

### 3 Eléctrodos de Terra e Circuitos de Terra

#### O que é um Eléctrodo de Terra?

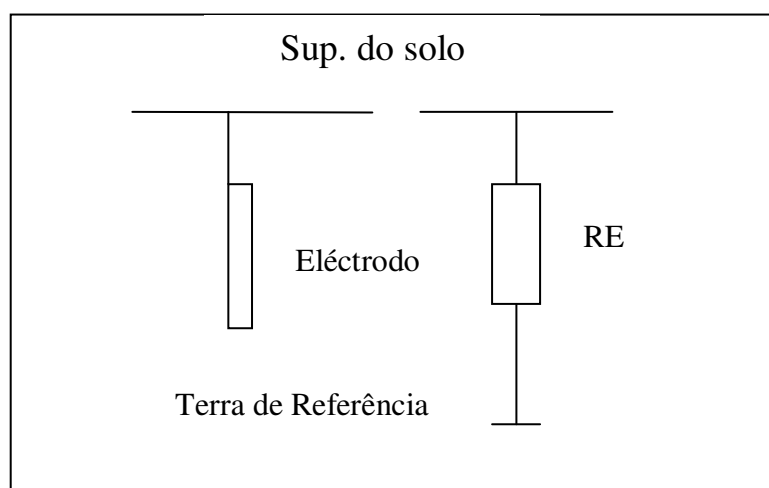


Fig. 7 - Varetas (ou piquets) á espera de serem utilizadas em Marinhas (Esposende)

Boa pergunta. Olhemos a definição utilizada pela legislação aplicável<sup>1</sup> em Portugal, e também assumida pela EDF<sup>2</sup>:

**“Um Eléctrodo de Terra é o conjunto de materiais condutores enterrados, em contacto directo com o solo, ou embebidos em betão em contacto com o solo, destinados a assegurar boa ligação eléctrica com a terra.”**

E a Resistência de Terra de um Eléctrodo (RE) é então *a resistência entre o eléctrodo de terra e a terra de referência.*



<sup>1</sup> RSSPTS – Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento e RSRDEEBT – Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão.

<sup>2</sup> HN 64-S-55 : “Prises de terre pour réseaux électriques de distribution” , EDF

E é através do eléctrodo de terra que são escoadas correntes de defeito à terra, descargas atmosféricas, etc...

O eléctrodo de terra, os condutores de terra e respectivas ligações formam o **Circuito de Terra**, em articulação com o qual são calibradas as protecções de contactos ou defeitos à terra.

*Esta é aliás a razão principal pela qual se indica um limite para RE, que é de 20  $\Omega$  para os postos de transformação, por exemplo.*

Se RE for muito elevada, um contacto de um condutor com uma parte metálica da instalação origina que esta fique em tensão, se a resistência de ligação à terra (RE) for muito elevada, a corrente de defeito vai ser muito baixa, e *pode ser tão baixa que não seja detectada pelas protecções diferenciais de defeitos à terra, por exemplo.*

*Ao circuito de terra a que são ligados todos os elementos condutores da instalação (PT, Subestação, Habitação doméstica etc...) normalmente sem tensão ou com tensões não perigosas, mas sujeitos a uma passagem fortuita de corrente que provoque diferenças de potencial perigosas e não previstas, dá-se o nome de **TERRA DE PROTECÇÃO**.*

*Ao circuito de terra a que são ligados unicamente pontos dos circuitos eléctricos para influenciar as suas condições de exploração (fixação do potencial, por exemplo), dá-se o nome de **TERRA DE SERVIÇO**.*

Pela importância e carácter específico que está envolvido, o meu estudo/estágio/PSTFC vai incidir particularmente sobre a *Terra de Protecção em PT's*.

### 3.1 Porquê a ligação à terra?

No sentido de assegurar a eficiência de exploração e em particular a segurança dos seus utilizadores são constituídos circuitos de terra, estes circuitos têm particular relevância em aspectos relacionados com a protecção de pessoas, das instalações e do equipamento, sendo por isso vital a sua existência e consideração cuidada durante ao fase de projecto.

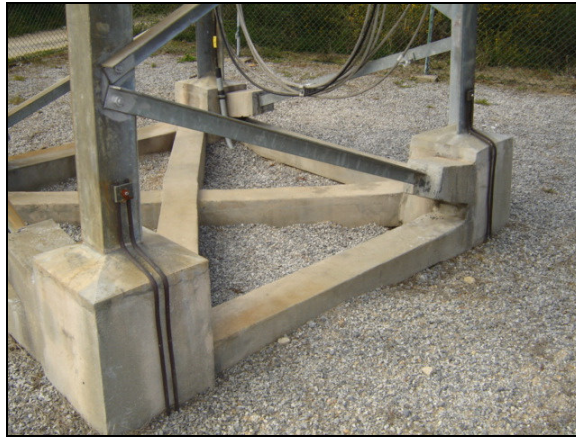


Fig. 8 - Lousada: Poste com ligações à terra

As instalações eléctricas são frequentadas por técnicos, visitantes e são passíveis de regular manutenção. *As potências e níveis de tensão postas em jogo nos equipamentos associados a essas instalações tornam o aspecto da segurança de pessoas uma questão completamente incontornável.*

Por outro lado, os custos associados à manutenção/reparação e substituição de equipamentos torna a questão da própria salvaguarda do material constituinte do circuito AT/MT ou BT uma questão central.

Para além destes aspectos, outros ainda são de considerar, como a questão da protecção contra incêndios, do ruído em circuitos electrónicos ou da criação do potencial de referência para o projecto dos próprios circuitos.

Sendo assim, o circuito de terra, *constituído pelos seu condutores e eléctrodos de terra*, deverá assegurar o escoamento para o interior do solo das correntes de defeito provocadas por situações de curto-circuito (cc) à terra, correntes de choque atmosférico ou correntes de outra origem, constituídas como parte de uma situação de defeito.

A concepção de um circuito de terra pretende portanto assegurar:

- **A segurança das pessoas**
- **A integridade do equipamento**
- **Protecção contra uma situação de potencial incêndio**
- **Protecção do equipamento electrónico.**
- **A criação de um potencial de referência.**

### 3.2 Porquê limites a RE? (Um caso da vida real)

Porque razão existem imposições regulamentares referentes ao valor de RE, resistência de terra, e porque razão se toma particular atenção ao seu valor, relacionando-o directamente à protecção das pessoas (e equipamentos)?

Em vez de focar directamente o caso de uma instalação eléctrica socorramonos de um caso muito mais mundano: uma cozinha qualquer de uma qualquer habitação<sup>3</sup>.

Uma situação bastante usual de defeito ocorre quando uma parte em tensão (alguma Fase, por ex.) entra em contacto com uma superfície metálica, condutora de energia eléctrica, no seio da instalação, ou, num cenário mais quotidiano, numa habitação.



Fig. 9 - O cenário do acidente

Coloquemos aqui dois cenários: no **1º cenário** estamos perante uma ligação 'fraca' à terra, traduzida por um alto valor da Resistência de Terra (RE), no **2º cenário**, pelo contrário, a ligação à terra é 'boa' e, portanto, teremos um valor de RE baixo.

Nos quadros das nossas habitações existem *protecções diferenciais*, programadas para detectar *defeitos à terra*, defeitos esses que se traduzem no contacto de alguma das fases com massas metálicas<sup>4</sup>. Essas protecções estão calibradas para detectar correntes geradas pelo defeito dentro de uma certa

<sup>3</sup> Num PT ou mesmo numa Subestação, o caso é basicamente o mesmo, logo, pode ser extrapolado do caso de uma habitação, onde existem partes metálicas, cabos, circuitos e...acidentes.

<sup>4</sup> Em muitos casos estende-se este conceito de 'massa metálica' a 'massa condutora'.

gama: logo que a protecção detecta o defeito, ' abre '<sup>5</sup> e isola a parte do circuito faltosa.



Fig. 10 - Protecções no quadro ( Disjuntor diferencial do lado direito)



Fig. 11 - Disjuntor diferencial

Imagine-se o caso de uma porta do frigorífico, à qual encostou, acidentalmente, uma fase da instalação (devido, por ex., a um defeito interno do frigorífico). A resistência do conjunto: PORTA-CHÃO-TERRA ( **RE** ) do frigorífico é bastante elevada (pensemos, por ex., que os frigoríficos têm apoios de borracha).

A corrente de defeito fluindo para a terra é baixa (  $I_d = \frac{U}{RE}$  ), mas note-se que a superfície metálica em contacto com a fase permanece em tensão e por isso, possui **potencial mais elevado** do que as massas circundantes.

No caso de nem existir essa protecção diferencial, não existe hipótese de detectar o defeito à terra e ao estabelecer-se o circuito com a terra iria gerar-se

---

<sup>5</sup> Na verdade, há que entrar aqui com *os intervalos de tempo de disparo* de uma protecção deste tipo, mas aqui falo apenas a título exemplificativo.

uma corrente de sobrecarga nos condutores e equipamentos , que apesar de pequena, os iriam danificar com o passar do tempo<sup>6</sup>.

No caso de não existir circuito de terra, a porta do frigorífico permanece em tensão, pois o defeito não foi detectado, a corrente  $I_d$  é muito baixa e RE é muito alta.

Imagine-se que uma pessoa se aproxima do frigorífico e toca na porta para a abrir.

Neste caso  $I_d$  'fecha-se' pelo corpo da pessoa.

Como ela apenas toca com uma mão na porta do frigorifico,  $I_d$  será da forma:

$$I_d = \frac{U_{fs}}{R_E}, \quad R_E = R_{porta} + R_{pessoa} + R_{sapatos} + R_{terra}, \quad U_{fs} = 230V$$

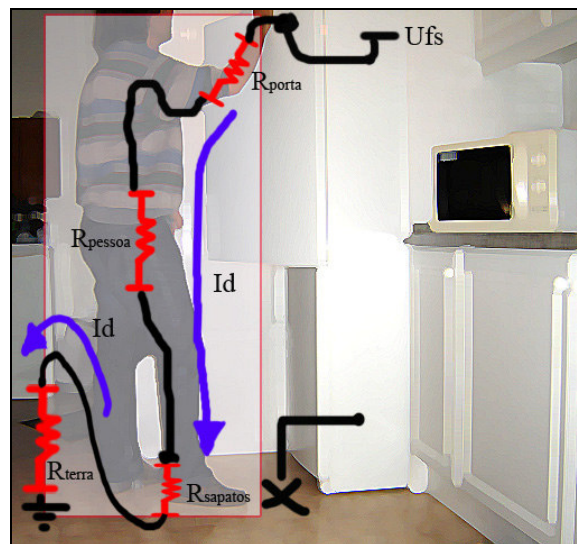


Fig. 12 - Sem circuito de terra.

Ela sentirá o tradicional ' *esticão* ', produzido pela passagem de corrente nos músculos e em particular na cavidade cardíaca.

Os efeitos da passagem de corrente no corpo humano estão bem documentados, traduzindo-se especialmente por contracções musculares, espasmos, falha respiratória e eventualmente, fibrilação e morte.

A nossa desafortunada vitima tiraria imediatamente a mão da porta do frigorifico, bradando provavelmente alguns impropérios.

<sup>6</sup> Este cenário é muito vulgar nas 'torres' dos computadores pessoais. Normalmente os fabricantes, ou as casas que montam estes equipamentos, partem do princípio que se liga a 'torre' a uma *tomada com os grampos de terra* (os dois arames de lado nas tomadas), mas muitas pessoas não fazem isto e ligam a tomadas para candeeiros, por exemplo. Isto é perigoso, muitas vezes a parte metálica da parte de trás da torre permanece em tensão e dá 'choque', para além das correntes que flúem entre as placas as virem a danificar com o tempo (por efeito de joule, por ex.).

Mas felizmente, isto não é o pior que lhe poderia ter acontecido, ela não sabe, mas escapou da morte certa por muito pouco.

O pior caso seria a pessoa ter tocado na porta e noutra massa metálica ao lado, por exemplo, a bacia da banca da cozinha, tipicamente construídas em metal-inox.

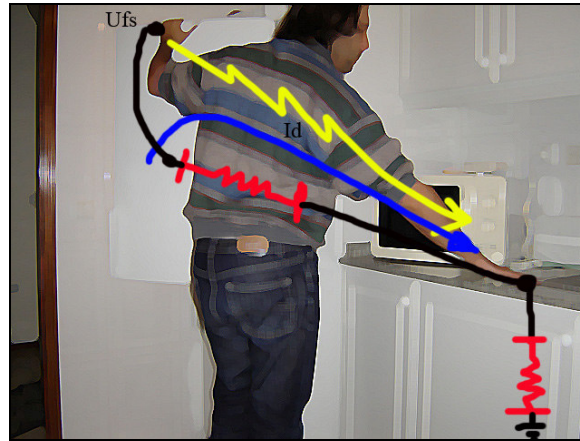


Fig. 13 - O caso mais grave

Neste caso, a vítima fecharia o circuito directamente através da sua caixa torácica, diminuindo drasticamente o valor da sua resistência de ligação à terra, ou resistência de terra ( $R_E$ ), a corrente  $I_d$  aumentaria proporcionalmente para valores que exigiriam o corte a menos, por ex., de 1s (correntes > 50 mA)<sup>7</sup>.

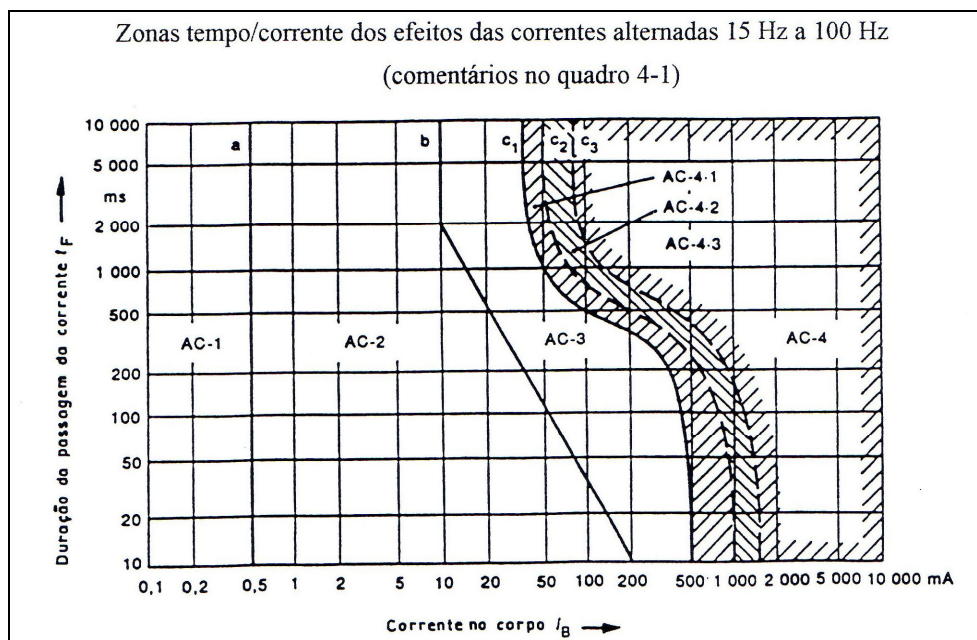


Fig. 14 - Tabela de efeitos da passagem de corrente (fornecida pela EDP)

<sup>7</sup> Considerando que a corrente seja de 50 mA e se durar mais de 1 s, caímos na zona AC 4.1 da tabela. No quadro explicativo (4-1) desta tabela pode ler-se para esta zona: “ Probabilidade de fibrilação ventricular aumentando até 5%”

Não existindo corte diferencial, ou protecção de contactos à terra, os efeitos da exposição a essa corrente levariam a queimaduras na base dos dedos por efeito Joule, à fibrilação ventricular e a um quadro de danos cerebrais irreversíveis.

Para evitar situações como estas, existem *protecções diferenciais* de contactos à massa (ou à terra) e *circuitos de terra*.

Imaginemos agora o **1º cenário** que falei atrás, ou seja, existe circuito de terra e protecções para defeitos à terra, mas RE é ' *fraca* ' e têm um valor elevado.

Se existe um circuito de terra, significa que existe um **conjunto de condutores, respectivas ligações e eléctrodos de terra** , que promovem uma ligação à terra e criam uma *equipotencialidade* entre todas as massas metálicas da habitação.

Isto significa que o frigorífico, o microondas, o fogão, (etc...) e a bacia da banca da cozinha foram todos ligados entre si, através de um *condutor de terra* , e por sua vez, ligados à terra, através de um *eléctrodo de terra* .

Isto vai provocar que todas as massas metálicas da habitação, e da cozinha, fiquem **equipotenciais**, ou seja, tenham todas o mesmo potencial: o potencial da terra (0V).

Mas...

Vamos supor que acontece o mesmo defeito: uma fase encosta na porta do frigorífico.

No nosso caso de agora, existe um circuito de terra, ao qual está associada uma protecção diferencial (um *disjuntor diferencial* , por ex) programada para um determinado valor de Id (corrente de defeito à terra).

RE será agora a soma da porta do frigorífico, condutores de terra, do eléctrodo de terra e terra de referência . Obviamente que a resistência dos condutores se poderá desprezar face às outras, e *RE será fundamentalmente função da resistência da terra de referência e do eléctrodo de terra*.

Existem expressões que aproximam este valor de RE, com base na forma, número e disposição dos eléctrodos de terra (ou do próprio circuito de terra nalguns casos)<sup>8</sup>.

Se RE for alta significa que Id vai ser baixa.

Ora, pode ocorrer o caso de essa corrente de defeito ser tão baixa que possa não ser detectada pela protecção diferencial. Nesse caso o defeito não é eliminado e a porta do frigorífico vai permanecer em tensão.

---

<sup>8</sup> Veremos isto mais á frente.



Quando a nossa vítima tocar na porta, vai sentir na mesma um esticção, mas desta vez menor, porque já existia uma ligação à terra, logo existia uma queda de tensão em relação à rede através de RE .

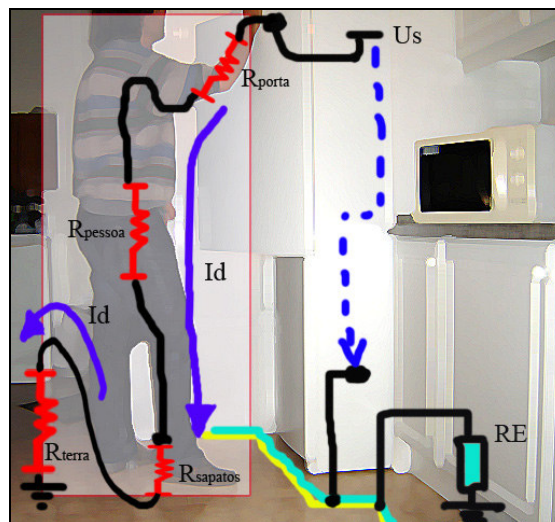


Fig. 15 - Com circuito de terra e ligação à terra mas sem disparo de prot. diferencial

Forma-se então um circuito através do corpo da pessoa que está em paralelo com a malha de circuito de terra e que se fecha pela própria terra, originando correntes muito menores.

Apesar de o “esticção” não ter sido forte, a nossa vítima vai de certeza interrogar-se sobre o estado da sua instalação eléctrica. E talvez seja hora de chamar o electricista.

*O caso mais grave de tocar na porta e na banca foi eliminado. Todas as massas metálicas estão ligadas entre si, logo, ao mesmo potencial, sem diferença de potencial (ou de tensão, como queiram), não há corrente, sem corrente não há perigo.*

### **RE alta é mau. E porquê?**

O caso das habitações domésticas revela-se delicado, e a gravidade da situação depende muito do quanto alto é o valor de RE e de muito outros factores.

A nossa vítima é um homem de 1,80 m, 82 Kg de peso, mas é sabido que por ex, uma mulher de 1,65 m, 50Kg de peso apresenta uma resistência à electrocussão muitíssimo menor.

Foram efectuados inúmeros estudos versando *o efeito da passagem de corrente eléctrica em seres vivos*. No capítulo da segurança de pessoas, aliás, este tem sido um ponto de aceso debate e novidades constantes publicadas em revistas electrotécnicas, em especial no que diz respeito aos limites de segurança postos em jogo nas instalações de exploração de energia.

Um dos mais interessantes consta na norma IEEE std 80 onde se indicam várias correntes de fibrilação versus massa corpórea de vários seres vivos<sup>9</sup>.

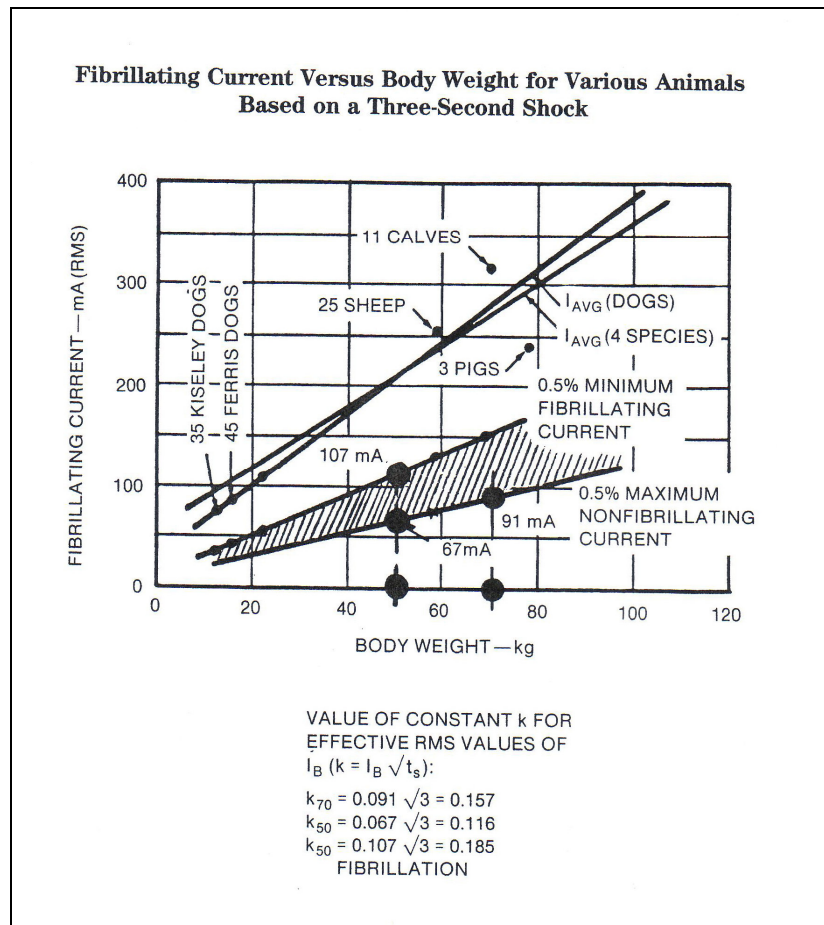


Fig. 16 – Tabela IEEE

Percebe-se que o peso do corpo desempenha um papel fundamental no que separa um mero choque eléctrico de um acidente mortal através de electrocussão. Uma criança de 30-40 Kg de peso dificilmente sobreviveria a um acidente destes.

Mãos molhadas, pés descalços, quadro de doença cardíaca etc...potenciam uma situação de consequências mortais.

*Logo, deve-se garantir o escoamento de uma corrente de defeito à terra ( $I_d$ ) alta, através de uma RE o mais baixa possível, garantindo dessa forma o disparo das protecções diferenciais.*

<sup>9</sup> Interessante nestes estudos é o conceito de “Efeitos da passagem da corrente eléctrica em órgãos internos humanos e animais” ou ainda mais interessante: “ Efeitos da corrente eléctrica em tecidos vivos”. Investiga-se intensamente nestas áreas.

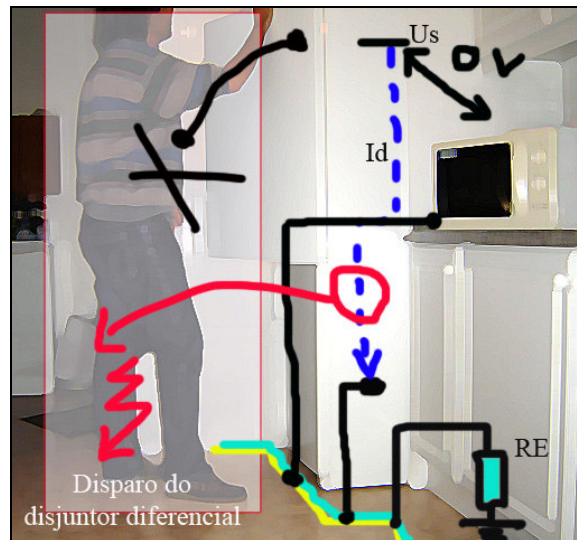


Fig. 17 – 2º cenário

E isso só acontece no **2º cenário** .

Nesse caso a nossa vítima não o chegava a ser.

Disparava o disjuntor diferencial e ficaria sem energia. Provavelmente logo desconfiaria do frigorífico pelo cheiro a queimado e o desligaria da corrente em segurança.

O que foi dito atrás faz transparecer a vital importância da resistência de terra e o seu papel nuclear no que diz respeito à protecção de pessoas.

Este exemplo foi dado para uma habitação, mas no caso de estarmos a falar de um equipamento de exploração de energia, como um PT, devido aos valores de potência e tensão envolvidos, o caso revela-se de importância capital.

Por essa razão<sup>10</sup>, foram estabelecidos limites pelo RSSPTS para os valores de RE, e, nos termos da regulamentação em vigor, os valores máximos das resistências de terra das instalações eléctricas são os seguintes:

- Redes BT e IP (Subterrâneas) : 10  $\Omega$  ou 20  $\Omega$
- Redes MT : 20  $\Omega$
- **Postos de Transformação : 20  $\Omega$**

O meu estágio foi efectuada na EDIS (Viana do Castelo), na *área de projectos de construção*<sup>11</sup>, onde o volume de empreitada, no que ao estabelecimento de circuitos de terra diz respeito, tem a ver com PT's principalmente, logo, será neste campo de aplicação que irá versar este relatório final.

<sup>10</sup> Existem, objectivamente, outras razões para RE ser de baixo valor, relacionadas, por exemplo, com as sobretensões criadas entre elementos de circuitos electrónicos e ainda outras mais específicas, mas como disse, trata-se de um exemplo, apenas.

<sup>11</sup> Cujo responsável é o meu tutor: Engº José Carvalho.

### 3.3 Breve abordagem à Tensão de Passo, à Tensão de Contacto e às Malhas de Terra nas Subestações

O que acontece quando, por exemplo, uma descarga atmosférica é encaminhada para a terra através de um eléctrodo de terra: *uma vareta enterrada no solo por exemplo?*

A carga aí injectada vai **elegar o potencial do solo** nessa zona e essa elevação de potencial será tanto maior, quanto maior for a intensidade da descarga e a sua topologia está intimamente relacionada com a forma do eléctrodo.



Este é um campo complexo e de extensa investigação actual. No caso de uma subestação, um eléctrodo tem nas suas imediações: equipamento, estruturas metálicas e (potencialmente) pessoas. Neste sentido, as questões da elevação de potencial do solo assumem vital importância.

Esta alteração de perfil abrupta no potencial do solo, vai originar nos equipamentos vizinhos ao eléctrodo violentas diferenças de potencial entre pontos consecutivos de contacto com o solo.

A essa diferença de potencial entre os pontos de contacto, dá-se o nome de **Tensão de Passo**.

Um objecto ou uma pessoa que se encontre dentro do raio de acção do eléctrodo, após a elevação do potencial, sentirá os efeitos dessa tensão entre os seus pontos de contacto (os seu pés, por ex).

Durante o fenómeno de elevação do potencial do solo, e dos próprios eléctrodos de terra, vai-se assistir também a uma elevação generalizada do potencial das massas da instalação, visto que estas estão ligadas entre si através de um condutor de terra, ou malha de terra.

Durante a descarga, se alguém tocar numa massa da instalação e tiver os pés na terra, vai ter a mão ao potencial das massas e os pés com o potencial da terra, à diferença chama-se **Tensão de Contacto**.

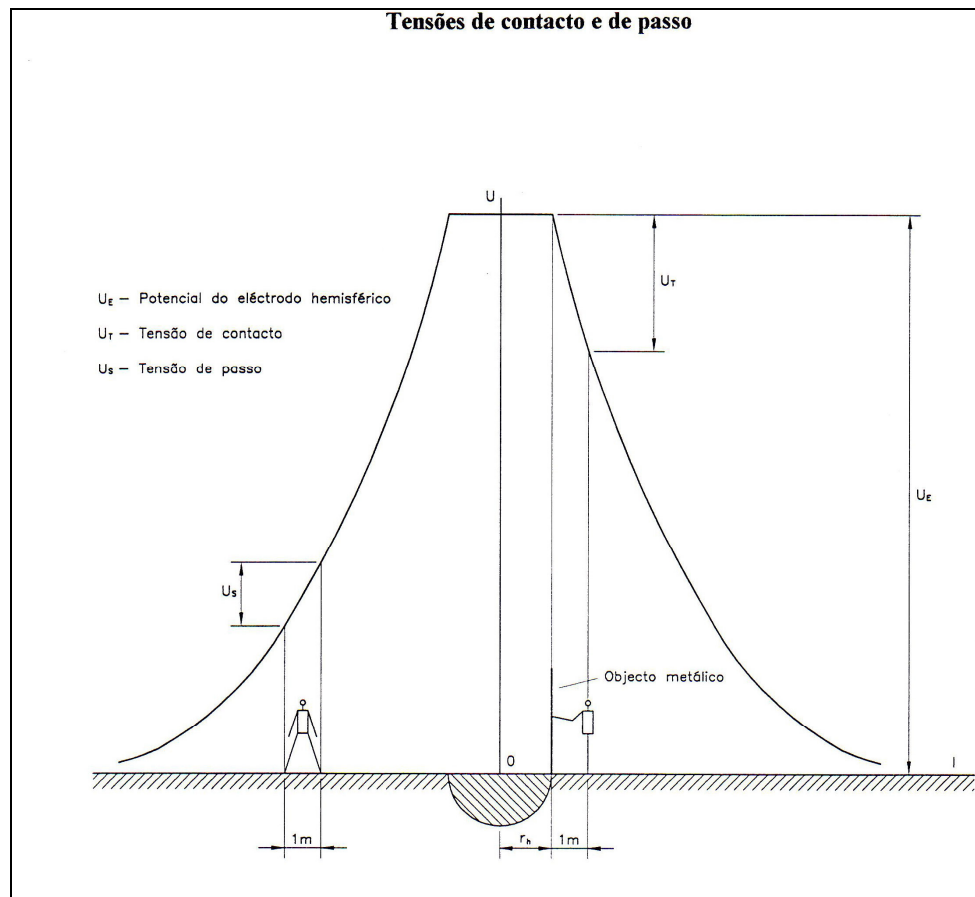


Fig. 18 - Tensão de Passo e Contacto, exemplificada para o caso de um eléctrodo hemisférico.

O caso das subestações é diferente da dos PT's, devido à importância dos equipamentos, níveis de tensão envolvidos, exposição às descargas atmosféricas, área da instalação etc..., sendo assim, emprega-se o que a EDP baptiza de "*Técnicas não clássicas*", ou seja, a implementação de malhas de terra, malhas essas onde são ligadas todas as estruturas metálicas da instalação susceptíveis de ficarem expostas a um defeito à terra.

Essa malha estende-se por todo o subsolo da instalação e os pontos onde se ligam os elementos da instalação são previamente estudados através de simulações em computador com base em software dedicado<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> No terreno, no entanto, verifica-se que em 90% dos casos, esta malha de terra, é na verdade um simples condutor de cobre nu que serpenteia por entre o subsolo da subestação e onde vão sendo ligados os

No caso das subestações, a questão da tensão de passo, tensão de contacto e as elevações de potencial do solo e do neutro, assumem particular relevância devido quer aos riscos que representam para o staff técnico da instalação, quer para a própria operacionalidade da rede.



Fig. 19 - Subestação de Braga

No caso de defeitos associados a descargas atmosféricas a situação reveste-se de especial complexidade devido à magnitude das correntes envolvidas, bem como à especificidade do próprio fenómeno.



Fig. 20 - Contador de descargas (Vidago)

O assunto das descargas atmosféricas é intensamente estudado nos dias de hoje. Muitos milhões de dólares são investidos anualmente na investigação de soluções baseadas no 'concept' de malhas de terra<sup>13</sup> que respondam

---

elementos metálicos, daí as visitas do LABLEC (Nos casos que vi, era só um condutor e não havia malha nenhuma).

<sup>13</sup> Existe uma empresa Canadiana, a SEStech, especializada nestes assuntos, torna-se interessante visitar o seu site: [www.SEStech.com](http://www.SEStech.com). Esta empresa fornece também todo o suporte informático de simulação e projecto para a abordagem a um problema de terras.

eficazmente quer à amplitude das correntes postas em jogo, quer aos violentos harmónicos de alta frequência envolvidos numa descarga atmosférica.

Trata-se de electrotecnia de ‘top’, fortemente financiada por entidades estatais ou privadas<sup>14</sup>, que depois disponibilizam as suas soluções no mercado, obviamente com altíssimo valor acrescentado.

As ligações dos elementos da instalação à malha de terra são efectuadas através de piquets de ligação (ou “grounding rods”).

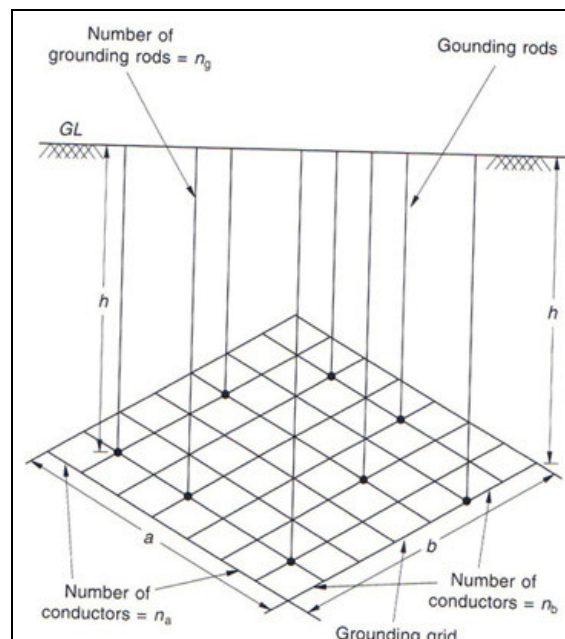


Fig. 21 - Malha de terra

Quer o perímetro da malha, posicionamento das ligações, área da quadricula e outros parâmetros do sistema de malha de terra (“Grid Grounding System”), são obtidos por software que modeliza o sistema e simula a sua resposta a correntes de choque atmosférico ou a qualquer outra situação de defeito.

Durante os dias 10 e 11 de Março, tive a oportunidade de acompanhar técnicos do LABLEC<sup>15</sup> em várias visitas às subestações de Vidago, Braga e Lousada no sentido de avaliar as condições de segurança das mesmas bem como idealizar possíveis melhorias aos circuitos de terras das instalações.

<sup>14</sup> Por exemplo, a Universidade de Waterloo, de Ontário (Canada) desenvolve investigação em parceria estreita com a empresa Cyme ([www.cyme.com](http://www.cyme.com)), na área das terras. Trata-se de uma empresa Norte-Americana em colaboração com uma Universidade do Canadá. Em Junho foi dada uma palestra na EDP por docentes da Universidade onde se fez o “state of the art” nesta matéria.

<sup>15</sup> Equipa orientada pelo Engº Miguel Morgado (LABLEC), supervisionada pelo Engº Maia Abreu da Subestação do Amial (Porto).



Fig. 22 - Durante a visita á subestação de Braga

Uma subestação é um sítio onde podem ocorrer muitos acidentes (e infelizmente, vão ocorrendo), nesse sentido, as ligações à terra são vitais para assegurar a segurança das pessoas e integridade dos equipamentos.

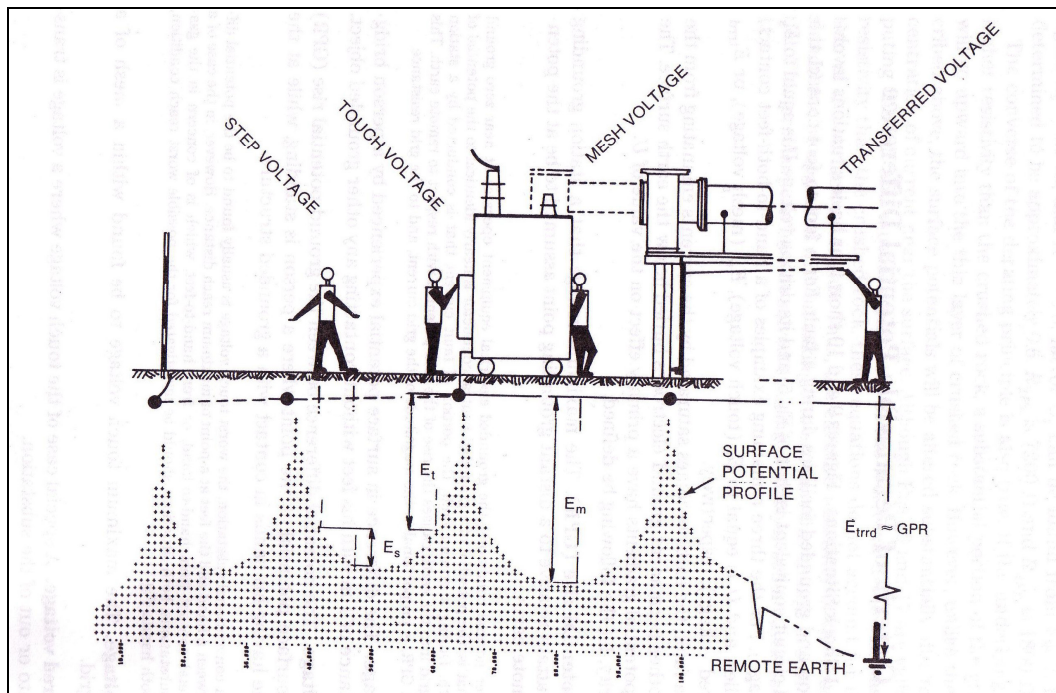


Fig. 23 - Situações de defeito indicadas pelo IEEE. Repare-se no perfil de distribuição de potencial, desenhado abaixo da figura.  $E_s$  é a tensão de passo ("Step Voltage") e  $E_t$  a tensão de toque ("Touch Voltage")

As malhas de terra, como já referi atrás, são concebidas para evitar as subidas abruptas do potencial no seio da instalação, 'alisando' o seu perfil, ao mesmo tempo que escoam para o solo as correntes geradas pelo defeito.

O IEEE tem uma publicação<sup>16</sup>, "Standard 80", onde foram compiladas uma série de normas de segurança e procedimentos para efectuar ligações à terra, através de malhas que atenuem devidamente os fenómenos de elevação de

<sup>16</sup> "IEEE – Guide for Safety in AC Substation Grounding"



potencial, tensões de passo e tensões de contacto. Este documento tem sido uma espécie de 'bíblia' no que às subestações diz respeito.

O LABELC tem como referência os procedimentos indicados no std 80 do IEEE e também faz uso de algumas ferramentas informáticas que lhe permite efectuar simulações e projecto de malhas de terra.

Nesse sentido, a missão do LABELC, no que às subestações e ligações à terra diz respeito, *é inspeccionar os sistemas de terras antigos, instalados nas subestações actuais e depois elaborar um relatório onde constará, se for caso disso, uma proposta de melhoria do circuito de terras existente.*



Fig. 24 - LABELC na Subestação de Vidago



Fig. 25 - Elemento metálico ligado à terra (Lousada)

A orientação do projecto de todo o circuito de terra desvia-se então da *consideração única do baixo valor de RE* para englobar também o problema das tensões de passo e de contacto.

Existem um conjunto de procedimentos, inclusos no documento do IEEE referido atrás para a determinação dos vários parâmetros e para a elaboração

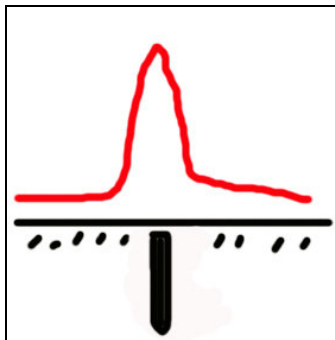
do circuito, com isto o engenheiro pode encontrar valores que o vão orientar depois no projecto da malha de terra, como sendo:

- **Mínimo valor para a secção dos condutores da Malha de Terra.**
- **Valores máximos para os valores da Tensão de Passo e de Toque no seio da instalação.**
- **Comprimento ou perímetro total do condutor de terra e da Malha de Terra.**

As visitas efectuadas em Março serviram para estender o horizonte da problemática das terras a questões muito para além do valor de RE.

Serviu também para comprovar que existe da parte da EDP, uma clara empreitada de alterar e melhorar os sistemas de terras nas suas subestações, recorrendo às modernas técnicas baseadas em malhas de terra.

No universo dos PTs deveremos ter presente a questão das elevações de potencial<sup>17</sup>. Devemos ter a noção de que um eléctrodo vertical simplesmente enterrado no solo, ao escoar para a terra correntes devidas a uma descarga atmosférica (por exemplo) vai produzir uma elevação de potencial do solo nas suas imediações que pode ser letal, quer para os animais, quer para os seres humanos.



À semelhança das subestações, deve-se empregar técnicas que ajudam a contornar estes fenómenos, como sejam a utilização de varetas em paralelo (em alternativa a eléctrodos profundos), eléctrodos em estrela, etc... Abordarei esta questão mais à frente neste trabalho.

No entanto, devemos ter uma clara noção da existência destes fenómenos e entrar em linha de conta com eles.

---

<sup>17</sup> Se bem que, em casos extremos de PT's situados em locais muito frequentados, onde não seja de todo possível afastar convenientemente os eléctrodos e para cúmulo com altas resistividades do solo, a EDP sugira a utilização de "técnicas não clássicas", como as malhas de terra. O assunto levanta aceso debate no seio da empresa.

Não existe, objectivamente, legislação específica referente ao assunto. No RSSPTS apenas se refere a necessidade de se evitar que as tensões de passo e toque sejam elevadas<sup>18</sup>.

Em alguns casos é apenas uma questão de bom senso. Não enterrar eléctrodos a menos de 20 m de vedações (não conectadas ao circuito de terra, por exemplo), evitar enterrar eléctrodos perto de fábricas, escolas e campos de jogos (que têm as balizas metálicas).

No caso de não ser possível respeitar distâncias de segurança, deve-se optar então por uma configuração do sistema de terras mais favorável: *Eléctrodos em paralelo, horizontais em estrela ou serpentinas.*

---

<sup>18</sup> RSSPTS – Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento, artigo 58º