

MANUEL BOLOTINHA

# Subestações

Montagem Electromecânica,  
Ensaios e Manutenção

---

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>SIGLAS E ACRÓNIMOS</b>	<b>XIX</b>
<b>PREÂMBULO</b>	<b>XXIII</b>
<b>PARTE I – CONCEITOS GERAIS DE SUBESTAÇÕES</b>	<b>25</b>
<b>1. NORMAS E REGULAMENTOS E OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA</b>	<b>27</b>
1.1. INTRODUÇÃO	27
1.2. REGULAMENTOS	27
1.3. NORMAS	28
1.4. OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	28
<b>2. TENSÕES NORMALIZADAS</b>	<b>31</b>
<b>3. AS SUBESTAÇÕES E A REDE ELÉCTRICA NACIONAL</b>	<b>33</b>
<b>4. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS</b>	<b>37</b>
<b>5. TIPOS CONSTRUTIVOS</b>	<b>39</b>
<b>6. CONFIGURAÇÕES HABITUAIS DAS SUBESTAÇÕES</b>	<b>43</b>
<b>7. TENSÕES DE PASSO E DE CONTACTO. REDE DE TERRAS</b>	<b>49</b>
<b>8. MANOBRAS DE EQUIPAMENTOS</b>	<b>53</b>
8.1. INTRODUÇÃO	53
8.2. SEQUÊNCIA DAS MANOBRAS	53
8.2.1. Definições	53
8.2.2. Sequência de Manobras	54
8.3. MANOBRAS DE CONSIGNAÇÃO	56
8.4. MANOBRAS DE DESCONSIGNAÇÃO – REPOSIÇÃO DO SERVIÇO	56
8.5. MANOBRAS E CONSIGNAÇÃO PARA TESTE E ENSAIOS	57
8.6. TIPOS DE OPERAÇÃO. COMANDO REMOTO E COMANDO LOCAL	57
<b>9. ENCRAVAMENTOS ELÉCTRICOS E MECÂNICOS</b>	<b>59</b>

<b>PARTE II – MONTAGEM ELECTROMECÂNICA</b>	<b>63</b>
<b>10. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A MONTAGEM ELECTROMECÂNICA DAS SUBESTAÇÕES</b>	<b>65</b>
<b>11. ESTALEIRO</b>	<b>69</b>
11.1. ASPECTOS GERAIS	69
11.2. FERRAMENTARIA	70
11.3. ARMAZENAMENTO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	71
11.4. INSTALAÇÃO ELÉCTRICA DO ESTALEIRO E DE APOIO À MONTAGEM	73
<b>12. MEIOS DE MONTAGEM – FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS</b>	<b>75</b>
<b>13. FISCALIZAÇÃO DOS TRABALHOS</b>	<b>81</b>
<b>PARTE III – PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM ELECTROMECÂNICA</b>	<b>85</b>
<b>14. PRINCÍPIOS DE BASE</b>	<b>87</b>
<b>15. ESTRUTURAS METÁLICAS</b>	<b>89</b>
<b>16. BARRAMENTOS, ISOLADORES E LIGADORES</b>	<b>93</b>
16.1. BARRAMENTOS E ISOLADORES	93
16.2. LIGADORES	95
<b>17. REDE DE TERRAS</b>	<b>99</b>
<b>18. SISTEMA DE PROTECÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS</b>	<b>103</b>
<b>19. TRANSFORMADORES E AUTOTRANSFORMADORES</b>	<b>107</b>
<b>20. GIS</b>	<b>111</b>
<b>21. EQUIPAMENTOS MAT E AT</b>	<b>115</b>
<b>22. QUADROS ELÉCTRICOS MT E BT</b>	<b>119</b>
<b>23. GRUPO DE EMERGÊNCIA</b>	<b>121</b>
<b>24. BATERIAS</b>	<b>125</b>
<b>25. SCCP (SISTEMA DE COMANDO, CONTROLO E PROTECÇÃO)</b>	<b>129</b>
<b>26. CABOS E RESPECTIVOS SUPORTES</b>	<b>131</b>

---

<b>PARTE IV – ENSAIOS EM OBRA E COMISSONAMENTO</b>	<b>139</b>
<b>27. INTRODUÇÃO</b>	<b>141</b>
<b>28. ENSAIOS EM OBRA E DE FUNCIONAMENTO DA INSTALAÇÃO</b>	<b>143</b>
<b>29. VERIFICAÇÃO DE DEFEITOS NOS TRANSFORMADORES PROVOCADOS POR IMPACTOS MECÂNICOS</b>	<b>151</b>
<b>30. APARELHOS DE MEDIDA E OUTROS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS</b>	<b>153</b>
<b>31. NÃO CONFORMIDADES</b>	<b>157</b>
<b>PARTE V – CRITÉRIOS GERAIS DE MANUTENÇÃO</b>	<b>159</b>
<b>32. CLASSIFICAÇÃO DOS TRABALHOS</b>	<b>161</b>
32.1. NATUREZA DOS TRABALHOS	161
32.2. TRABALHOS FORA DE TENSÃO E NA VIZINHANÇA DE TENSÃO	161
<b>33. FREQUÊNCIA DAS OPERAÇÕES DE MANTUENÇÃO PREVENTIVA</b>	<b>165</b>
<b>34. GENERALIDADES SOBRE AS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA</b>	<b>171</b>
34.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	171
34.2. INSPECÇÃO VISUAL E TERMOGRAFIA	172
34.3. OPERAÇÕES BÁSICAS DE MANUTENÇÃO	173
<b>35. TERMOGRAFIA – PRINCÍPIO E APLICAÇÕES</b>	<b>175</b>
<b>36. MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS</b>	<b>179</b>
36.1. TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	179
36.1.1. Aspectos gerais	179
36.1.2. Inspecção Visual	179
36.1.3. Programação da Manutenção Preventiva e Inspecções	180
36.1.4. Análise do Óleo e Recolha de Amostras	183
36.2. ÓRGÃOS DE CORTE E MANOBRA	185
36.3. TRANSFORMADORES DE MEDIDA	187
36.4. ISOLADORES	187
36.5. REDE DE TERRAS	189
36.6. QUADROS MT E BT	189
36.7. CABOS ELÉCTRICOS	189
36.8. GRUPO GERADOR DE EMERGÊNCIA	190
36.9. SISTEMA DE COMANDO, CONTROLO E PROTECÇÃO	190

<b>PARTE VI – PRINCÍPIOS DE SEGURANÇA</b>	<b>193</b>
<b>37. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE SEGURANÇA</b>	<b>195</b>
<b>38. PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE (PSS)</b>	<b>197</b>
<b>39. TÉCNICO DE HIGIENE E SEGURANÇA</b>	<b>201</b>
<b>40. O CHOQUE ELÉCTRICO</b>	<b>203</b>
40.1. OS EFEITOS DA CORRENTE ELÉCTRICA NO CORPO HUMANO	203
40.2. MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA O CHOQUE ELÉCTRICO	205
40.3. PROTECÇÃO DAS PESSOAS CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS EM INSTALAÇÕES DE BAIXA TENSÃO	207
<b>41. ARC FLASH</b>	<b>211</b>
41.1. DEFINIÇÃO DE ARC FLASH	211
41.2. ORIGENS E CARACTERÍSTICAS DO ARC FLASH	211
41.3. DANOS E LESÕES PROVOCADOS PELO ARC FLASH	212
41.4. PROTECÇÃO CONTRA OS EFEITOS DO ARC FLASH	214
<b>42. CONTROLO E BLOQUEIO DAS FONTES DE ENERGIA</b>	<b>217</b>
42.1. CONCEITOS GERAIS	217
42.2. MÉTODOS PARA O CONTROLO E BLOQUEIO DAS FONTES DE ENERGIA	217
42.3. PROCEDIMENTOS LOTO	218
<b>43. PRIMEIROS SOCORROS</b>	<b>223</b>
<b>44. RISCOS DAS OPERAÇÕES DE MONTAGEM, PROCEDIMENTOS E MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	<b>225</b>
44.1. INTRODUÇÃO	225
44.2. ALGUNS RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS NA CONSTRUÇÃO DE SE	226
44.2.1. Movimentação Mecânica de Cargas	226
44.2.2. Utilização de Gruas Móveis	227
44.2.3. Trabalhos em Altura	227
<b>45. EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO</b>	<b>231</b>
<b>46. TRABALHOS EM ALTURA</b>	<b>235</b>

---

<b>ANEXOS</b>	<b>237</b>
<b>ANEXO 1 – TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA A CONSTRUÇÃO DE SE</b>	<b>239</b>
<b>ANEXO 2 – LISTA DE NORMAS</b>	<b>243</b>
A2.1. NORMAS EN, NP, E NP EN	243
A2.2. NORMAS IEC	244
A2.3. NORMAS AMERICANAS	246
A2.4. NORMAS ISO	248
<b>ANEXO 3 – EXEMPLO DE UM PIE</b>	<b>251</b>
<b>ANEXO 4 – EXEMPLO DO REGISTO DE NÃO CONFORMIDADE</b>	<b>255</b>
<b>ANEXO 5 – LISTA DE VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DE SEGURANÇA</b>	<b>259</b>
<b>ANEXO 6 – ÍNDICES DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS</b>	<b>265</b>
A6.1. INTRODUÇÃO	265
A6.2. ÍNDICE DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA A PENETRAÇÃO DE CORPOS SÓLIDOS E DE ÁGUA	265
A6.3. ÍNDICE DE PROTECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS CONTRA OS IMPACTOS MECÂNICOS	266
<b>ANEXO 7 – REGIMES DE NEUTRO EM INSTALAÇÕES DE BAIXA TENSÃO</b>	<b>269</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>279</b>

## PREÂMBULO

As Subestações são um elemento fundamental das redes de transporte e distribuição de energia eléctrica, sendo necessário garantir o seu **funcionamento e a fiabilidade**.

Um dos *aspectos primordiais para garantir estes requisitos* é a sua **construção e manutenção**, que devem ser realizadas por *Empreiteiros credenciados*, com experiência neste tipo de trabalhos, devendo os respectivos **trabalhadores estarem habilitados** para realizar as tarefas em causa e que existam **procedimentos escritos de trabalho e segurança claros e inequívocos** para a execução da obra.

Para uma melhor abordagem das matérias, dividiu-se esta obra em seis “Partes”, correspondendo cada uma a um tema específico.

Assim, na *Parte I* apresentam-se os *conceitos básicos* que se consideram indispensáveis para a compreensão dos temas que constituem o âmbito fundamental da obra, que são a **montagem electromecânica, ensaios em obra e manutenção**<sup>1</sup> das SE, temáticas que são abordadas nas *Partes III, IV e V*, respectivamente.

A *Parte II* trata das questões ligadas à organização da obra e do estaleiro, enquanto na *Parte VI* se analisam os **procedimentos de segurança** que devem ser observados para **eliminar**, ou no *mínimo reduzir*, os **acidentes de trabalho**, designadamente o **choque eléctrico**.

Não estando incluído no âmbito desta obra os *trabalhos de construção civil das SE*, apresentam-se contudo, no Anexo 1, um resumo daqueles trabalhos, que estão *intimamente ligados ao sucesso dos trabalhos de montagem, ensaios e manutenção*, porque a experiência mostra que:

**Numa subestação, os problemas dos trabalhos de construção civil acabam por “sobrar” para o Empreiteiro da montagem ou da manutenção electromecânica.**

---

<sup>1</sup> No âmbito desta obra não estão incluídos os TET.

# 1. NORMAS E REGULAMENTOS E OUTROS DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

## 1.1. INTRODUÇÃO

A montagem electromecânica, os ensaios em obra e manutenção das SE e as características dos equipamentos e materiais a instalar, obedecem a um conjunto de *documentos legais* – os **Regulamentos** – e a **normas nacionais e internacionais** e também a **documentos normativos** emitidos pelas *entidades concessionárias* das **redes de transporte e de distribuição de energia**, que em *Portugal* são, respectivamente, a **REN** e a **EDP**.

## 1.2. REGULAMENTOS

Em *Portugal* devem ser observados os seguintes **regulamentos**:

- **RSSPTS** (*Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Secionamento*), publicado pelo Decreto n.º 42895 de 31 de Março de 1960, alterado pelos Decretos Regulamentares n.º 14/77 de 18 de Fevereiro e n.º 56/85 de 6 de Setembro.
- **RSLEAT** (*Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão*), publicado pelo Decreto Regulamentar n.º 1/92 de 18 de Fevereiro.
- **RTIEBT** (*Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão*), publicado pela Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de Setembro.

Para obras realizadas fora de Portugal, com excepção, na generalidade dos PALOP, onde aqueles regulamentos são habitualmente aplicados, devem ser utilizados os regulamentos em vigor nesses países, habitualmente conhecidos por **Wiring Regulations** nos países anglófonos ou onde a língua inglesa é utilizada como língua de trabalho.

A título de exemplo apresentam-se alguns daqueles *regulamentos*:

- **Estados Unidos da América**: Norma NFPA (*National Fire Protection Association*) 70 – *National Electrical Code (NEC)*.
- **Canadá**: *Canadian Electrical Code (CE ou CSA C22.1)*.
- **Venezuela**: FONDONORMA 200 – *Código Eléctrico Nacional*.
- **Espanha**: *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Reglamento de Líneas de Alta Tensión y sus Fundamentos Técnicos*.
- **França**: Norme NF C13-200 de 2009 – *Installations électriques à haute tension - Règles complémentaires pour les sites de production et les installations industrielles, tertiaires et agricoles* e Norme NF C15-100 de 2013 – *Installations électriques à basse tension - Version compilée de la norme NF C15-100 de décembre 2002, de sa mise à jour de juin 2005, de ses amendements A1 d'août 2008, A2 de novembre 2008, A3 de février 2010 et A4 de mai 2013, de ses rectificatifs d'octobre 2010 et de novembre 2012 et des fiches d'interprétation F11, F15, F17, F21 à F2*.



## 2. TENSÕES NORMALIZADAS

As tensões utilizadas nas redes de transporte e distribuição de energia diferem de país para país, razão pela qual se recomenda que sejam referidos os valores das tensões normalizadas, de acordo com a Norma IEC 60038, que correspondem aos valores máximos de tensão suportados pelos equipamentos (tensões mais elevadas) e que se indicam no Tabela 2.1.

Tabela 2.1. – Tensões normalizadas

Nível de tensão	Tensão mais elevada (Kv ef)	Tensões normalmente utilizadas em Portugal (Kv ef)	Tensões suportáveis mínimas <sup>2</sup>	
			50Hz, 1m (Kv ef)	Ao choque atmosférico (Kv pico)
Baixa Tensão (BT)	≤ 1 (CA) ≤ 1,5 (CC)	0,23-0,4 (CA)	≤ 2	≤ 12
Média Tensão (MT)	3,6		10	40
	7,2	6	20	60
	12	10	28	75
	17,5	15	38	95
	24		50	125
	36	30	70	170
	52		95	250
Alta Tensão (AT)	72,5	60	140	325
	123		230	550
Muito Alta Tensão (MAT)	170	150	325	750
	245	220	395	950
	300		460	1050
	420	400	630	1425
	550		740	1675
	800		830	2100

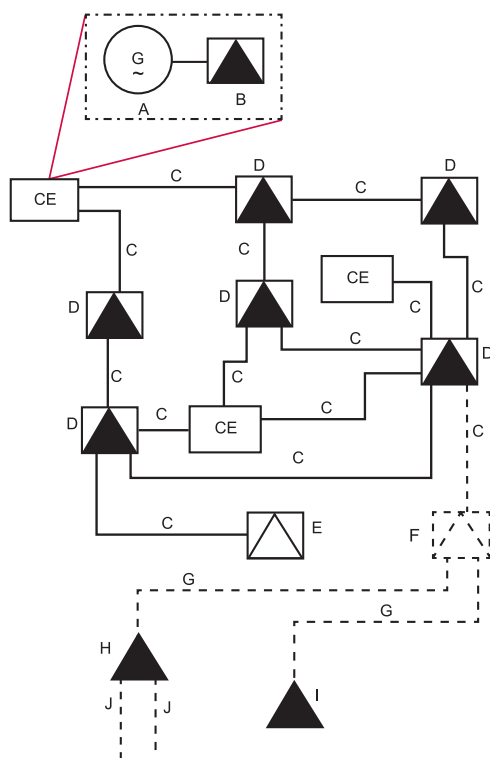
Os valores indicados para as tensões suportáveis mínimas referem-se aos valores das tensões de ensaio dos equipamentos.

<sup>2</sup> Designando a tensão de pico por  $U_p$  e o valor eficaz dessa tensão por  $U_{ef}$ , verifica-se a seguinte relação:  
 $U_{ef} = U_p/\sqrt{2} \approx 0,71U_p$

### 3. AS SUBESTAÇÕES E A REDE ELÉCTRICA NACIONAL

As **SE MAT/MAT** e **MAT/AT** não integradas nas *centrais eléctricas* estão incorporadas na **Rede de Transporte de Energia (Rede Primária)**, que designaremos por **RTE**, enquanto as **SE AT/MT** integram a **Rede de Distribuição de Energia**, constituindo o conjunto de ambas, juntamente com as linhas (aéreas e subterrâneas – *MT, AT e MAT*) de transporte e distribuição de energia eléctrica, a **Rede Eléctrica Nacional**.

O *STE* tem uma configuração em **anel emalhado**, com uma complexidade importante. Na Figura 3.1. representa-se esquematicamente a configuração da *Rede Eléctrica Nacional*, integrando as *centrais eléctricas*.

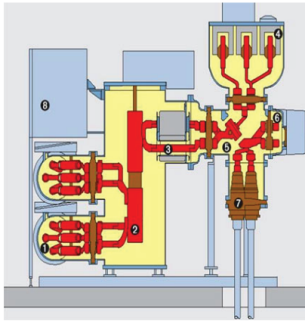


#### Legenda

- CE – Central Eléctrica; A – Gerador (Alternador); B – SE<sup>3</sup> elevadora MT/MAT ou MT/AT;  
 C – Linha aérea/cabo MAT ou AT (REN/EDP); D – SE MAT/MAT, MAT/AT, AT/AT ou MAT/MAT/AT (REN);  
 E – SE privada MAT/AT/MT ou AT/MT; F – SE rede distribuição AT/MT (EDP);  
 G – Linha aérea/cabo da rede de distribuição MT (EDP); H – Posto de Transformação de serviço público MT/BT (EDP);  
 I – Posto de Transformação de serviço cliente/privado MT/BT;  
 J – Rede de distribuição BT (aérea e/ou subterrânea) – EDP.

Figura 3.1. – Configuração esquemática da Rede Eléctrica Nacional

3 Uma SE diz-se elevadora quando a tensão primária é inferior à tensão secundária; caso contrário a SE designa-se por abaixadora.



- 1 – Barramento combinado com seccionador e seccionador de terra
- 2 – Disjuntor
- 3 – Transformador de intensidade
- 4 – Transformador de tensão
- 5 – Seccionador com facas de terra
- 6 – Seccionador de terra de segurança
- 7 – Caixa terminal de cabo

Figura 5.2. – Esquema de um GIS

Este tipo de SE utiliza-se habitualmente em AT e MAT, sendo normalmente instaladas no interior, embora existam também versões para montagem exterior (ver Figura 5.3.).



Figura 5.3. – Exemplos de GIS para montagem interior (esquerda) e para montagem exterior (direita)

As vantagens da instalação de GIS são:

- Manutenção mais fácil.
- Menor espaço.
- Tempo e custo de montagem menores.
- Não inflamável e não explosivo.
- Inexistência de óleo.
- Menor poluição.

## 6. CONFIGURAÇÕES HABITUAIS DAS SUBESTAÇÕES

As configurações habituais das SE são as seguintes:

- Barramento simples.
- Duplo barramento, com ou sem inter-barras.
- Duplo barramento com inter-barras e seccionadores de *by-pass*.
- Disjuntor e meio.
- Triplo barramento.

As figuras 6.1. a 6.4. mostram as diversas configurações.

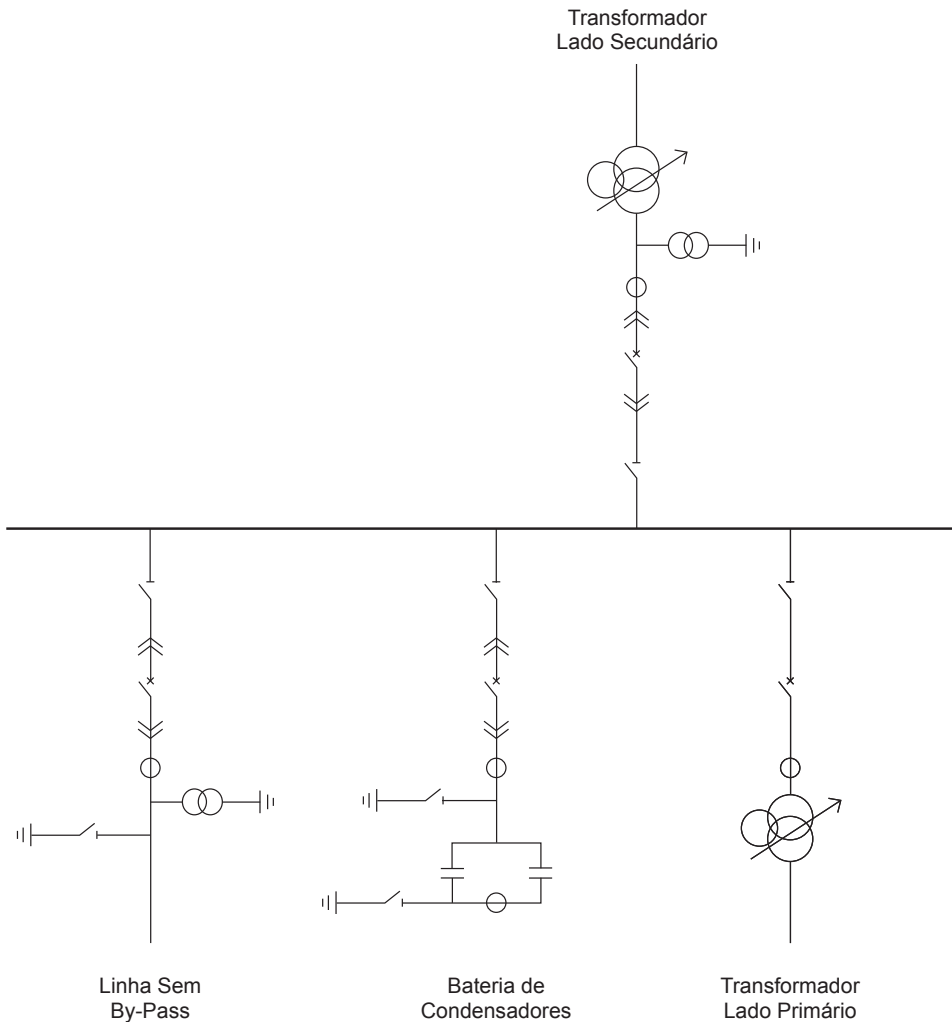


Figura 6.1. – Barramento simples

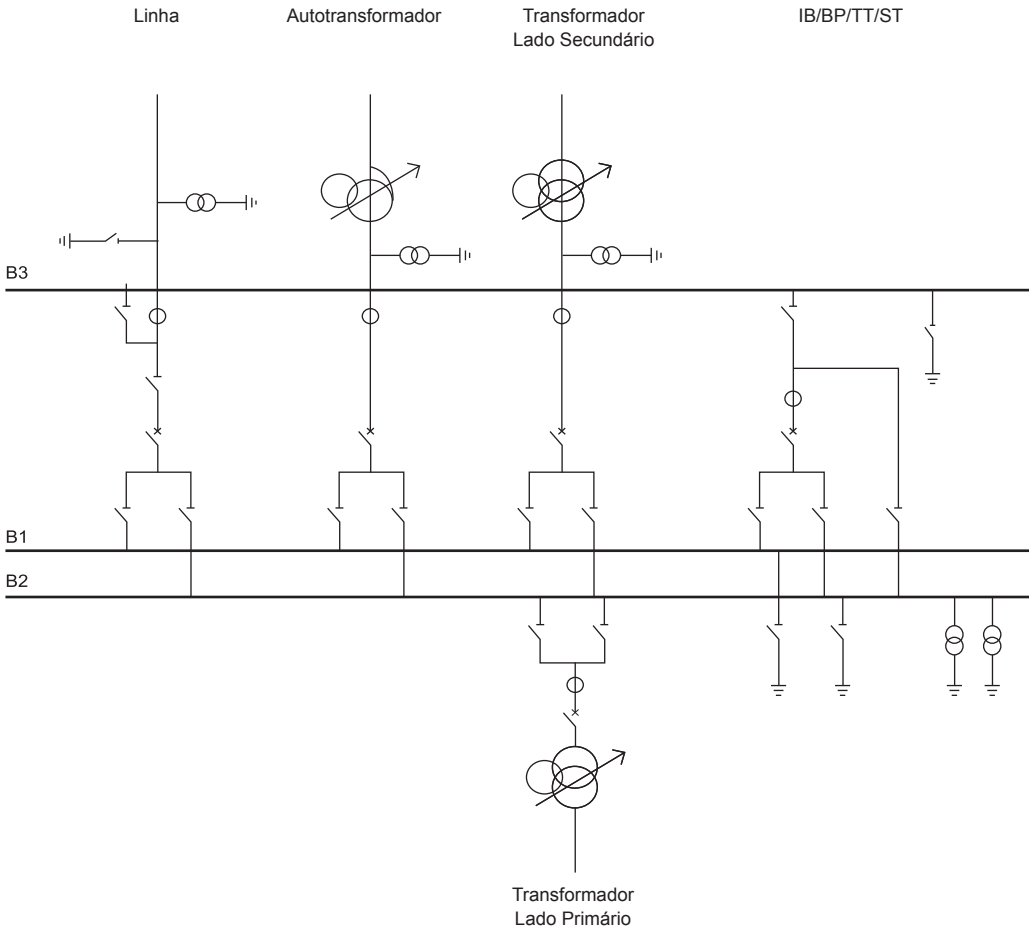


Figura 6.4. – Triplo barramento

A simbologia dos equipamentos representados nas figuras está de acordo com a *Norma IEC 60617*.

**Numa mesma subestação podem existir várias configurações diferentes, uma por cada nível de tensão.**

Em instalações industriais alimentadas em AT (em Portugal pela EDP, 60 kV) e com uma rede interna e consumidores MT, é habitual que a SE 60 kV/MT tenha apenas um painel, designado por painel “Linha/Transformador”, de que se mostra um exemplo na Figura 6.5.

## 7. TENSÕES DE PASSO E DE CONTACTO. REDE DE TERRAS

Nas SE do tipo AIS e híbridas o **campo electromagnético** causado pelas **cargas estáticas** nos **condutores nus** e pelas **condições atmosféricas** dão origem a **tensões induzidas** nas **partes da instalação normalmente sem tensão**, como por exemplo as estruturas metálicas, criando **diferenças de potencial**, quer *entre elas e a terra* quer *entre pontos diferentes no solo* da SE.

Situações semelhantes ocorrem a quando de um **defeito fase-terra** que envolva as já referidas **estruturas metálicas**.

Estas diferenças de potencial dão origem à **tensão de contacto** ( $U_{cont}$ ) e à **tensão de passo** ( $U_{passo}$ ), ou a uma **combinação de ambas**, que podem provocar a **circulação de uma corrente através do corpo humano**, com todas as consequências daí resultantes.

A **tensão de contacto** pode ser definida como a **diferença de potencial** entre qualquer *ponto do solo e uma estrutura metálica à terra* capaz de ser tocada, quando a corrente de defeito circula, sendo habitual considerar a distância de **um metro** entre a estrutura e o solo.

A **tensão de passo**, define-se como a **diferença de potencial superficial** entre os *pés*, quando a corrente de defeito circula, sendo habitual considerar a distância de **um metro** entre os pés.

Um caso particular da **tensão de contacto** é a **tensão transferida** ( $U_{tr}$ ), que é uma tensão que é transferida para a SE a partir de um ponto remoto exterior à SE, ou transferida para o exterior da SE, para um ponto remoto exterior.

Os conceitos de  $U_{cont}$  e de  $U_{passo}$  são ilustrados na Figura 7.1.

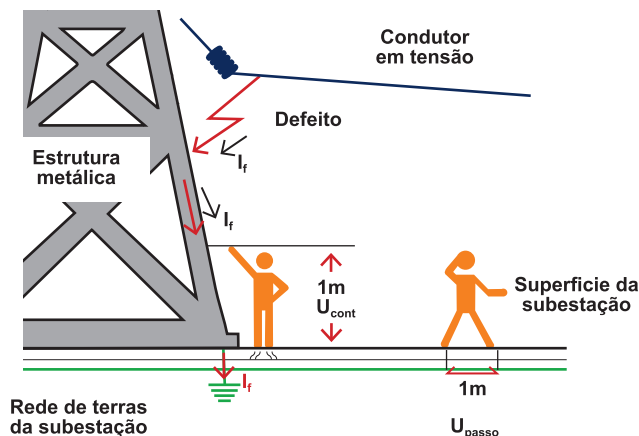


Figura 7.1. – Tensões de contacto e de passo

São exemplos de falsas manobras a operação de um seccionador em carga ou deixar em aberto o secundário de qualquer TI.

### 8.2.2. Sequência de Manobras

As manobras habituais a realizar num painel de uma SE, para a respectiva saída ou entrada em serviço, são:

- Abertura e fecho de seccionadores.
- Abertura e fecho de seccionadores de terra.
- Abertura e fecho de disjuntores.

Considere-se a SE cujo esquema unifilar do lado dos 150 kV se representa na Figura 8.1. e passe-se a definir a sequência de manobras de saída e entrada em serviço do painel LINHA 1.

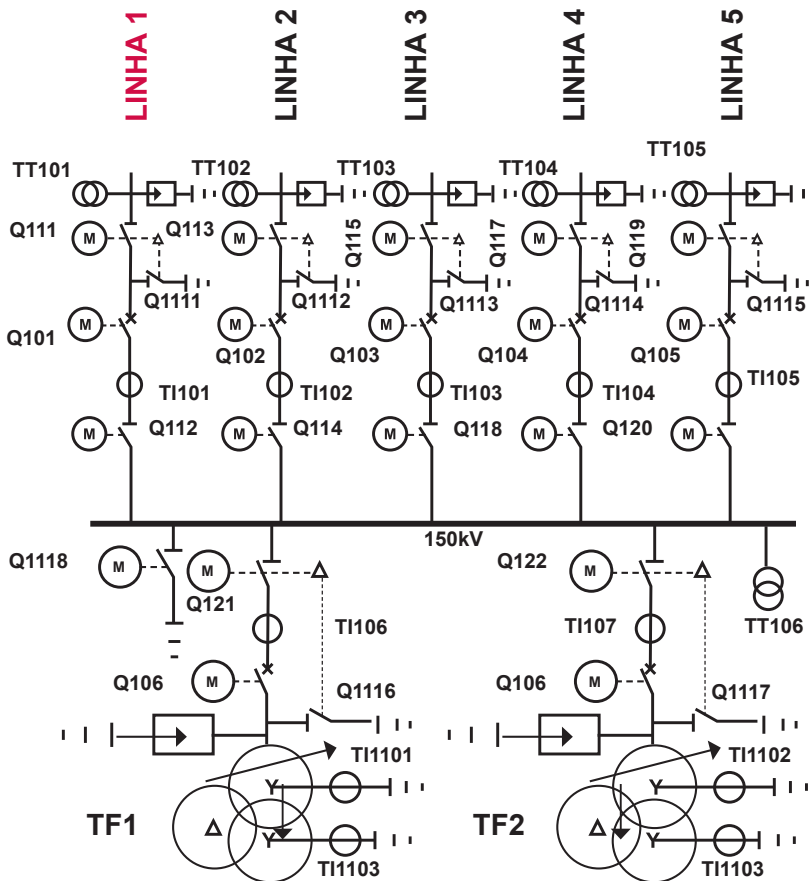


Figura 8.1. – Esquema unifilar de uma SE (lado dos 150 kV)

Saída de serviço

1. Abertura do disjuntor **Q101**.
2. Abertura do seccionador **Q112**.
3. Abertura do seccionador **Q111**.
4. Fecho das facas de terra do seccionador **Q111 (Q1111)**.
5. Verificação do bloqueio das fontes de energia (ver Parte VI – Capítulo 42) e da ausência de tensão, utilizando um detector de tensão, como o representado na Figura 8.2.

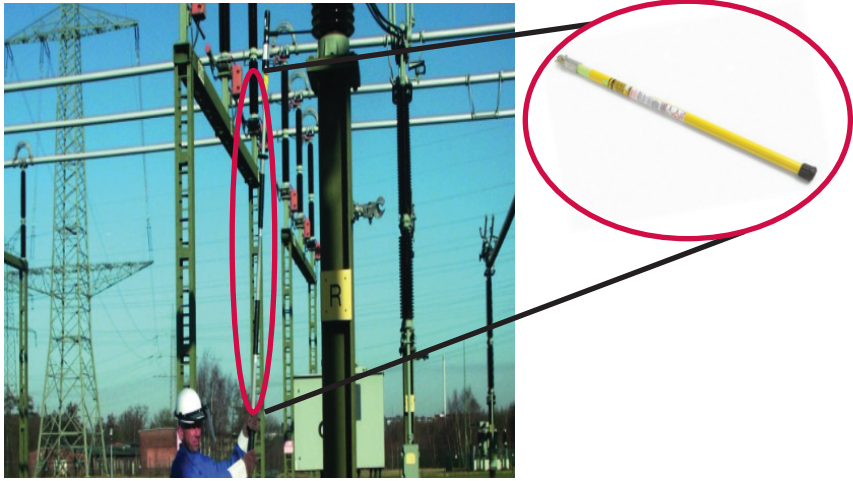


Figura 8.2. – Detector de tensão

6. Ligação à terra e em curto-circuito do painel (ver Parte VI – Capítulo 44.1).

O *painel*, depois de cumpridos os **procedimentos de consignação** e de **segurança**, está em condições de **permitir o início dos trabalhos**.

Entrada em serviço

Depois de concluídos os **ensaios de funcionamento** e **cumpridos os procedimentos de desconsignação**:

1. Desmontagem dos **cabos de ligação provisória à terra**.
2. Verificação de que não foram deixadas, na zona de trabalhos, ferramentas ou outros materiais não aplicados.
3. Verificação se o seccionador de terra **Q1118** está *aberto*; **se não estiver, abri-lo, se tal tiver sido previamente autorizado**.
4. Fecho do seccionador **Q112**.



## 9. ENCRAVAMENTOS ELÉCTRICOS E MECÂNICOS

Os **encravamentos** destinam-se a evitar a **realização de falsas manobras** (ver Capítulo 8.2.1) e podem ser *eléctricos, mecânicos ou uma combinação de ambos*, como é habitual numa *SE*.

Os **encravamentos eléctricos** utilizam-se em equipamentos com **comando eléctrico** e dependendo do tipo de sistema de *comando e controlo*, podem ser realizados por *hardware* ou *software*, ou *coexistirem ambos os métodos*.

Os **encravamentos mecânicos** podem ser **pré-construídos num equipamento**, como é o caso dos *contactos principais e os contactos de terra dos seccionadores*, ou realizados com um **jogo de fechaduras e chaves** (ver Figura 9.1.), que ficam **prisioneiras** (*impedindo assim a manobra de um outro equipamento, que requer, para a sua manobra a chave que está prisioneira num determinado equipamento*) ou são **libertas** (*o que permite realizar a manobra de um outro equipamento, que requer, para a sua manobra a chave que fica liberta num determinado equipamento*).

Este último tipo de *encravamentos mecânicos* é estabelecido de acordo com o **estado de aberto-fechado** do *equipamento*, tendo em vista as manobras que é necessário realizar.



Figura 9.1. – Exemplo de encravamento e de fechadura e jogo de chaves

Nos casos em que os equipamentos permitem a *execução de duas manobras* que devem estar **encravadas entre si**, como os *seccionadores com contactos de terra*, em que quer os contactos principais quer os contactos de terra têm **comando eléctrico**, as *manobras de ambos os contactos* estão **encravadas eléctrica e mecanicamente** (encravamento pré-construído).

Cabe aqui referir que nas baterias de condensadores instaladas numa cela de rede, a *porta de acesso da rede de vedação da bateria de condensadores* dispõe de um **encravamento** que apenas permite a sua **abertura após uma temporização**, para garantir a **descarga completa dos condensadores**, com o objectivo de **garantir a segurança do operador**.

## 10. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A MONTAGEM ELECTROME CÂNICA DAS SUBESTAÇÕES

Para a realização da **montagem electromecânica** das *SE* é necessário a existência de um **PE suficientemente detalhado**, para que os trabalhos possam ser **correctamente executados** e para que os *trabalhadores que realizam as diversas tarefas não tenham dúvidas* quanto ao **tipo de trabalho a executar** e aos **procedimentos a adoptar**.

O referido *PE* deve estar **actualizado**, ter *aposto o carimbo* “**BOM PARA EXECUÇÃO**” e tem que, **obrigatoriamente**, estar *arquivado no estaleiro*<sup>7</sup>.

É igualmente **indispensável** que no *estaleiro* existam as **instruções de montagem e de operação dos equipamentos**, fornecidas pelos *fabricantes*.

A obra deve ser chefiada por um **Engenheiro Electrotécnico inscrito na Ordem dos Engenheiros ou na Ordem dos Engenheiros Técnicos e na DGEG, com experiência**, que é designado como **Director de Obra**.

A *montagem electromecânica* deve ser, *preferencialmente*, **organizada por frentes de trabalho** (*estruturas metálicas; barramentos; equipamentos; cabos; etc.*).

Os **trabalhadores**, quer os *montadores* quer o *THS*, devem ser **treinados e credenciados**<sup>8</sup>.

Todas as **ferramentas e meios de montagem** utilizados devem estar em **boas condições de funcionamento** e **só devem ser utilizados** para o *fim para que foram concebidos e de acordo com as instruções do fabricante*. Os **meios de elevação de cargas não devem ultrapassar a carga especificada**.

Na Figura 10.1. apresenta-se o **organigrama** habitual da *equipa de montagem da Empreiteiro* necessária para a realização da montagem electromecânica da *SE*.

<sup>7</sup> Ver Capítulo 11.1.

<sup>8</sup> Sobre os *THS* ver Parte VI – Capítulo 40.

## 12. MEIOS DE MONTAGEM – FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

Para a realização das tarefas de *montagem electromecânica e manutenção das SE* o *Empreiteiro* deve dispor de um conjunto de **equipamentos e ferramentas**, dos quais se referem:

- Grua telescópica, de preferência “todo o terreno”



Figura 12.1. – Grua telescópica “todo o terreno”

- Viatura pesada (camião) com grua, para movimentação de cargas
- Plataforma elevatória com barquinha



Figura 12.2. – Plataforma elevatória com barquinha

## 15. ESTUTURAS METÁLICAS

As **estruturas metálicas** das *SE* do tipo *AIS* são principalmente utilizadas nos **pórticos de amarração de linha** e nos *suportes dos equipamentos* de **MAT e AT**. São normalmente **treliçadas e galvanizadas** por *imersão a quente após fabrico*, tendo em atenção a **corrosão** provocada pelas *condições ambientais* (principalmente **humidade e poluição salina**) do local onde as estruturas serão montadas.

Nalguns países, inclusive *Portugal*, nas *SE* da *EDP*, os **pés de apoio** das *estruturas de suporte dos equipamentos* são normalmente **tubulares**, onde é instalado o *cabo de ligação à terra*<sup>11</sup> da estrutura e do equipamento, a fim de **evitar o roubo do cobre**.

A Figura 15.1. ilustra as estruturas metálicas das *SE*.

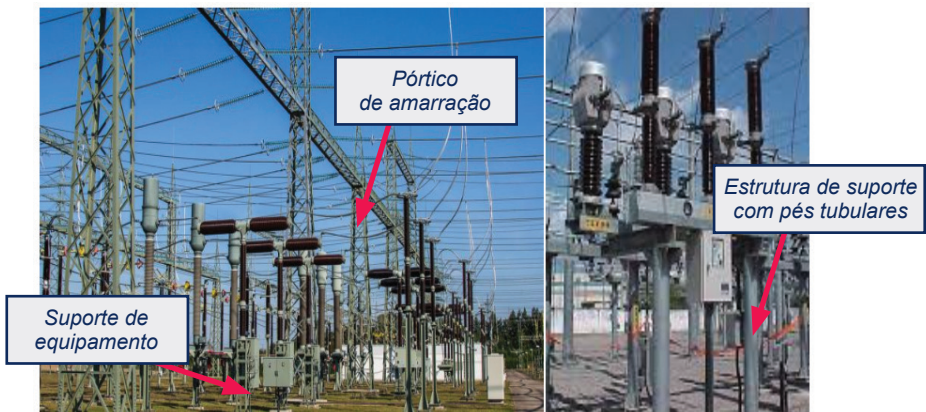


Figura 15.1. – Estruturas metálicas

Antes de ser iniciada a montagem das *estruturas metálicas* deve ser assegurada a **correcta implantação** dos *maciços e chumbadores*.

Os procedimentos gerais de montagem a observar são os seguintes:

- Levantamento das estruturas metálicas, com meios auxiliares.
- Fixação das estruturas aos chumbadores e aperto de parafusos e porcas.
- Assemblagem das várias partes que constituem a estrutura (caso dos pórticos de amarração) e aperto de parafusos e porcas.

<sup>11</sup> Ver Capítulo 17.

## 16. BARRAMENTOS, ISOLADORES E LIGADORES

### 16.1. BARRAMENTOS E ISOLADORES

Nas *SE* os **barramentos** e a **ligação entre equipamentos** podem ser realizados por:

- *Tubo de liga de alumínio*<sup>13</sup> (**ligações rígidas**).
- *Cabo nu em liga de alumínio* (**ligações flexíveis**).

As ligações em cabo entre os *barramentos* e os *equipamentos MAT e AT* são habitualmente designadas por *ligações tendidas*.

Os *tubos* são instalados apoiados em **colunas de isoladores**. *As colunas de isoladores são montadas em disposição vertical e apoiados em estruturas metálicas de suporte* e são habitualmente constituídas por **isoladores cerâmicos, em vidro ou em resina epoxy**.

Já os cabos são fixados aos pórticos de amarração através de cadeias de amarração com isoladores **cerâmicos, em vidro ou em resina epoxy**, fazendo-se a derivação por meio de **pinças de amarração**.

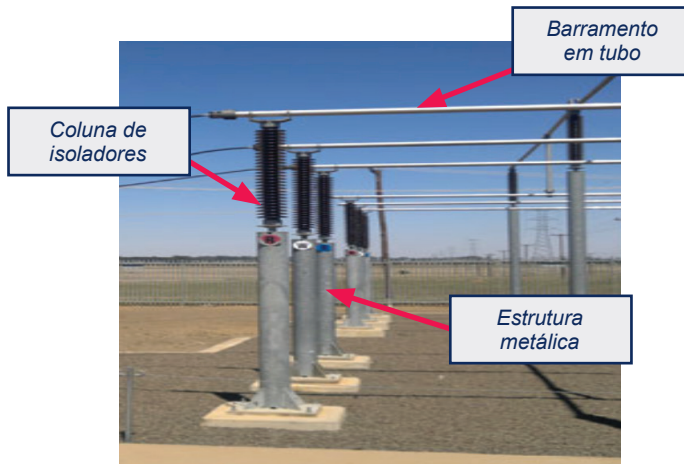


Figura 16.1. – Barramento em tubo e coluna de isoladores

<sup>13</sup> Actualmente, e por questões económicas, utilizam-se preferencialmente tubos e cabos nus em liga de alumínio. Esta solução apresenta ainda a vantagem, relativamente ao cobre, de o alumínio não ser susceptível de ser roubado.

## 17. REDE DE TERRAS

O **cabo de cobre** é instalado enterrado, habitualmente a uma profundidade de **0,6-0,8 m** da cota **0,00** da SE (ver Figura 17.3.).

As **ligações e derivações** entre os condutores da *rede de terras* podem ser executadas das seguintes formas:

- *Soldadura aluminotérmica*, utilizando um *kit*<sup>14</sup> apropriado.



Figura 17.1. – Exemplos de soldadura aluminotérmica (esquerda e centro) e preparação da soldadura (direita)

Nos casos em que sejam utilizado o método de *soldadura aluminotérmica*, o **número de ligações executado por cada molde não pode ultrapassar o indicado pelo fabricante**.

- *Ligadores em “C”*, com recurso a *prensa de cravar hidráulica calibrada e matrizes* com as **dimensões adequadas às dimensões dos ligadores**.

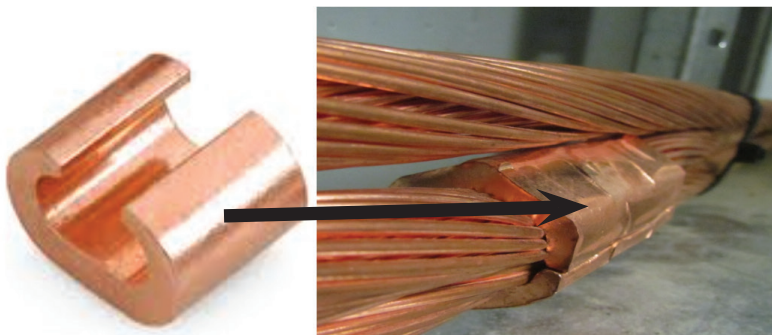


Figura 17.2. – Ligador em “C” e respectiva cravação

14 Ver Parte II – Capítulo 12.

As ligações dos cabos às estruturas metálicas do parque exterior da SE fazem-se acima do solo, sem descontinuidade da malha, por fixação de dois cabos sobre a estrutura utilizando ligadores apropriados.

A partir deste ligador será derivada uma ligação em antena, constituída por barra ou cabo de cobre nu, fixado sobre a estrutura metálica, que permite a ligação entre a malha de terra e a aparelhagem suportada. No caso de os pés da estrutura serem tubulares, a ligação à aparelhagem será realizada através de cabo de cobre nu, instalado no interior da estrutura.

Na Figura 17.3. exemplifica-se o que foi anteriormente exposto.

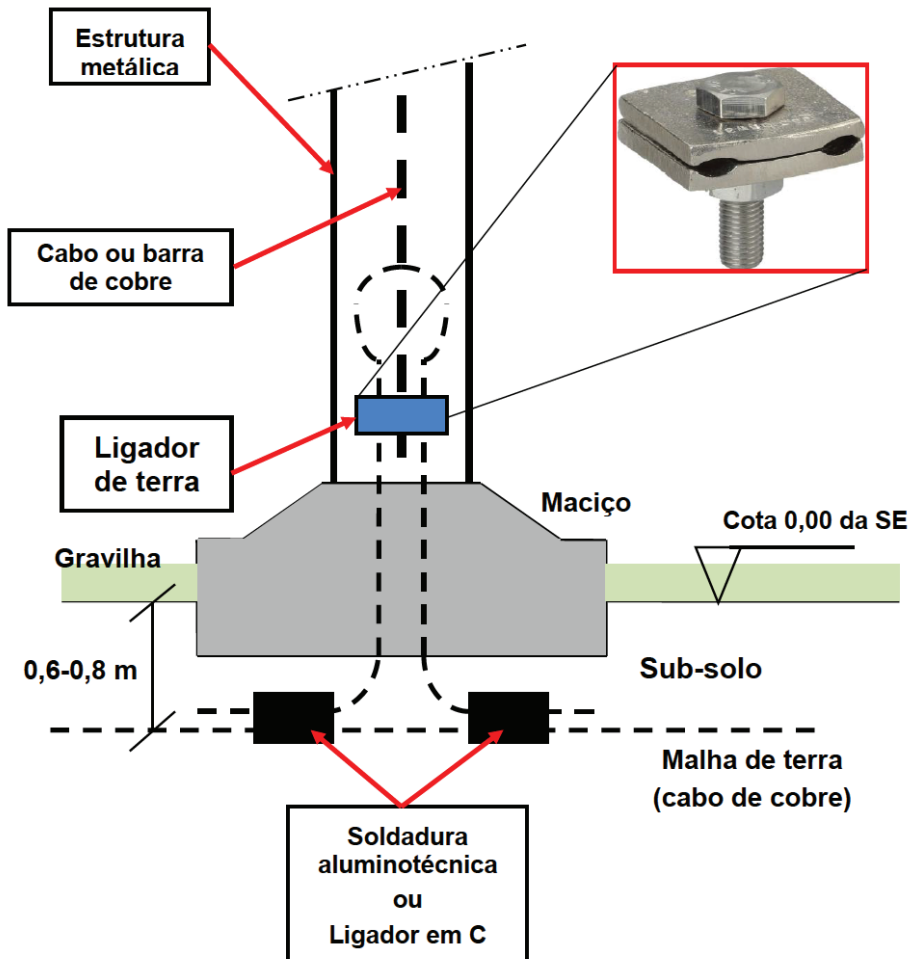


Figura 17.3. – Ligador de aterramento

## 19. TRANSFORMADORES E AUTOTRANSFORMADORES

Por questões de **peso e manuseamento**, os *transformadores e autotransformadores*, para tensões a partir de **123 kV** e para **potências elevadas**, são normalmente transportados **sem óleo** (habitualmente são cheios com **azoto**), eventualmente **sem o conservador e sem as travessias**.

Por esse motivo, em obra é necessário proceder à **assemblagem** dos transformadores e autotransformadores e **enchê-los com o óleo**. É **recomendável** que aquela *assemblagem* seja realizada por **pessoal do fabricante**, que está suficientemente **treinado e credenciado** para executar a tarefa.

Os **transformadores e autotransformadores** são instalados sobre **vigas de betão**, construídas sobre a fossa de óleo, através de **sapatas** fixadas nas *vigas* (Figura 19.1.), normalmente por meio de **buchas químicas**, **não sendo actualmente prática comum** utilizar *caminhos de rolamento e os rodados* dos transformadores.



Figura 19.1. – Montagem de um transformador

Cada *transformador, ou autotransformador*, deverá ser separado dos restantes por **paredes corta-fogo**, como se representa na Figura 19.2.



## 21. EQUIPAMENTOS MAT E AT

Os equipamentos MAT e AT devem ser montados de acordo com os **desenhos de disposição do equipamento** e com as **instruções de montagem do fabricante**.

Antes da *montagem dos equipamentos*, que devem ser colocados sobre as *estruturas de apoio* com o auxílio de uma **grua e/ou meios de elevação de carga** e deve ser verificado se as **furações das estruturas estão de acordo** com as **furações das bases dos equipamentos**. Caso tal não aconteça é necessário, *em obra*, **corrigir as furações da estrutura**, não esquentando o **restauro da galvanização** (ver Capítulo 15).

Para os **disjuntores de corte em SF6** deve ser verificada a **pressão do gás**.

Quando os seccionadores são **manobrados pela primeira vez ou após intervenção de manutenção**, devem ser colocados *manualmente* entre a **posição de fechado e totalmente aberto** (posição coloquialmente conhecida como “**meio pau**”), para que, em caso de **ligação incorrecta do motor de manobra (troca do sentido de rotação)**, o equipamento *não corra o risco* de ser **destruído**.

Para cada conjunto de *três transformadores de medida (TI e TT)* deve existir uma **caixa de reagrupamento dos cabos de ligação dos enrolamentos secundários**, como se representa na Figura 21.1. (para TI).



Figura 21.1. – Caixa de reagrupamento de TI

## 23. GRUPO DE EMERGÊNCIA

Os *principais constituintes* de um **grupo gerador de emergência** são:

- Motor.
- Alternador.
- Base comum.
- Bateria de arranque.
- Sistema de abastecimento de combustível.
- Tubagem de escape.
- Quadro eléctrico de comando, controlo e protecção.

É **recomendável** que a *montagem do grupo* seja feita por **pessoal do fabricante ou do fornecedor**.

Os *grupos geradores de emergência* são habitualmente instalados no **interior**, numa **sala específica para esse fim**. A sala deverá dispor de **grelhas de entrada e saída de ar**, devidamente *dimensionadas* para garantir o **caudal de ar necessário à refrigeração do grupo**.

As principais tarefas a executar são:

- Montagem da base do grupo na laje do local de implantação, sobre **apoios anti-vibratórios**.
- Montagem do sistema de **evacuação de gases** (*tubagem de escape*) – Figura 23.1.

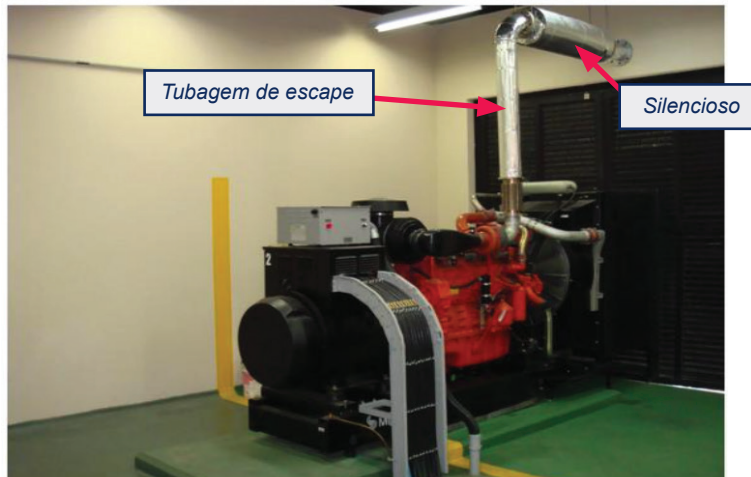


Figura 23.1. – Tubagem de escape de um grupo gerador de emergência



Figura 26.10. – Tritubo

O **desenrolamento dos cabos**, se não for feito com os **devidos cuidados**, pode provocar **danos irreparáveis** na *bainha exterior* e também no *isolamento* e na *alma condutora*.

Os **equipamentos de tracção** dos *cabos* devem estar *dotados de meios* que permitam **controlar a tensão mecânica aplicada** de modo a **não ser ultrapassado o valor máximo estabelecido pelo fabricante**, para cada tipo de cabo e consoante o método de instalação.

Se durante a instalação for necessário *cortar o cabo*, as pontas **devem voltar a ser seladas** antes de se prosseguir com a instalação, como se representa na Figura 26.11.



Figura 26.11. – Selagem das pontas de cabo para posterior utilização

## 28. ENSAIOS EM OBRA E DE FUNCIONAMENTO DA INSTALAÇÃO

Os SAT e os ensaios de funcionamento destinam-se a **verificar** se a *montagem dos equipamentos* não provocou nestes quaisquer **danos**, se a sua montagem foi **correcta** e se o *funcionamento da instalação* **obedece** ao descrito nas *ET do PE* e aos **requisitos** do *D.O.*

Os SAT devem ser realizados de acordo com os *PIE*, propostos pela *Empreiteiro* e aprovados pelo *D.O.* No Anexo 3 apresenta-se um modelo de um *PIE* (disjuntores AT).

Na Tabela 28.1. apresentam-se os SAT mais habituais nas *SE*, baseados na *Norma ANSI/NETA ATS-2009*, e as inspecções a realizar.

Tabela 28.1. – SAT e inspecções

Equipamentos e sistemas	Ensaio e verificações
Estruturas metálicas	Inspeção visual
	Medida da espessura da galvanização
	Verificação de soldaduras, usando um dos seguintes processos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método dos líquidos penetrantes.</li> <li>• Radiografia.</li> <li>• Ultrassons</li> </ul>
Disjuntores MAT, AT e MT	Inspeção visual, incluindo chapa de características.
	Verificação dos encravamentos mecânicos, caso existam.
	Verificação do funcionamento do comando local.
	Verificação do funcionamento do motor de carregamento das molas.
	Verificação da pressão de <i>SF6</i> , incluindo os valores de alarme e disparo de pressão baixa de <i>SF6</i> .
Seccionadores MAT, AT e MT	Inspeção visual, incluindo chapa de características.
	Verificação dos encravamentos mecânicos, caso existam.
	Verificação do funcionamento do comando local, incluindo os encravamentos eléctricos.
	Verificação do sentido de rotação do motor (só <i>MAT</i> e <i>AT</i> ).
Transformadores de medida	Inspeção visual, incluindo chapa de características.
	Verificação da relação de transformação, polaridade, curva de magnetização e classe e erro de medida, por injeção de corrente ( <i>TI</i> ) ou tensão ( <i>TT</i> ) primária.

## 30. APARELHOS DE MEDIDA E OUTROS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS

Todos os aparelhos de medição utilizados nos SAT devem estar **calibrados**, por **entidade independente e reconhecida**.

O **certificado de calibração** deve estar **válido** e *deve acompanhar sempre o aparelho*.

Alguns dos mais habituais equipamentos de teste são:

- Amperímetros, voltímetros, ohmímetros, multímetros e pinças amperimétricas.
- Comparadores de fase – permitem determinar a sequência de fases das instalações e também detectar a presença de tensão. São normalmente usados quando se pretende interligar dois sistemas diferentes.



Figura 30.1. – Comparador de fases

- Medidores de isolamento (*MEGGER*)
- Equipamento de teste multi-funções – este equipamento permite ensaiar transformadores de potência e de medida, cabos, disjuntores e também medições da **tg δ**.
  - Transformadores de medida
    - Relação de transformação, potência de precisão e polaridade
    - Fase e amplitude do erro
    - Curva de magnetização
    - Resistência dos enrolamentos
    - Resistência de isolamento

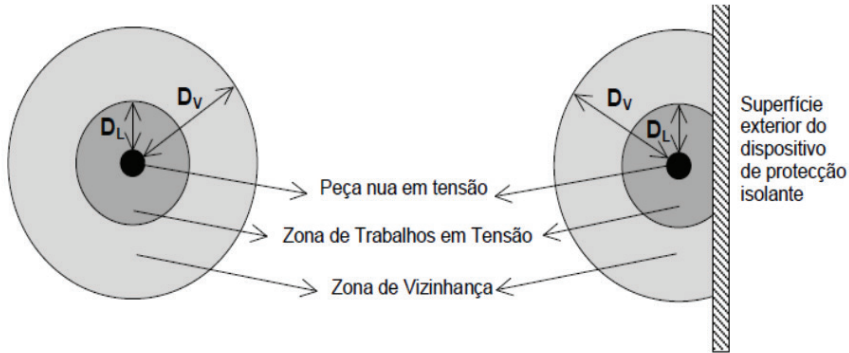


Figura 32.1. – Identificação das distâncias definidas pela EDP

As distâncias de vizinhança prescritas pela EDP são:

- **BT: 0,30 m**  
**MT e AT (60 kV):  $1000 \text{ V} < \text{Un}^{22} < 20 \text{ kV} - 1,5 \text{ m}$ ;  $20 \text{ kV} < \text{Un} < 60 \text{ kV} - 2 \text{ m}$**
- **MAT:  $60 \text{ kV} < \text{Un} < 220 \text{ kV} - 3 \text{ m}$ ;  $\text{Un} > 220 \text{ kV} - 4 \text{ m}$**

Para a realização dos *TFT* e *TVT*, após a identificação clara das instalações eléctricas afectadas pelo trabalho, devem ser cumpridas de **forma absolutamente obrigatória e inequívoca**, as seguintes regras essenciais, em **duas etapas**:

- Etapa 1 – criação da zona protegida
  - Separar completamente (isolar a instalação de todas as possíveis fontes de tensão) – ver Parte VI – Capítulo 42.
  - Proteger contra a reposição acidental (bloquear na posição de abertura todos os órgãos de isolamento, ou adoptar medidas preventivas quando tal não seja exequível, por exemplo, reforçando a sinalização) – ver Parte VI – Capítulo 42.
- Etapa 2 – protecção da zona de trabalhos
- Regras a cumprir pelo Responsável de Trabalhos, na zona de trabalhos e antes de iniciar os trabalhos:
  - Verificar a ausência de tensão, depois de previamente identificada a instalação colocada fora de tensão e após recepção da mesma.
  - Ligar à terra e em curto-circuito (ver Parte VI – Capítulo 44.1).
  - Proteger contra as peças em tensão que estejam na zona de trabalhos ou na sua proximidade e delimitar a zona de trabalho.

<sup>22</sup> **Un**: Tensão nominal da rede.

## 34. GENERALIDADES SOBRE AS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

### 34.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As empresas concessionárias de transporte e distribuição de energia e as grandes unidades industriais têm, habitualmente, um **Plano de Manutenção Preventiva (PMP)** para as suas SE, onde é definida a **periodicidade das intervenções** e o **tipo de acções a desenvolver**, que podem não coincidir com o exposto no Capítulo 33 e ser *mais ou menos rigorosas*.

As *acções de manutenção*, bem como a *periodicidade*, dos diversos equipamentos e sistemas de uma SE, como já referido no Capítulo 33, são normalmente estabelecidas de acordo com a **criticidade e fiabilidade requerida à SE, experiência de exploração e condução das SE, do histórico de avarias dos equipamentos**<sup>26</sup> e das recomendações dos fabricantes.

A **optimização da periodicidade da manutenção preventiva** permite **aumentar a fiabilidade da SE** e **diminuir os custos com a manutenção correctiva**, como se representa na Figura 34.1.

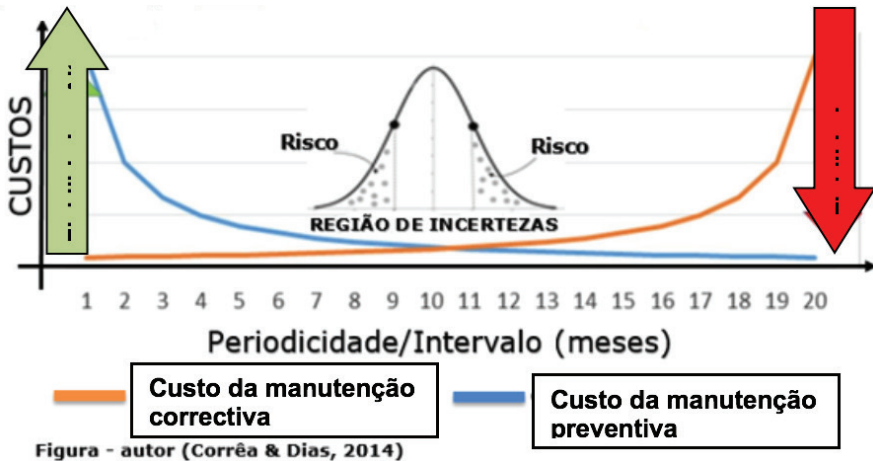


Figura 34.1. – Optimização da periodicidade da manutenção preventiva

A **manutenção preventiva** inclui, normalmente, as *operações* atrás referidas e que serão explicitadas nos capítulos subsequentes, e ainda a **reparação de pequenos defeitos detectados pela inspecção visual e termográfica**, que não ponham em *risco* o *funcionamento da instalação* e dos equipamentos *nem a sua eventual destruição a curto prazo*, e a **reparação de pequenos e/ou grandes defeitos** detectados durante as *operações* constantes do PMP.

<sup>26</sup> As *avarias* nos equipamentos e sistemas da SE devem ser **registadas**, indicando a data, o tipo de avaria, as respectivas causas, os trabalhos executados para a sua reparação, as peças substituídas as ferramentas utilizadas e o tempo de reparação.

- Em todas as salas de quadros eléctricos, de baterias, redes metálicas de vedação de equipamentos em tensão e estruturas metálicas onde se encontrem equipamentos e condutores em tensão devem ser colocados sinais que evidenciem a presença de equipamentos em tensão e o risco de electrocussão, como se representa na Figura 40.3. **Estes sinais devem estar escritos na língua do país onde se encontra a instalação eléctrica e obedecer às normas aplicáveis.**



Figura 40.3. – Sinais de perigo de electrocussão

- Todos os equipamentos que tenham **partes acessíveis normalmente em tensão** devem ser *protegidos por uma vedação em rede metálica (ligada à terra), com acesso limitado a pessoal credenciado*, como representado na Figura 40.4. *(no caso de baterias de condensadores a abertura da porta deve ser temporizada, para garantir a descarga total dos condensadores).*



Figura 40.4 – Vedação em rede metálica para equipamentos com partes acessíveis normalmente em tensão





Figura 42.1. – Exemplos de aplicações de LOTO

Só pessoas qualificadas e devidamente formadas podem ser **envolvidas nas tarefas** que envolvam estes procedimentos, constituindo **obrigação** do empregador a **formação do seu pessoal** para os poder realizar.

O empregador deve ainda **assegurar** que cada *trabalhador envolvido* **conhece, percebe e é capaz de aplicar** os procedimentos LOTO para controlo das fontes de energia, bem como ser **capaz de reconhecer** aquelas fontes e **saber** como as controlar e isolar.

Considera-se fundamental que existam *procedimentos escritos*, em forma de *check-list*, descrevendo a *sequência de acesso aos locais de trabalho, desenergização e lockout*.

Os equipamentos habitualmente utilizados para *procedimentos LOTO* são **chaves e cadeados**, **ferrolhos** (que se destinam a juntar mecanicamente diversos cadeados) e **etiquetas de sinalização e identificação**, destinadas a um único trabalhador. Estes equipamentos encontram-se representados na Figura 42.2.



Figura 42.2. – Equipamentos LOTO

## 45. EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO

A quando da sua entrada em obra, os trabalhadores, seja qual for a função e atividade, deverão **receber formação em segurança** e a respectiva entidade patronal deverá fornecer-lhes os seguintes **EPI**, que se encontram representados na Figura 45.1.

- Fato de trabalho em algodão, ou material com características semelhantes, com **mangas compridas**.
- Capacete.
- Calçado de protecção.
- Luvas de protecção.
- Óculos de protecção.
- Protectores auriculares.
- Colete reflector.



Figura 45.1. – EPI

No estaleiro e nos locais de trabalho devem ser afixados **painéis de sinalização**, indicando os EPI **obrigatórios**, como se exemplifica na Figura 45.2.

## ANEXO 5 – LISTA DE VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE DE SEGURANÇA (EXEMPLO)

TRABALHOS GERAIS		LISTA VERIF. N.º	
Dono de Obra:			
Obra:		Obra n.º	
Local de Inspeção:		Data:	
Empresa Inspeccionada:		Empresas no local (incluindo subempreiteiros):	
Fiscalização:		Entidade Executante:	

VERIFICAÇÕES DE CONFORMIDADE		Conf. <sup>1</sup> C/ NC / NA	FICHA OCORRÊNCIA <sup>2</sup>	VERIFICAÇÕES DE CONFORMIDADE		Conf. <sup>1</sup> C/ NC / NA	FICHA OCORRÊNCIA <sup>2</sup>
ORGANIZAÇÃO DA FRENTE DE TRABALHO				ORGANIZAÇÃO DA FRENTE DE TRABALHO			
1	Sinalização e identificação da Obra, nomeadamente:			5	Preparação e acondicionamento de ferramentas e acessórios	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.1	Painel identificativo da obra	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		6	Existência de caixa de primeiros socorros	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.2	Sinalização do uso obrigatório de EPI	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		7	Existência de socorrista na frente de obra	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
1.3	Outra sinalização Indicar:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		8	Lista de telefones de emergência	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
2	Delimitação da área de trabalho	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		9	Assegurada distância de segurança entre trabalhadores e instalações em tensão	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
3	Arrumação de materiais, máquinas e equipamentos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		10	Outros indicar:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
4	Frente de obra limpa de resíduos produzidos pelos trabalhos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

<sup>1</sup> C – Conforme, NC – Não conforme, NA – Não aplicável.

<sup>2</sup> Sempre que exista uma não conformidade deverá ser indicado o número da respetiva Ficha de Registo de Ocorrência.

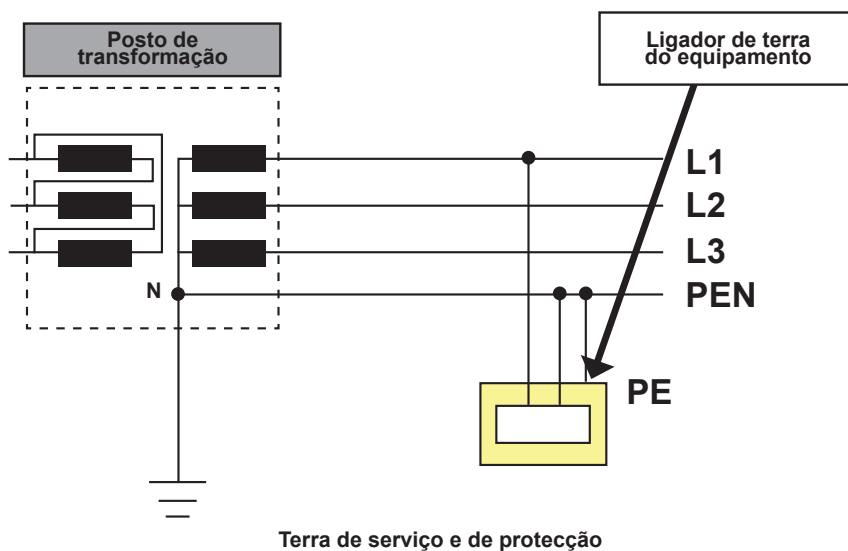


Figura A7.2 – Sistema TN

O regime TN divide-se em dois esquemas – **Esquema TN-C**, **Esquema TN-S** e **Esquema TN-C-S**.

i) Esquema TN-C

Neste esquema o **condutor de neutro** é também utilizado como **condutor de proteção (PEN)**, como se representa na Figura A7.3 apenas podendo ser utilizado quando a secção do condutor de neutro é  $\geq 10 \text{ mm}^2$ .

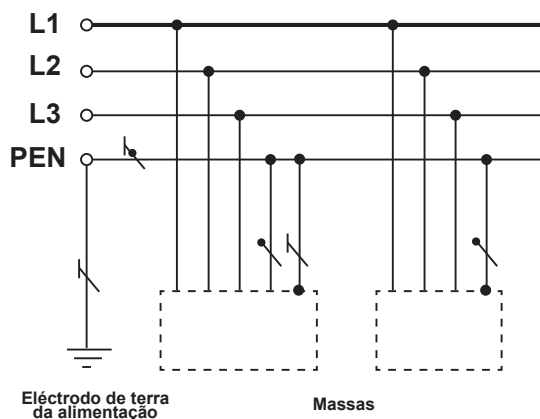


Figura A7.3 – Esquema TN-C. Fonte: RTIEBT.

Tabela A7.1 – Critérios base de aplicação dos regimes de neutro BT de acordo com vários parâmetros. Fonte: Guide de l'installation électrique – Merlin Gerin – edição de Janeiro de 1982

Características		Aconselhável	Possível	Desaconselhável
Natureza da rede	Rede muito comprida com boas tomadas de terra de utilização ( $\leq 10 \Omega$ )	TT	TN	IT
	Idem, mas com más tomadas de terra de utilização ( $> 30 \Omega$ )	TT		IT TN
	Rede perturbada ( <b>zona de trovoadas</b> )	TN	TT	IT
	Rede com correntes de fuga importantes ( $> 500 \text{ mA}$ )	TN	TT	IT
	Rede com linha aéreas exteriores	TT	TN	IT
	Grupo electrogéneo de socorro	IT	TT	TN
Natureza dos receptores	Receptores sensíveis a grandes correntes de defeito, como por exemplo motores	IT	TT	TN
	Receptores de fraco isolamento (fornos eléctricos, máquinas de soldar, equipamento de cozinha industriais, etc.)	TN	TT IT	
	Vários receptores monofásicos móveis, semi-fixos e portáteis (berbequins, por exemplo)	TT		IT TN
	Receptores com movimento contínuo (telas transportadoras, por exemplo)	TN	IT	TT
Diversos	Alimentação por transformador com ligação <b>Yy</b> (estrela-estrela)	IT	TT	TN
	Locais com risco de incêndio	TT IT		TN
	Instalação com modificações permanentes (instalações de estaleiro, por exemplo)	TT	IT	TN
	Aumento de potência de conshumidores alimentados em BT e que passa a ser alimentado em MT com um PT privativo	TT		TN IT
	Instalações onde não é possível assegurar a continuidade dos circuitos de terra (instalações de estaleiro, por exemplo)	TT		TN IT

# Subestações

## Montagem Electromecânica, Ensaios e Manutenção

MANUEL BOLOTINHA

### Sobre a obra

Dando continuidade à obra *Subestações: Projecto, Construção, Fiscalização*, o autor aborda agora nesta obra os aspectos mais relevantes da montagem electromecânica das subestações, designadamente os princípios de organização da obra e do estaleiro, os procedimentos de montagem dos equipamentos e sistemas, os ensaios e comissionamento com vista à recepção provisória e entrada em serviço da instalação, e também as operações de manutenção daquelas instalações, os princípios de segurança que devem ser observados para a realização dos trabalhos, bem como as normas e regulamentos aplicáveis.

### Sobre o autor

**Manuel Bolotinha**, MSc, licenciou-se em 1974 em Engenharia Electrotécnica (Ramo de Energia e Sistemas de Potência) no Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa (IST/UL), onde foi Professor Assistente, e obteve o grau de Mestre em Abril de 2017 em Engenharia Electrotécnica e de Computadores na Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL).

Tem desenvolvido a sua actividade profissional nas áreas do projecto, fiscalização de obras e gestão de contratos de empreitadas designadamente de projectos de geração e transporte de energia, instalações industriais e infra-estruturas de distribuição de energia, aero-portuárias e ferroviárias, não só em Portugal, mas também em África, na Ásia e na América do Sul.

Membro Sénior da Ordem dos Engenheiros, é também Formador Profissional, credenciado pelo IEFP, tendo conduzindo cursos de formação, de cujos manuais é autor, em Portugal, África e Médio Oriente.

É também autor de diversos artigos técnicos publicados em Portugal e no Brasil e de livros técnicos, em português e inglês, e tem proferido palestras na OE, ANEP, FCT-UNL, IST e ISEP.

Parceiro de Comunicação

o electricista 

Também disponível em formato e-book



ISBN: 978-989-892-760-6



[www.engebook.pt](http://www.engebook.pt)

engebook