ligação equipotencial;
- as ligações podem ser feitas com uma secção não inferior a  $2,5 \text{ mm}^2$  se tiverem protecção mecânica e igual a  $4 \text{ mm}^2$  se não forem providas de qualquer protecção mecânica;
- o condutor equipotencial principal não deve ter uma secção inferior a  $6 \text{ mm}^2$ ;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Esta medida utiliza-se para a alimentação de máquinas, e em particular máquinas amovíveis, por exemplo em estaleiros ou em instalações industriais. É raramente utilizada em instalações domésticas. No entanto pode ser utilizada para a alimentação de tomadas de corrente em quartos de banho.

Acrescentemos que os circuitos assim separados devem conservar o duplo isolamento em relação a outros circuitos e devem ser tomadas precauções, sob este ponto de vista, para que as massas do circuito interessado não se encontrem em contacto com outras massas, o que teria por efeito diminuir o nível de isolamento e por consequência eliminar a segurança produzida por esta medida.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

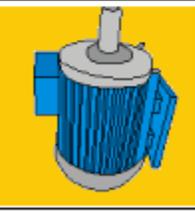
### **INSTALAÇÃO ELÉCTRICA EM LOCAIS CONDUTORES DE DIMENSÕES REDUZIDAS**

Se num local condutor de dimensões reduzidas existirem componentes eléctricos que necessitem de uma ligação à terra funcional, como é o caso por exemplo de aparelhagem de medida e de controlo, deve ser realizada uma ligação equipotencial suplementar que interligue a respectiva massa a massa estranhas que se encontrem dentro do local em causa, e ao dispersor destinado à ligação à terra funcional.

Na tabela seguinte resumem-se as prescrições normativas relativas ao tipo de aparelho eléctrico utilizado neste tipo de locais.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

	Tipo de aparelho	Circuito de tensão reduzida de segurança	Separação eléctrica	Interrupção automática da alimentação
				
<b>Móvel</b> <b>Lâmpada</b>		Permitido	Permitido	Não permitido
<b>portátil</b>		Permitido	Não permitido	Não permitido
<b>Transportável</b>		Permitido	Permitido	Não permitido
<b>Fixo</b>		Permitido	Permitido	Permitido
<b>Portátil</b>		Permitido	Permitido	Não permitido

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

### **MATERIAIS DA CLASSE II DE ISOLAMENTO**

Já expusemos os princípios sobre os quais se baseia a segurança conferida pela classe II de isolamento.

Basta-nos lembrar que o emprego de materiais da classe II constitui por si uma medida de protecção e dispensa a utilização de outras medidas. Dentro deste ponto de vista assinalamos o interesse que apresentaria a realização de equipamentos completos da classe II.

### **INACESSIBILIDADE SIMULTÂNEA DAS MASSAS E DOS ELEMENTOS**

#### **CONDUTORES**

Esta medida consiste em dispor as massas e os elementos condutores de tal forma que uma pessoa não possa tocar simultaneamente: quer uma massa e um elemento condutor, quer duas massas.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Esta não acessibilidade simultânea entende-se nas circunstâncias habituais, isto é tendo em conta as dimensões e as formas dos elementos que possam ser manipulados pelas pessoas: por exemplo, se forem transportadas habitualmente barras de um certo comprimento deve ter sido em conta este comprimento para fixar as distâncias que separam as massas e os elementos condutores.

Esta medida pode resultar:

- quer do afastamento respectivo das massas e dos elementos condutores;
- quer do afastamento respectivo de duas massas;
- quer da interposição de obstáculos eficazes; estes obstáculos

deverão ser isolantes para impedir a sua ligação com as massas, com outros elementos condutores ou com a terra.

Por outro lado é necessário que o pavimento seja isolante, ou revestido por um material isolante.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Esta medida só interessa portanto para materiais fixos, que não possam ser deslocados. O facto de colocar aparelhagem como tomadas de corrente a mais de 2 metros de elementos condutores (tais como irradiadores de aquecimento central) pode ser considerada como uma aplicação desta medida.

Esta medida permanece no entanto de aplicação limitada em instalações de habitações; permite reforçar a segurança, não podendo no entanto esta ser baseada nesta medida, pelo facto de posteriores modificações nas instalações, relativas ou não à instalação eléctrica, poderem eliminar a segurança desta medida.

### ISOLAMENTO DAS MASSAS

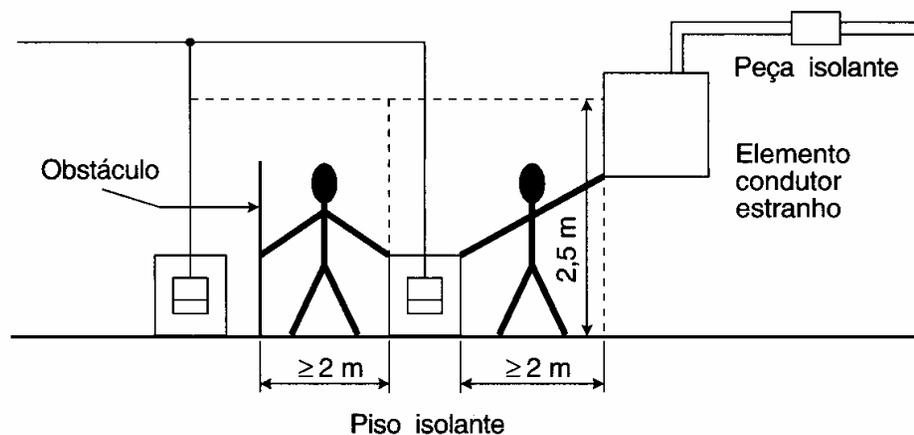
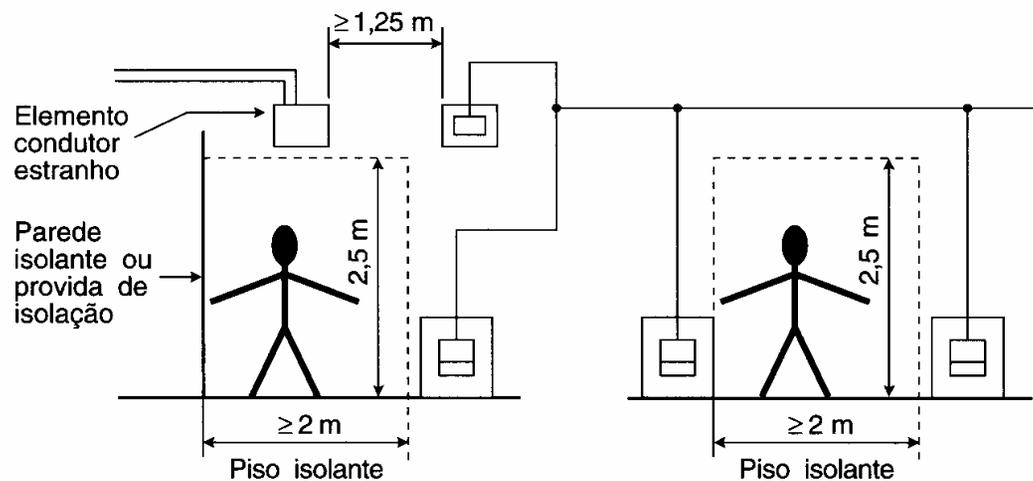
Esta medida consiste de facto em realizar materiais ou equipamentos da classe II, quando esta classe não é prevista por construção.

Trata-se portanto em dispor em torno dos materiais , que são da classe 0 ou equivalente, um isolamento suplementar que confere ao conjunto a segurança do duplo isolamento.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Exemplos de  
inacessibilidade simultânea  
das massas e elementos  
condutores



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

No entanto é necessário que este isolamento e as suas condições de montagem satisfaçam rigorosamente as especificações aplicáveis aos aparelhos da classe II, tais como foram indicadas.

Seria necessário também submeter o conjunto assim constituído aos ensaios e verificações necessárias, o que nem sempre é possível.

### ESTABELECIMENTO DE LIGAÇÕES EQUIPOTENCIAIS

Esta medida consiste em realizar um conjunto equipotencial local pelo estabelecimento de ligações equipotenciais, asseguradas por um condutor de protecção, entre todas as massas e todos os elementos condutores simultaneamente acessíveis para uma pessoa sobre uma superfície condutora, fazendo ela própria parte do conjunto equipotencial.

A utilização de ligações equipotenciais em instalações eléctricas é um procedimento a que normalmente se recorre, qualquer que seja o sistema de protecção de pessoas contra contactos indirectos escolhido.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

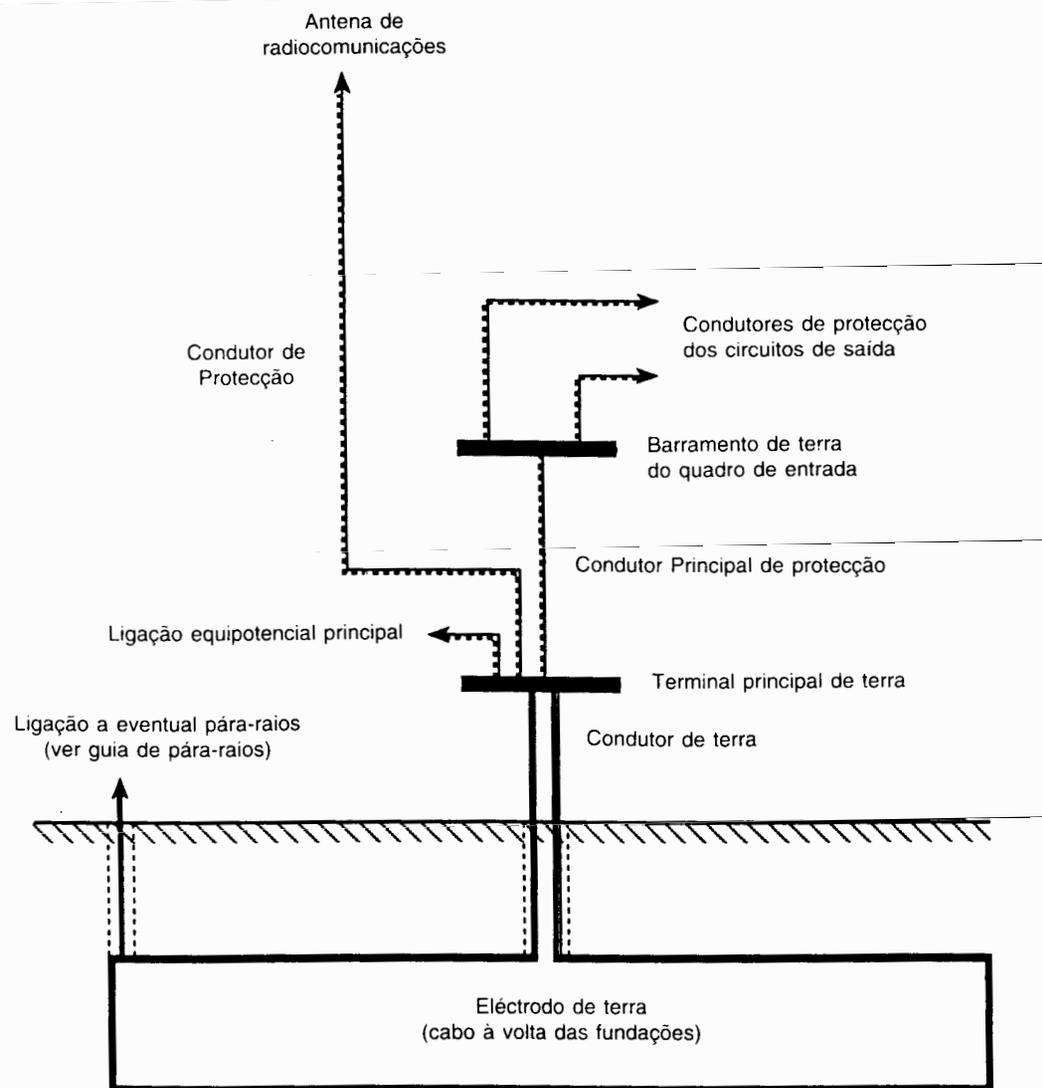
Com efeito, a interligação por meio de um condutor de equipotencialidade apropriado, de duas massas metálicas simultaneamente acessíveis, permite assegurar que entre estas não aparecerá qualquer diferença de potencial perigosa, para além de contribuir decisivamente para uma actuação eficaz dos aparelhos de protecção contra contactos indirectos utilizados.

### A - **A ligação equipotencial principal**

Chama-se ligação equipotencial principal de uma instalação ao conjunto electricamente interligado, do eléctrodo de terra do edifício onde se encontra estabelecida essa instalação, com todos os elementos condutores acessíveis existentes no mesmo (canalizações metálicas, elementos metálicos da construção que se encontrem acessíveis, tais como pilares, vigas, asnas, etc.).

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

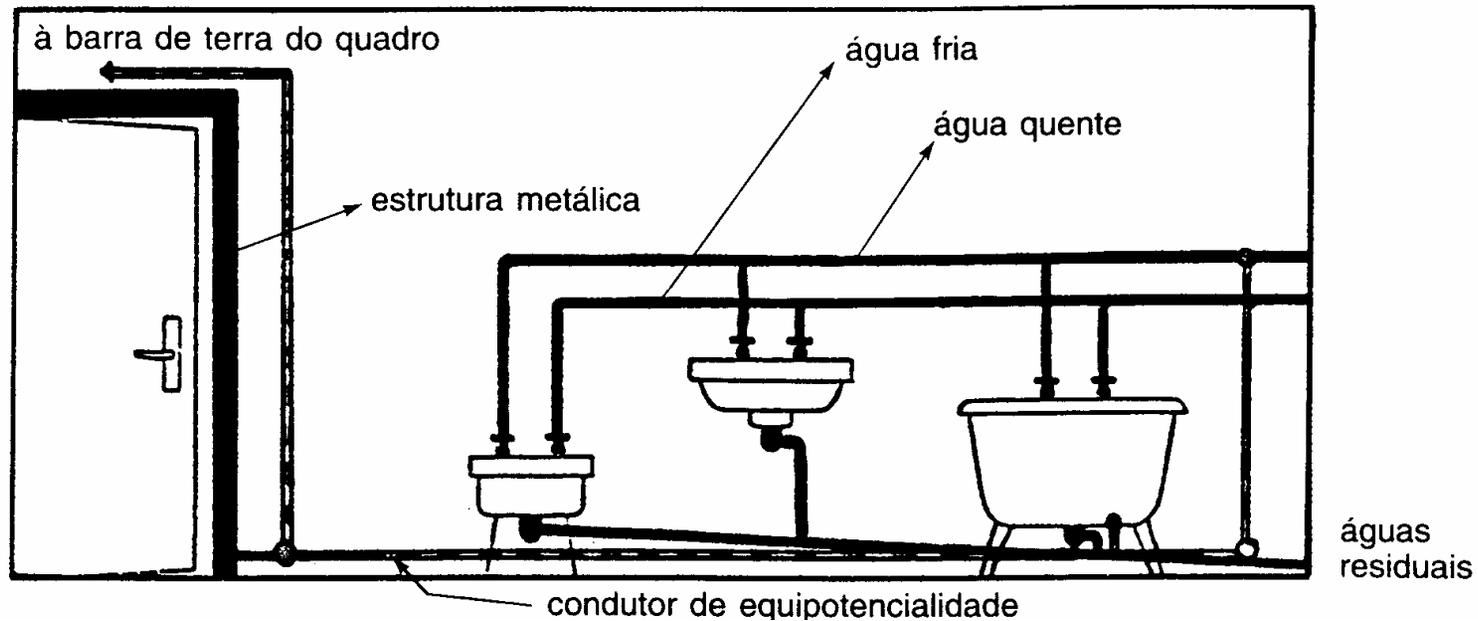
### B – As ligações equipotenciais suplementares

As ligações equipotenciais suplementares são utilizadas em locais das instalações onde possa ser mais provável ou perigoso o aparecimento de tensões de contacto entre massas metálicas e entre estas e elementos condutores estranhos à instalação eléctrica, por exemplo, em casas de banho, lavandarias, etc., ou ainda nos casos em que as condições de corte dos aparelhos de protecção utilizados para garantir a protecção das pessoas não sejam satisfatórias.

São frequentemente necessárias quando se utiliza o sistema de ligação das massas ao neutro sem recurso a aparelhos diferenciais (regime TN), devido à dificuldade que por vezes surge em adaptar o relativo atraso no funcionamento dos aparelhos de protecção contra sobreintensidades aos tempos, por vezes extremamente curtos, impostos por razões de segurança.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas



CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES DE EQUIPOTENCIALIDADE

Tipos de condutores	Condições de colocação	Secção mínima
H07V-U ou H07V-R (verde/amarelo)	fixado directamente nas paredes	4 mm <sup>2</sup>
	protegido por tubos (à vista ou embebidos)	2,5 mm <sup>2</sup>
Condutor nu de cobre	fixado directamente nas paredes	4 mm <sup>2</sup>

## **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

### **Protecção de pessoas**

É de notar que a existência dos condutores que asseguram esta ligação equipotencial suplementar não dispensa a existência dos condutores de protecção eventualmente necessários.

O conjunto das massas metálicas interligadas por condutores de equipotencialidade, num determinado local, poderá ou não ser susceptível de se apresentar completamente isolado da terra.

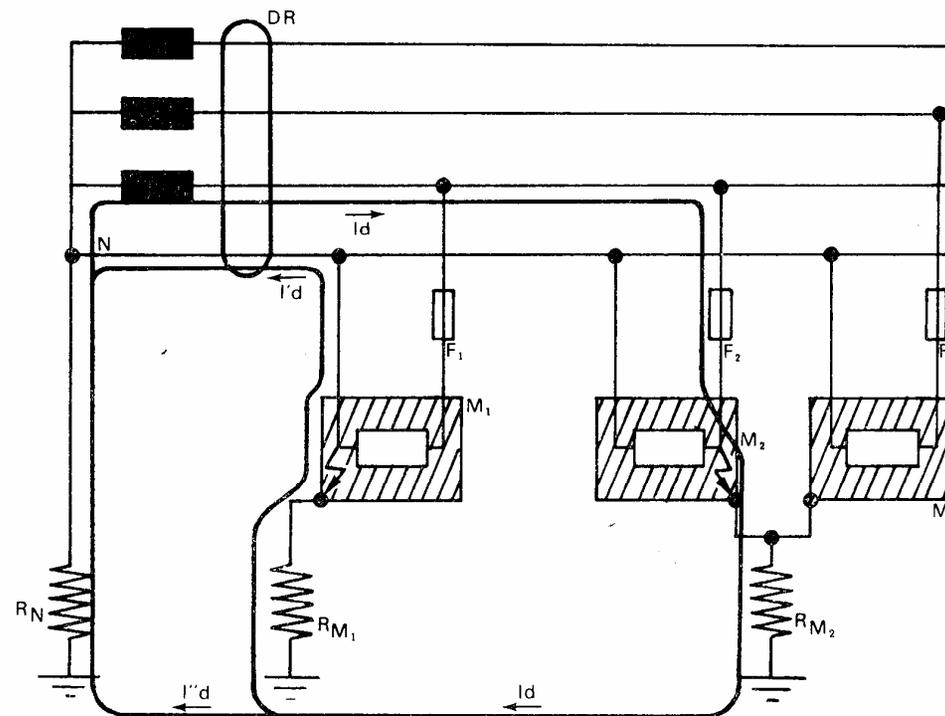
No caso de não se tornar possível assegurar aquele isolamento, o que constitui o caso mais vulgar, o conjunto equipotencial deverá ser ligado a um eléctrodo de terra, que poderá ser ou não o eléctrodo de terra do edifício ao qual se encontram ligadas as restantes massas da instalação.

No caso de ser efectuada a referida ligação à terra através de um eléctrodo distinto do eléctrodo de terra das restantes massas metálicas, em instalações que utilizem aparelhos de protecção do tipo diferencial deverá ser previsto um aparelho desse tipo que proteja exclusivamente os circuitos que alimentam o conjunto equipotencial.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Tal precaução deve-se à possibilidade de, por influência entre ambas as terras, não vir a ser detectada a circulação de uma corrente de defeito que eventualmente tenha origem no conjunto equipotencial e que se feche por uma segundo defeito, ou defeito pré-existente, no neutro (ver figura).

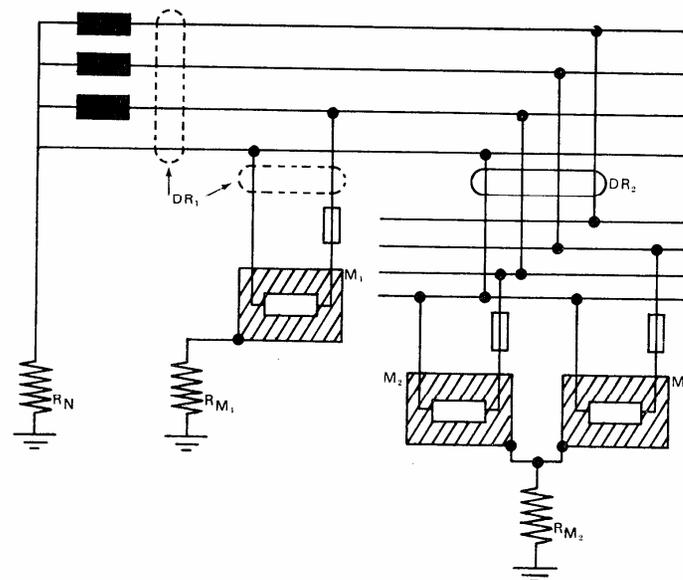


# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

## Protecção de pessoas

A circulação da corrente de defeito poderá não ser detectada pelo aparelho diferencial e para resistências de terra ( $R_{m1}$  e  $R_{m2}$ ) de valores normais poderá não haver actuação do fusível  $F_2$ , o que permitirá a existência permanente de uma tensão excessiva nas massas  $M_2$  e  $M_3$  e/ou na massa  $M_1$ .

Se dispusermos de um aparelho diferencial que proteja exclusivamente o conjunto equipotencial  $M_2$ - $M_3$  esse aparelho impedirá seguramente o aparecimento da situação perigosa acima descrita, como se pode observar na fig. seguinte.



## **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

### **Protecção de pessoas**

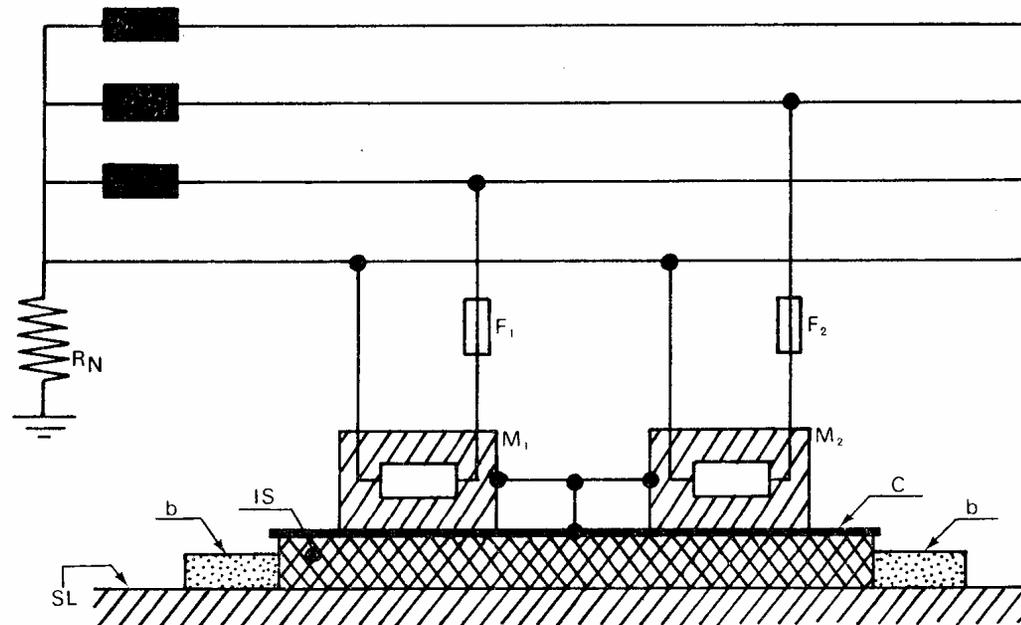
Uma das medidas passivas que pode garantir por si só o não aparecimento de tensões de contacto perigosas consiste no emprego de ligações equipotenciais locais isoladas da terra.

No entanto o Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica prevê que apenas possam ser utilizadas, para garantia de segurança das pessoas contra contactos indirectos, as chamadas medidas activas, admitindo as medidas passivas como complemento daquelas.

A referida medida aplica-se sobretudo em locais de trabalho situados junto de máquinas fixas onde possa ser garantido um conjunto equipotencial de todos os elementos condutores, totalmente isolado da terra (ver figura).

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

## Protecção de pessoas



- C — pavimento (suposto condutor);
- b — tapete isolante colocado ao longo do perímetro da zona equipotencial ou no seu acesso;
- IS — isolante;
- SL — solo condutor, ao potencial da Terra.

Nestas condições a existência de um defeito de isolamento numa das máquinas não provocará o aparecimento de qualquer tensão de contacto no interior da zona equipotencial.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Protecção de pessoas

Um segundo defeito, que eventualmente ocorra, originará uma situação de curto-circuito, e como tal, será eliminado pelos aparelhos de protecção contra sobreintensidades.

Como é lógico, em caso de defeito de isolamento, torna-se perigoso o contacto com qualquer massa ou com o solo adjacente, ao potencial da terra. Por isso, torna-se necessário prever uma zona de transição mediante isolamento entre a área equipotencial e as áreas vizinhas mantidas ao potencial da terra.

Haverá ainda que tomar todas as precauções para que modificações posteriores não venham a colocar no interior da zona equipotencial quaisquer construções ou canalizações metálicas que fiquem ao potencial da terra, uma vez que tal situação eliminaria toda a segurança pretendida, constituindo mesmo um perigo mortal.